

Grant Riset Sawit 2024

Ringkasan Penelitian

BADAN PENGELOLA DANA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Graha Mandiri Lantai 5, Jl. Imam Bonjol No. 61, Jakarta 10310, Indonesia
Telp. +62-21-39832091-94 | Fax. +62-21-39832095

bpbd.or.id | @bpbdkelapasawit

**SAWIT
BAIK**



**Eddy
Abdurrachman**

Direktur Utama
Badan Pengelola Dana
Perkebunan Kelapa Sawit

Kata Pengantar

Program penelitian dan pengembangan perkebunan kelapa sawit dari aspek hulu hingga hilir yang dikembangkan Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) merupakan salah satu diantara upaya BPDPKS untuk melakukan penguatan, pengembangan dan peningkatan pemberdayaan perkebunan dan industri kelapa sawit nasional yang saling bersinergi di sektor hulu dan hilir agar terwujud perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan. Intensifikasi kegiatan riset di bidang kelapa sawit dilakukan secara komprehensif dan hasil risetnya dipublikasikan secara masif baik kegiatan di tingkat nasional maupun internasional. Dalam melaksanakan pengembangan dan penelitian sawit, diperlukan dukungan riset yang kuat dan terarah dengan baik serta dengan pendanaan cukup.

Program Grant Riset Sawit adalah program dalam rangka peningkatan penelitian dan pengembangan kelapa sawit yang berkelanjutan dan ramah lingkungan yang dilaksanakan dengan memperhatikan aspek-aspek: peningkatan produktivitas/efisiensi, peningkatan aspek sustainability, mendorong penciptaan produk/pasar baru, dan peningkatan kesejahteraan petani.

Buku Ringkasan Riset 2024 ini merupakan media untuk diseminasi hasil penelitian yang telah dilakukan mulai tahun 2021, 2022 dan 2023. Sebelumnya telah ada juga Buku Ringkasan Penelitian tahun 2015, tahun 2016, tahun 2018, tahun 2019, tahun 2020, tahun 2021, tahun 2022 dan tahun 2023. Buku ini berisikan ringkasan hasil / output / kemajuan / produk penelitian yang telah dicapai manfaat penelitian, dan publikasi dengan harapan akan menjadi jembatan informasi bagi para stakeholder sawit (industri, pemerintah, petani, dan masyarakat) untuk dapat bekerja sama dengan peneliti dalam komersialisasi hasil riset untuk mencapai target hilirisasi sawit nasional maupun menjadi rekomendasi kebijakan strategis.

Ucapan terima kasih kami kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini, khususnya kepada Komite Pengarah dan tim sekretariatnya, Dewan Pengawas BPDPKS, Komite Penelitian dan Pengembangan dan Narasumber, seluruh peneliti Grant Riset Sawit, serta seluruh pihak lainnya yang turut memperkaya isi buku ini. Tentu saja apa yang telah kita lakukan sampai hari ini, masih jauh dari kata cukup untuk sektor sawit yang sangat besar dan strategis. Berbagai upaya harus terus dilakukan oleh semua pihak yang terkait dalam mendukung penelitian dan pengembangan guna mewujudkan industri kelapa sawit yang berkelanjutan.

Jakarta, Oktober 2024



Tentang

Pengarah :

Eddy Abdurrachman (Direktur Utama)

Penanggung jawab :

Mohammad Alfansyah
(Direktur Penyaluran Dana)

Koordinator :

Arfie Thahar
(Kepala Divisi Program Pelayanan)

Sekretariat :

Sulthan M. Yusa, Fitriyah, Neila Amelia, Safira Ayu Bestari,
Lucki Bagus, Rangga Rahmananda, Josef Tri Suryana.

Alamat Redaksi :

Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit
Gedung Graha Mandiri lantai 5
Jl. Imam Bonjol Nomor 61 Jakarta Pusat
Telp. 021-39832091-94; Fax 021-39832095
email: dit4bpdpsawit@bpdp.or.id
web: bpdp.or.id

Komite Litbang :

Prof (Ris) Dr. Didiek Hadjar Goenadi, Dr. Arief RM Akbar,
Dr. Tony Liwang, Dr. Tatang Hernas Soerawidjaja,
Prof. Udin Hasanudin, Prof. Bustanul Arifin, Dr. Jenny Elisabeth,
Dr. Aiyen Tjoa, Prof. Dr. Eng. Agus Haryono, Ir. Edi Wibowo, M.T.,
Irman Adi Purwanto Moefthi, M.Sc, Dr. Setia Diarta, M.T.

Narasumber :

Dr. Witjaksana Darmosarkoro (R&D Industri Sawit),
Dr. Dadan Kusdiana (Sekjen ESDM),
Prof. Dr. Purwiyatno (Akademisi),
Sahat Sinaga (GIMNI)

Kontributor :

Peneliti Grant Riset Sawit K21, K22 dan K23

Artistik/Design :

(Diisi oleh Tim EO)

Bioenergi

INOVASI LANJUT KATALIS & TEKNOLOGI BENSIN SAWIT DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI PERCONTOHAN MIXED INDUSTRIAL VEGETABLE OIL (MIVO) DAN MINYAK MAKAN SEHAT DARI KELAPA SAWIT	01	PENINGKATAN NILAI TAMBAH GLISEROL MELALUI REAKSI DEHIDRASI-OKSIDASI MENJADI ASAM AKRILAT	11
BIOAVTUR DARI CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN TEKNIK ONE-POT ATMOSFERIK MENGGUNAKAN KATALIS BIMETAL BERMATRIKS KARBON DAN ZEOLIT	03	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI REAKTOR DAN KAJIAN TEKNOEKONOMI DALAM HIDROLISIS MINYAK SAWIT MENJADI ASAM LEMAK DAN GLISEROL MENGGUNAKAN ENZIM AMOBIL PADA TEMPERATUR DAN TEKANAN RENDAH	13
DELIGNIFIKASI DAN PRODUKSI FURFURAL SECARA SIMULTAN PADA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN PELARUT EUTEKTIK DALAM TERNER BARU	05	OPTIMALISASI PENGGUNAAN PALM ACID OIL (PAO) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL UNTUK INDUSTRI SAWIT DI INDONESIA	15
STUDI PENGARUH KATALIS ALUMINA DALAM PROSES CATALYTIC CRACKING PADA CRUDE PALM OIL (CPO) DAN REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM OIL (RBDPO) UNTUK PRODUKSI BAHAN BAKAR BIOGASOLINE	07	PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD DENGAN TEKNOLOGI FINE BUBBLE	17
PEMANFAATAN BIODIESEL KONSENTRASI TINGGI PADA SEKTOR MARITIM	09	STUDI DAN MITIGASI PENGGUNAAN B40 PADA KENDARAAN TEKNOLOGI EURO 4 DI INDONESIA	19
		UJI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR B40 UNTUK MESIN DIESEL PADA SEKTOR NON OTOMOTIF	21

Bio-material/ Oleokimia

OPTIMALISASI TEKNOLOGI FRAKSIONASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SKALA PILOT	24	PENGEMBANGAN KOMPOSIT CAMPURAN (HYBRID) SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DAN GLASS YANG DIPERKUAT POLIESTER UNTUK APLIKASI PLAFON RUMAH	34
PENGEMBANGAN PROSES PRODUKSI OLEOKIMIA SUKROSA ESTER BERBAHAN METIL ESTER SAWIT DAN APLIKASINYA PADA PRODUK PERSONAL CARE, KOSMETIKA DAN CLEANING	26	PRODUKSI HIDROGEL BERBASIS SELULOSA MIKROKRISTALIN DAN KARBOKSILMETIL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) UNTUK APLIKASI BIOWRAPPING DAN ABSORBENT PAD	36
PRODUKSI SKALA PILOT LITHIUM GREASE MULTIFUNGSI BERBAHAN BAKU MINYAK KOTOR (MIKO) / CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MIKROGELOMBANG DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR	28	SINTESIS ALKYD RESIN BERBASIS PALM FATTY ACID DISTILLATE (PFAD) DAN APLIKASINYA SEBAGAI COATING MATERIAL	38
ESTERIFIKASI KATALITIK GLISEROL DAN GONDURUKEM UNTUK PRODUKSI BAHAN CAMPURAN MARKAH JALAN DAN PEREKAT	30	APLIKASI WOOD PLASTIC COMPOSITE (WPC) BERBAHAN TKKS SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PERUMAHAN	40
OPTIMASI KOMPOSISI SUBSTRAT FERMENTASI BERBASIS LIMBAH BIOMASSA TANAMAN KELAPA SAWIT UNTUK MEMPRODUKSI BIOMASSA MISELIUM SEBAGAI PRODUK BIOMATERIAL (CATALYTIC ESTERIFICATION OF GLYCEROL AND GONDURUKEM FOR THE PRODUCTION OF ROAD MARKING AND ADHESIVE MIXTURES)	32	PENGEMBANGAN FORMULASI BIOLUBRICANT BERBASIS SAWIT: OPTIMASI KEY-PROPERTIES UNTUK MEMENUHI SPESIFIKASI PELUMAS MESIN DIESEL MENGGUNAKAN METODE MACHINE LEARNING	42
		PENGEMBANGAN FORMULASI BAHAN COATING GLOSSY BERBASIS TURUNAN MINYAK SAWIT UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING EKSPOR BUAH LOKAL INDONESIA	44

SINTESIS DAN MODIFIKASI KIMIA SENYAWA TURUNAN MINYAK SAWIT SEBAGAI ALTERNATIF SURFAKTAN DAN MINERAL OIL UNTUK APLIKASI VAKSIN UNGGAS	46	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI CARBON BLACK DARI BIOMASSA KELAPA SAWIT	50
APLIKASI BIODEGRADABLE POLIMER SINTETIK PADA PEMBUATAN PAPERBAG DARI PULP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK KEMASAN PEMBIBITAN	48		

Lahan/ Tanah/ Bibit/ Budidaya

PENGEMBANGAN REFERENSI PAN-GENOME DAN PENERAPAN ASSOCIATION STUDIES PADA KELAPA SAWIT (ELAEIS GUINEENSIS JACQ.) SEBAGAI PERCEPATAN RISET BIOTEKNOLOGI DAN PEMULIAAN KELAPA SAWIT DI INDONESIA	53	IFOVIB_G, ROBOT BERBASIS TEKNOLOGI FOTON DAN VIBRASI UNTUK DETEKSI DINI DAN KURATIF SERANGAN GANODERMA BONINENSE PADA KELAPA SAWIT	67
APLIKASI TEKNIK PEMULIAAN MAJU DAN PENGEMBANGAN MEDIUM KULTUR JARINGAN BERBASIS SILIKA (SI) UNTUK PERCEPATAN PEROLEHAN BIBIT KELAPA SAWIT UNGGUL TOLERAN KEKERINGAN	55	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KURATIF BERBASIS NONSELF-DNA GANODERMA (G-FUNG) UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG	69
PRODUKSI FLAVONOID OPLE INHIBITOR CYP51 HASIL PENAPISAN FITOKIMIA DENGAN MOLECULAR DOCKING DAN UJI EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA SP BONINENSE	57	PEMANFAATAN TETRAGONULA LAEVICEPS SEBAGAI KOMPLEMEN PENYERBUK KELAPA SAWIT DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN INTEGRASINYA UNTUK MENAMBAH PENDAPATAN PETANI SAWIT RAKYAT	71
PENGAYAAN BAHAN AKTIF FUNGISIDA ORGANIK GANOR UNTUK MENINGKATKAN EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA	59	SISTEM DETEKSI DINI JAMUR GANODERMA BONINENSE PADA KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN SISTEM RADAR SIL (SELF-INJECTION-LOCKED) PORTABLE	73
SAFIRA: SAWIT EFISIEN HARA	61	PROGRAM PENGAYAAN SUMBER DAYA GENETIK KELAPA SAWIT INDONESIA MELALUI KEGIATAN EKSPLORASI KE TANZANIA DALAM UPAYA MENINGKATKAN KEANEKARAGAMAN MATERIAL GENETIK	75
PENGEMBANGAN MARKA MOLEKULER UNTUK KELAPA SAWIT EFISIEN PENYERAPAN NUTRISI FOSFAT	63		
STRATEGI PENGEMBANGAN OBAT ANTI FUNGI SELEKTIF DAN KUAT UNTUK PENGENDALIAN KURATIF SERANGAN GANODERMA BONINENSE RESISTEN FUNGISIDA HEKSAKONAZOLE BERBASIS LIPOPEPTIDA NOVEL TAHAN PANAS DAN UV DARI STREPTOMYCES GBSR1	65		

Pangan/ Pakan/ Kesehatan

PENINGKATAN TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT) PRODUKSI GARAM MAGNESIUM ASAM LEMAK DAN VITAMIN E DARI PFAD UNTUK EKSIPIEN PANGAN DAN KOSMETIKA	78	KAJIAN POTENSI MNYAK INTI SAWIT MERAH SEBAGAI SUPLEMEN MAKANAN	80
---	----	--	----

Daftar Isi

PRODUKSI TELUR AYAM RAS FUNGSIONAL TINGGI ANTIOKSIDAN DAN RENDAH KOLESTEROL MELALUI PEMBERIAN TEPUNG LUMPUR SAWIT HASIL BIOKONVERSI KAPANG NEUROSPORA SP	82	PENGEMBANGAN NANOPARTIKEL KARBON DARI LIMBAH KELAPA SAWIT (ELAEIS GUNEENSIS) SEBAGAI BAHAN AEROSOL BERTANDA TECHNETIUM-99M (99MTC) DALAM PENCITRAAN VENTILASI PARU UNTUK DIAGNOSA EMBOLI PARU.	90
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI PAKAN TERNAK MELALUI BIOKONVERSI AMPAS NIRA SAWIT OLEH LARVA BSF	84	NANOEMULSI SUPERVITAMIN E KAYA TOKOTRIENOL SEBAGAI IMUNOTERAPI UNTUK KANKER HASIL EKSTRAKSI SELEKTIF SISTEM DUA FASA DARI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT (NANOVITE)	92
PENENTUAN KUALITAS HINGGA PENENTUAN KANDUNGAN KONTAMINAN PADAMINYAK SAWIT MENGGUNAKAN SURFACE ENHANCED RAMAN SPECTROSCOPY (SERS) DAN KEMOMETRI	86		
RAPID DETECTION KIT BERBASIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS (MIPs) UNTUK DETERMINASI SELEKTIF KONTAMINAN 3-MCPD DAN GLISIDOL PADA REFINED PALM OIL	88		

PASCA PANEN / PENGOLAHAN

RANCANG BANGUN PABRIK MINYAK SAWIT MINI MOBILE TANPA PEREBUSAN	95	ELECTRIC WHEEL BARROW: SEBAGAI ALAT ANGKUT TBS PETANI	101
IMPLEMENTASI MESIN DIESEL DUAL FUEL (DDF) UNTUK OPTIMASI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DIESEL PADA KENDARAAN DIESEL PENGANGKUT HASIL PANEN SAWIT	97	DESAIN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PENGUMPUL BRONDOLAN BUAH SAWIT BERBASIS MECHATRONICS DENGAN SISTEM DETEKSI DAN KLASIFIKASI KONDISI BUAH BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE	103
EGREK DIGITAL: PENINGKATAN EFISIENSI PANEN DAN SUBSTITUSI IMPOR	99	APLIKASI DRONE SEBAGAI PEMOTONG PELEDAH DAN BUAH KELAPA SAWIT	105

Penanganan Limbah/ Lingkungan

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KONVERSI TERINTEGRASI UNTUK PENGOLAHAN PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DAN PRODUKSI BAHAN BERNILAI TAMBAH DENGAN BIOMASSA MIKROALGA	108	BIODELIGNIFIKASI CEPAT TKKS UNTUK PRODUKSI ASAM FULVAT SEBAGAI IMMUNOMODULATOR POTENSIAL 126	116
PEMBUATAN PURWARUPA SISTEM PENYEDIA ENERGI LISTRIK TERINTEGRASI (BATERAI & SUPERKAPASITOR) DARI LIMBAH KELAPA SAWIT	110	INTEGRASI PROSES BIOPRODUKSI ASAM GLUKONAT DAN ASAM XILONAT SEBAGAI PLATFORM CHEMICALS DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS KELAPA SAWIT	118
PENGEMBANGAN PRODUK SILIKA NANO PARTIKEL BERBASIS ABU BOILER CANGKANG SAWIT (PALM KERNEL SHELL ASH) UNTUK APLIKASI BIOMEDIK	112	PENGEMBANGAN MEMBRAN SKALA BENCH UNTUK NUTRIENT RECOVERY DAN RECYCLE AIR LIMBAH POME SEBAGAI AIR PROSES	120
OPTIMASI PRODUKSI KOKAS KOMERSIAL BERBASIS LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI REDUKTOR PELEBURAN BESI RAMAH LINGKUNGAN	114	PENGEMBANGAN LIMBAH KELAPA SAWIT UNTUK PAKAN LOBSTER AIR TAWAR DALAM MEWUJUDKAN CIRCULAR ECONOMY MINAPOLITAN DI KAWASAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG TIMUR	122

Daftar Isi

MONITORING DAN CONTROLLING KESEIMBANGAN EMISI KARBON PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT DAN NON-GAMBUT DENGAN METODE KECERDASAN BUATAN	124	PENGARUH PEMBANGUNAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT TERHADAP BIODIVERSITAS ENDEMIK SULAWESI	136
PRODUKSI BIO-COKE DARI LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR DENGAN KALORI TINGGI DAN RAMAH LINGKUNGAN	126	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI GULA CAIR DARI BATANG SAWIT TUA UNTUK Mendukung PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT	138
UJI MULTILOKASI FAKTOR EMISI LAHAN GAMBUT INDONESIA YANG DIDRAINASE UNTUK BUDIDAYA KELAPA SAWIT	128	PRODUKSI NANOPARTIKEL SILIKA BIOGENIK DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN RUBBER FOAM SOLE PADA BIOSNEAKERS	140
TEKNOLOGI MAJU PROSES PEMANFAATAN LIMBAH UNTUK Mendukung MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS LIMBAH KELAPA SAWIT	130	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES KONVERSI TKKS MENJADI ASAM GLIKOLAT UNTUK INDUSTRI KOSMETIKA	142
BETON PRECAST BERBASIS FOAM CONCRETE DARI LIMBAH BIOMASSA SAWIT	132	PEMANFAATAN BIOTEXTILE LIMBAH TKKS SEBAGAI MULSA PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DAN REVEGETASI LAHAN TERDEGRADASI	144
PEMANFAATAN ASAP CAIR DARI LIMBAH BIOMASSA CANGKANG SAWIT SEBAGAI GREEN INHIBITOR PEMBENTUKAN MATERIAL KERAK ANORGANIK	134	EPOXIDIZED-PALM OLEIN-METHYL ESTER (EP-POL-ME) MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SEBAGAI PLASTISIZER PADA ARTIFICIAL LEATHER	146

SOSIAL / EKONOMI / MANAJEMEN / PASAR / TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI

INTEGRASI SISTEM DETEKSI SIDIK JARI BERBASIS SPASIAL ORIGIN DENGAN KARAKTERISTIK SOSIAL EKONOMI PETANI UNTUK KEBERLANJUTAN MINYAK SAWIT INDONESIA (I-SEURAMOE)	149	REVITALISASI AGRIBISNIS SAWIT: MENGHADAPI TANTANGAN GLOBAL DENGAN SISTEM MANAJEMEN KORPORASI PETANI DIGITAL YANG BERKELANJUTAN	157
PENGEMBANGAN MODEL NEW MARKET ENTRY CAPABILITY DENGAN PRODUCT INNOVATIVENESS, BRAND RESONANCE DAN MARKETING CAPABILITY PADA INDUSTRI SAWIT BERKELANJUTAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT: PERSPEKTIF MASYARAKAT LOKAL DI KABUPATEN MERAUKE	151	MODEL PENGEMBANGAN KELEMBAGAAN PETANI MENUJU HILIRISASI PRODUK KELAPA SAWIT UNTUK MENINGKATKAN KESEJAHTERAAN PETANI KELAPA SAWIT	159
BIAYA SOSIAL DAN LINGKUNGAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT: PERSPEKTIF MASYARAKAT LOKAL DI KABUPATEN MERAUKE	153	ANALISIS POTENSI DAMPAK KEBIJAKAN DEFORESTATION-FREE PRODUCT (DFP) OLEH UNI EROPA TERHADAP KOMODITAS KELAPA SAWIT DI INDONESIA	161
PENGEMBANGAN SISTEM REALTIME DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE CENTERNET BERBASIS MOBILE ANDROID	155	AKSELERASI PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA DAN DAYA SAING KELAPA SAWIT RAKYAT	163



Bioenergi

01

INOVASI LANJUT KATALIS & TEKNOLOGI BENSIN SAWIT DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI PERCONTOHAN MIXED INDUSTRIAL VEGETABLE OIL (MIVO) DAN MINYAK MAKAN SEHAT DARI KELAPA SAWIT

Peneliti: Dr. CB Rasrendra dan Tim Peneliti

Riset ini merupakan keberlanjutan program pengembangan lanjut bahan bakar nabati biohidrokarbon (bensin sawit, bensa) dan bahan pangan dari sawit yang terintegrasi dengan kebun sawit rakyat (skala pabrik kelapa sawit 5 ton TBS/jam). Terobosan-terobosan yang diperjuangkan dalam riset ini merupakan bagian dari sinergi penguatan inovasi katalis dan teknologi proses "merah-putih". Program ini sekaligus bagian untuk mendukung Program Strategis Nasional (PSN) Perpres 109/2020 terkait Pengembangan Teknologi Produksi Minyak Nabati Industri (IVO) dan Bensin Sawit dengan Katalis Merah Putih yang Terintegrasi dengan Kebun Rakyat.

Riset ini mengupayakan optimasi lanjut teknologi produksi bensa dan penggunaan ragam umpan yang lebih fleksibel untuk mendapatkan bensa dengan harga yang lebih kompetitif melalui upaya-upaya:

1. Penerapan teknologi yang dapat mengolah hasil kebun sawit rakyat menjadi bahan baku bensin biohidrokarbon dalam rangka mendukung amanat Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2020 tentang pengembangan teknologi katalis dan bensin sawit yang terintegrasi dengan kebun sawit rakyat;
2. Optimalisasi teknologi proses produksi bensin sawit G2 skala 1000 Liter per hari
3. Pemantapan formula dan pengembangan pabrik katalis bensa
4. Optimalisasi teknologi bensa dengan memperkuat implementasi ekonomi sirkular dan pemilihan umpan yang kompetitif

Dalam upaya menyediakan bahan baku untuk produksi bensa yang kompetitif dan mendukung hilirisasi kebun sawit rakyat, riset ini akan menghasilkan unit percontohan yang memiliki kemampuan untuk mengolah TBS yang berasal dari kebun sawit rakyat menjadi produk yang memiliki nilai tambah ekonomi berupa CPO Premium (CPO yang memenuhi SNI IVO 8875:2020 tentang Minyak Nabati untuk Produksi Biohidrokarbon serta bebas dari kontaminan merupakan pencetus terciptanya 3MCPD) dan minyak makan sehat.

02

BIOAVTUR DARI CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN TEKNIK ONE-POT ATMOSFERIK MENGGUNAKAN KATALIS BIMETAL BERMATRIKS KARBON DAN ZEOLIT

Peneliti: Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D.Eng., Prof. Dr.rer.nat. Karna Wijaya, M.Eng., Prof. Indriana Kartini, S.Si., M.Si., Ph.D., Prof. Ir. Suryo Purwono, MASc, PhD, IPU, ASEAN Eng, ACPE., Prof. Rodiansono, S.Si., M.Si., Ph.D., Dr. Ady Mara, M.Si.

Bahan bakar bioavtur merupakan bahan bakar yang telah banyak diidentifikasi sebagai alternatif untuk menekan ketergantungan bahan bakar fosil pada sektor penerbangan. Sumber energi terbarukan yang potensial untuk dikonversi menjadi bahan bakar pesawat jet (bioavtur) adalah Crude Palm Oil (CPO). Bahan baku tersebut jumlahnya berlimpah di Indonesia, sehingga dapat meningkatkan aspek keberlanjutan. Dengan demikian penelitian ini dapat mendorong penciptaan produk/pasar baru yang mendukung ekonomi hijau.

Proses produksi bahan bakar bioavtur yang didanai BDPKKS ini dilakukan melalui proses hydrodeoxygenation-hydrocracking (HDO-HC) menggunakan umpan CPO yang diberi perlakuan degumming, bleaching dan thermal-treatment yang selanjutnya disebut sebagai Refined Palm Oil (RPO) yang bernilai ekonomi tinggi dengan teknik one-pot dalam sistem reaktor stainless steel double-decker semi-batch bertekanan rendah (atmosferik). Produksi bioavtur ini menggunakan katalis mono- dan bi-metal tersupport pada nano Karbon aktif, H-mordenit dan HZSM-5 yang lebih aktif dan selektif terhadap senyawa bio-hidrokarbon (bioavtur) yang memiliki karakter standar ASTM. Kajian aktivitas dan selektivitas katalis logam Co, Mo, W, CoMo dan CoW berpengembangan nano karbon dan zeolit merupakan kebaruan yang bermanfaat untuk aplikasi skala industri di masa depan yang bernilai ekonomis.

Tahun pertama telah dibuat katalis Co/M, Co/Z, Co/C, Mo/M, Mo/Z, Mo/C, W/M, W/Z, W/C, CoMo/M, CoMo/Z, CoMo/C, CoW/M, CoW/Z, dan CoW/C. Hasil karakterisasi

katalis menggunakan FTIR, XRD, SEM-EDX, dan uji aktivitas katalitik pada HDO-HC menggunakan umpan RPO diperoleh kondisi optimum adalah katalis sistem Mo/Z-Co/Z. Katalis sistem Mo/Z-Co/Z menghasilkan produk cair terbanyak yang mengandung senyawa hidrokarbon dengan jumlah atom karbonnya C7-C16 yang merupakan bioavtur dengan total yield 45,06% serta selektivitas fraksi bioavtur tertinggi pada fraksi 1 sebesar 97,88% dan fraksi 2 sebesar 99,30%.

Tahun ke dua uji HDO-HC dengan katalis sistem Mo/Z-Co/Z dilakukan scale up skala laboratorium menggunakan umpan RPO menghasilkan produk cair sebanyak 1 L. Produk bioavtur hasil scale up selanjutnya dilakukan distilasi fraksinasi menghasilkan bioavtur dengan karakter ASTM flash point (IP 170): 38,8 °C; nilai kalor (Standar 91-091): 43,116 MJ/Kg; titik beku (ASTM D 5972): -52 °C; titik didih awal (ASTM D 86): 117,6 °C dan kestabilan termal JFTOT pada 260 °C (ASTM D 3241): VTR <1, ETR 80 nm, perbedaan tekanan 0 mmHg. Campuran 2,4% bioavtur dengan 97,6% avtur komersial memiliki titik beku -55,1°C dan nilai kalor 42,822 MJ/Kg.

Analisis karakter ASTM produk bioavtur menggunakan katalis sistem Mo/Z-Co/Z untuk HDO-HC umpan RPO dilanjutkan distilasi fraksinasi menunjukkan karakter ASTM flash point (IP 170), titik beku (ASTM D 5972), titik didih awal (ASTM D 86) dan kestabilan termal JFTOT (ASTM D 3241) memenuhi standar nasional (SK Dirjen No. 59 K/HK.02/DJM/2022) dan internasional (Def Stan 91-091 Issue 14). Luaran publikasi berupa 9 paten terdaftar dan 4 artikel terbit di jurnal internasional bereputasi Q1, Q2, dan Q3.

Bioavtur dari Crude Palm Oil (CPO) dengan Teknik One-pot Atmosferik Menggunakan Katalis Bimetal Bermatriks Karbon dan Zeolit

1 Tujuan Penelitian

No Kontrak:
PRJ-365/DPKS/2022
3660/UN1/DITLIT/DIT-LIT/PT.01.03/2022

1. Sintesis, karakterisasi, dan uji aktivitas katalis terbaik untuk produksi bioavtur pada kondisi optimum.
2. Peningkatan kapasitas reaktor (10 x skala laboratorium) untuk uji HDO-HC pada kondisi optimum dengan katalis terbaik.
3. Produksi bioavtur dengan karakter titik beku maksimal -47°C .



Reaktor kapasitas 500 mL

2 Luaran Hasil

1. Katalis Heterogen:
Mordenit (Co/Mor; Mo/Mor; W/Mor; Ni/Mor; CoMo/Mor; CoW/Mor; NiMo/Mor)
H-ZSM (Co/Z; W/Z; Mo/Z; CoMo/Z; CoW/Z)
Karbon Aktif (Co/KA; Mo/KA; W/KA; Ni/KA; CoMo/KA; CoW/KA; NiMo/KA)

2. Paten terdaftar dengan nomor:
+ P00202306614 + P00202405358
+ P00202306799 + P00202405356
+ P00202306942 + P00202406327
+ P00202306943 + P00202309904
+ P00202307204



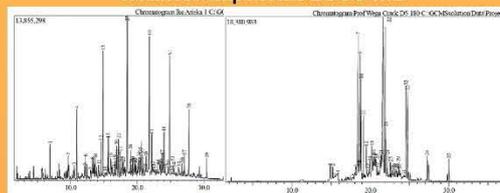
Produk Katalis

3. Artikel Ilmiah yang sudah terpublikasi:
+ Communications in Science and Technology (Q2)
<https://doi.org/10.21924/cst.8.2.2023.1288>
+ Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis (Q3)
<https://doi.org/10.1007/s1144-023-02560-3>
+ EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy (Q3)
<https://doi.org/10.5109/7183322>
+ Case Studies in Chemical and Environmental Engineering (Q1)
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100894>

4. Produk Bioavtur dengan titik beku:
+ Avtur Standar = $-54,7^{\circ}\text{C}$
+ Bioavtur = -52°C dan $-65,7^{\circ}\text{C}$
+ J2,4 = $-51,4^{\circ}\text{C}$ dan $-55,1^{\circ}\text{C}$



Reaktor kapasitas 1000 mL



Kromatogram Avtur Standar

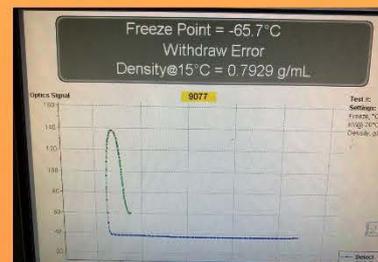
Kromatogram Bioavtur



Beberapa Jenis Feed



Produk Bioavtur



Titik Beku Bioavtur

Tim Peneliti:

1. Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D. Eng (Ketua)
2. Prof. Dr. rer. nat. Karna Wijaya, M.Eng.
3. Prof. Indriana Kartini, S.Si., M.Si., Ph.D.
4. Prof. Ir. Suryo Purwono, MAsc, Ph.D., IPU, ASEAN Eng, ACPE
5. Prof. Rodiansono, S.Si., M.Si., Ph.D.
6. Dr. Ady Mara, M.Si.



Kontak: 0811256055 ; email: wegats@ugm.ac.id

03

DELIGNIFIKASI DAN PRODUKSI FURFURAL SECARA SIMULTAN PADA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN PELARUT EUTEKTIK DALAM TERNER BARU

Peneliti: Misri Gozan, Muryanto, Yanni Sudiyani, Muhammad Arif Darmawan

Limbah padat terbesar dari pabrik kelapa sawit mentah adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang mengandung selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Hemiselulosa dapat dihidrolisis menjadi xilosa dan kemudian diubah menjadi furfural melalui dehidrasi. Furfural dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembentukan senyawa lain, menjadikannya bahan penyusun yang menjanjikan. Furfural umumnya digunakan dalam pengolahan minyak bumi sebagai pelarut dan menemukan aplikasi lain dalam industri seperti agrokimia dan farmasi. Kebutuhan furfural terus meningkat karena tingginya penggunaan furfural dan senyawa turunannya. Sekitar 300–700 ton/tahun furfural diproduksi di seluruh dunia.

Praperlakuan merupakan salah satu langkah dalam biokonversi bahan lignoselulosa untuk mengurangi lignin. Penelitian ini mengembangkan proses one-pot untuk melakukan Praperlakuan dan produksi furfural secara bersamaan. Proses ini menggunakan pelarut hijau yang disebut ternary deep eutectic solvent (DES). DES, sebagai pelarut baru, dibuat dengan menggabungkan donor dan akseptor ikatan hidrogen (HBD dan HBA). DES yang umum digunakan dalam proses ini terdiri dari dua komponen. Beberapa penelitian terkini telah menggunakan penambahan bahan ketiga dalam sintesis DES, yang dikenal sebagai "DES terner". Penambahan komponen ketiga ini dapat menjaga stabilitas dan viskositas DES. Penggunaan DES terner dapat meningkatkan reduksi lignin dan hemiselulosa dalam biomassa lignoselulosa. Dalam penelitian ini DES disintesis dengan mencampur kolin klorida, asam oksalat, dan etilen glikol dengan rasio molar 1:1:2 (CHOAEG). Delignifikasi dan produksi furfural secara simultan dilakukan

dalam reaktor baja tahan karat. Suhu divariasikan pada 100, 120, dan 150 °C, dengan berbagai waktu pemrosesan masing-masing 30, 60, dan 90 menit.

Penelitian ini berhasil melakukan delignifikasi dan produksi furfural dari TKKS menggunakan pelarut eutektik dalam tiga komponen dalam proses one-pot. Pelarut DES dapat berperan sebagai media reaksi dan katalisator untuk reaksi hidrolisis dan dehidrasi yang terlibat dalam proses konversi untuk produksi furfural. Konsentrasi furfural tertinggi mencapai 9,68 g/L dan delignifikasi dicapai hingga 55,81% pada suhu 150 °C selama 90 menit. TKKS yang telah diolah terlebih dahulu dihidrolisis oleh selulase dan mencapai yield glukosa sebesar 90,79%. Hasil ini 3–4 kali lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan DES dua komponen. Peningkatan suhu proses dapat meningkatkan delignifikasi dan produksi furfural karena reduksi lignin dan hemiselulosa yang lebih banyak. Proses delignifikasi menggunakan CHOAEG terjadi karena kemampuan CHOAEG dalam mengekstrak senyawa fenolik. Senyawa fenolik mendominasi kandungan lignin. Sehingga CHOAEG dapat memutus ikatan dan menghilangkan lignin yang terkandung dalam TKKS.

Secara keseluruhan, proses delignifikasi dan produksi furfural secara simultan oleh DES CHOAEG terner menunjukkan proses yang baru dan efisien dengan mengurangi jumlah tahapan proses kompleks biorefineri lignoselulosa.

DELIGNIFIKASI DAN SINTESIS FURFURAL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SECARA SIMULTAN DENGAN SISTEM PELARUT TERNARY DEEP EUTECTIC SOLVENT-BIFASA

Muryanto, Yanni Sudyani, Muhammad Arif Darmawan, Eka Mardika Handayani, Misri Gozan

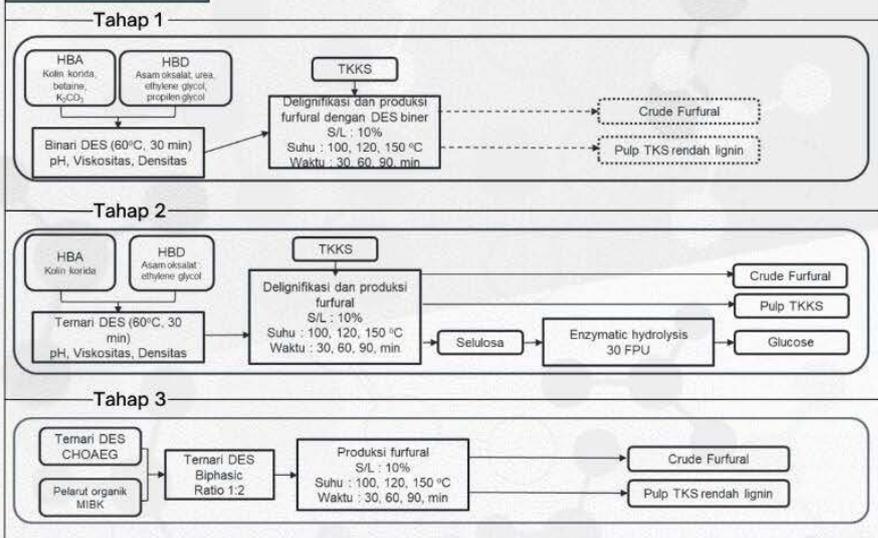
ABSTRAK

Limbah padat yang paling besar dari tanaman minyak sawit mentah adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang mengandung selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Hemiselulosa dapat dihidrolisis menjadi xylose dan kemudian dikonversi menjadi furfural melalui dehidrasi. Praperlakuan adalah salah satu langkah dalam biokonversi bahan lignoselulosa untuk mengurangi lignin. Studi ini mengembangkan proses satu pot untuk melakukan praperlakuan dan produksi furfural secara bersamaan. Proses ini menggunakan pelarut hijau yang disebut ternary deep eutectic solvent (DES). DES disintesis dengan mencampur kolin klorida, asam oksalat, dan etilen glikol dengan rasio molar 1 : 1 : 2 (CHOAEG). Delignifikasi simultan dan produksi furfural dilakukan dalam reaktor stainless steel. Suhu bervariasi pada 100, 120, dan 150 °C, dengan berbagai waktu pemrosesan masing-masing pada 30, 60, dan 90 menit. Konsentrasi furfural tertinggi mencapai 9,68 g/L, dan delignifikasi dicapai hingga 55,81% pada 150 °C selama 90 menit. TKKS yang telah dipretreatment kemudian dihidrolisis oleh selulase dan mencapai hasil glukosa 90,79%. Secara keseluruhan, delignifikasi simultan dan proses produksi furfural oleh DES Ternary CHOAEG menunjukkan proses baru dan efisien dengan mengurangi jumlah proses kompleks tahap biorefinery lignoselulosa.

LATAR BELAKANG

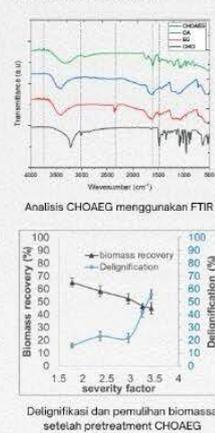
Lignoselulosa, sumber biomassa melimpah, terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat diolah menjadi berbagai produk seperti bioetanol, biofuel, dan furfural. Namun, lignin sering menghambat biokonversi selulosa dan hemiselulosa, sehingga memerlukan proses delignifikasi atau pretreatment. Pretreatment konvensional menggunakan pelarut basa atau asam berisiko bagi lingkungan karena sifatnya yang korosif. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan pelarut ramah lingkungan seperti deep eutectic solvents (DES), yang dapat memecahkan lignoselulosa secara lebih efisien. Furfural, yang penting bagi berbagai industri, masih menghadapi tantangan produksi seperti hasil rendah dan proses yang panjang. Pendekatan inovatif dengan menggunakan DES tiga-komponen (kolin klorida, asam oksalat, etilen glikol) dalam sistem one-pot dapat meningkatkan efisiensi proses produksi furfural dari lignoselulosa.

METODE

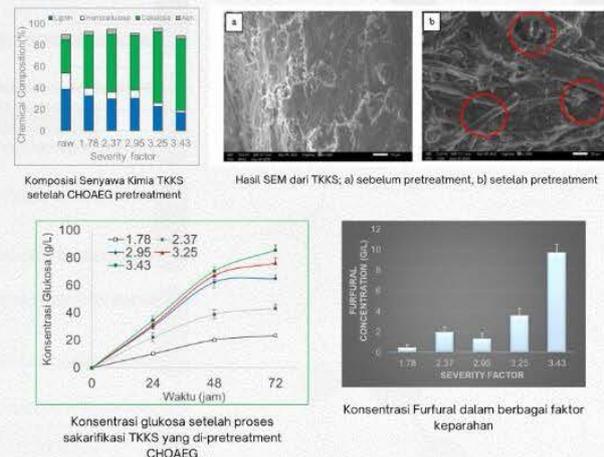


HASIL

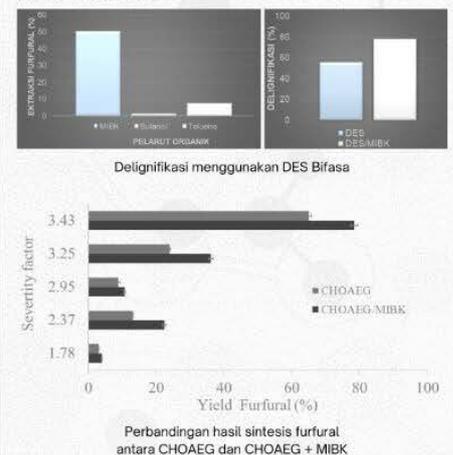
1. Karakterisasi DES



2. Delignifikasi dan Produksi Furfural menggunakan Ternary DES



3. Delignifikasi dan Produksi Furfural menggunakan Ternary DES Bifasa



KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan delignifikasi dan produksi furfural dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menggunakan deep eutectic solvent tiga komponen dalam proses one-pot. Setelah proses pada suhu 150 °C selama 90 menit, delignifikasi TKKS mencapai hingga 55,81% dan menghasilkan furfural sebesar 9,68 g/L. TKKS yang telah dipretreatment kemudian diubah menjadi glukosa sebesar 85,43 g/L. Hasil ini 3-4 kali lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan DES dua komponen. Peningkatan suhu proses dapat meningkatkan delignifikasi dan produksi furfural karena pengurangan lignin dan hemiselulosa yang lebih besar. Hasil furfural dalam metode ini dapat mencapai 57,34%. Proses ini memiliki keunggulan dibandingkan yang lain karena dapat melakukan proses delignifikasi dalam satu tahap, menghasilkan pulp TKKS dengan konsentrasi lignin yang rendah dan kandungan selulosa yang tinggi yang dapat diubah menjadi glukosa. Penggunaan DES tiga komponen menjanjikan peningkatan efisiensi proses biorefinery lignoselulosa seperti TKKS.

04

STUDI PENGARUH KATALIS ALUMINA DALAM PROSES CATALYTIC CRACKING PADA CRUDE PALM OIL (CPO) DAN REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM OIL (RBDPO) UNTUK PRODUKSI BAHAN BAKAR BIOGASOLINE

Peneliti: Dr. Eng Hosta Ardhyanta, ST, M.Sc; Sigit Triwicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D; Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si, Vania Mitha Pratiwi, ST, MT, Rindang Fajarin, S.Si, M.Si, Firman Kurniawan, ST, M.Eng.Sc, PhD, Dr. Triyanda Gunawan, SSI

Bahan bakar (fuel) merupakan salah satu komponen energi penting dalam kehidupan manusia. Bahan bakar memiliki kemampuan menghasilkan energi untuk berbagai aplikasi salah satunya sebagai bahan bakar cair untuk menggerakkan mesin. Salah satu jenis bahan bakar cair adalah bahan bakar fosil yang berasal dari sisa organisme. Bahan bakar fosil memiliki kelemahan yaitu jumlahnya terbatas dan sulit dibuat, Salah satu alternatif solusi bahan bakar cair adalah bahan bakar terbarukan (Bioenergi) nabati biofuel (renewable biofuel) biogasoline dan biodiesel dari minyak mentah kelapa sawit crude palm oil (CPO) dan refined bleached deodorized palm oil (RBDPO) menggunakan metode perengkahan dengan katalis (catalytic cracking). Pohon kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar didunia. Metode catalytic cracking dilakukan dengan cara bahan minyak sawit dicampur dengan katalis dan dipanaskan pada temperatur tinggi. Metode catalytic cracking menghasilkan proses pemutusan molekul organik besar minyak sawit menjadi molekul kecil bahan bakar. Penelitian ini melakukan studi rekayasa molekul material minyak sawit untuk menghasilkan bahan bakar. Tahun pertama penelitian ini melakukan riset material minyak sawit, katalis dan parameter proses catalytic cracking. Minyak sawit yang digunakan adalah CPO dan RBDPO. Material katalis yang digunakan adalah alumina (gama alumina) dan zeolite (HZSM-5 dan USY). Tahun kedua penelitian ini melakukan riset skala prototype dan rekayasa proses untuk menghasilkan biofuel dan biogasoline skala besar.

Hasil penelitian menunjukkan produk cair yield biofuel 40%wt dengan komposisi katalis: minyak sebesar 1%wt, temperature 400 oC, waktu 2,5 jam dan batch reaktor. Tahap ini sudah meningkat dari reaktor skala lab dan bahan 80 gr menjadi reaktor skala prototype dan bahan 800 gr (kapasitas reaktor 1000 gr). Reaktor juga dilakukan pengembangan menjadi kapasitas 5 kg. Reaktor yang dibuat telah diuji dan mampu menghasilkan biofuel dengan baik. Material katalis sudah dikembangkan menjadi metal komposit katalis dengan menggunakan metal Nickel, Cobalt, Copper dan Aluminum terhadap Alumina. Tahap selanjutnya merupakan pengembangan reaktor menjadi system kontinu dan penerapan biofuel kepada mesin komersial.



CONFIDENTIAL

STUDI PENGARUH KATALIS ALUMINA DALAM PROSES CATALYTIC CRACKING PADA CRUDE PALM OIL (CPO) DAN REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM OIL (RBDPO) UNTUK PRODUKSI BAHAN BAKAR BIOGASOLINE

Spesifikasi, Sintesis, dan Manufaktur

A Tujuan

Mendapatkan Optimasi parameter proses catalytic cracking CPO dan RBDPO menjadi Biogasoline.

B Spesifikasi



Hasil Penelitian

Respon	Sampel	Yield	Fraksi Gasolin C5-C11 (%)	Viskositas (cSt)	Densitas (g/cm ³)	Nilai Kalor (kcal/kg)	Flash Point (°C)	Molecular Weight (g/mol)	Nilai Oktan (RON)	Titik Didih (°C)
Standar			89.86	<1	0.715-0.770	10500-10866	(-40 to 15)	140-170	>90	<215
Ref			Bensin partialita	Shell Petroleum Canada (1999)	Worldwide Fuel Charters, 2019)	International Energy Agency (IEA, 2011)	Fire Protection Association (NFPA) 2021	Fajar, M.R et al. 2017)	(Worldwide Fuel Charters, 2019)	
ITS	400oC, 2 jam	64,704	42,06	4,11	0,8329	9972	17	140	109,2	276

C Sintesis

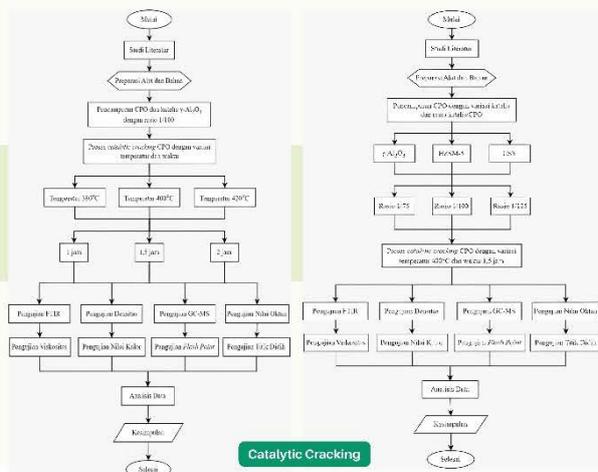
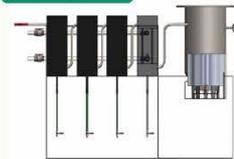
Spesifikasi Katalis

No	Spesifikasi Katalis	Standar
1	Katalis γ -Al ₂ O ₃	
2	Rasio CPO : γ -Al ₂ O ₃	1/125
3	Temperatur (°C)	400 - 420
4	Waktu (jam)	2

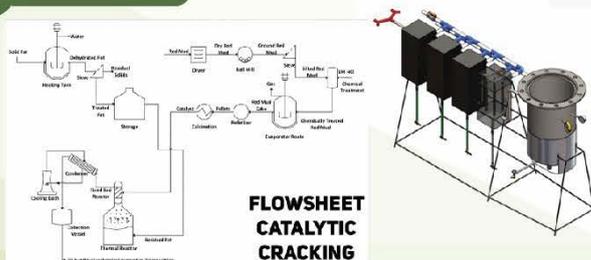
Reaktor Skala Lab



Reaktor Pilot



D Manufaktur



No	Spesifikasi	Standar	ITS
1	Nitrogen Content (%)	> 12.2 (saunders & Taylor, 1990)	11.4
2	Moisture Content (%)	> 25	26.39
3	Solubility (%)	99% dalam 95% ethyl alcohol	96.5



Hosta Ardhyana, Sigit Triwicaksono, Firman Kurniawan-syah, Widyastuti, Vania Mitha Pratiwi, Rindang Fajarin

© Workshop Rekayasa Material dan Teknologi Pertahanan, Puslit IoTTP DRPM-DIKST-DTMM ITS



05

PEMANFAATAN BODIESEL KONSENTRASI TINGGI PADA SEKTOR MARITIM

Peneliti: Ahmad Syihan Auzani, Muhammad Arif Budiyanto, Jajang Amir Hidayat, M Taufik Suryantoro, Hari Setiaprada, Rizqon Fajar, Ahmad Taufiqur Rohman, Nur Muhamad Fuad

Indonesia berkomitmen untuk mencapai net zero emission. Dalam hal ini, Indonesia telah mengumumkan bahwa akan memenuhi net zero emission maksimal pada tahun 2060. Dalam mencapai target nol emisi, pemerintah tengah menerapkan lima prinsip utama, yaitu peningkatan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT), pengurangan energi fosil, kendaraan listrik di sektor transportasi, peningkatan pemanfaatan listrik pada rumah tangga dan industri, dan pemanfaatan Carbon Capture and Storage (CCS).

Indonesia telah memulai program biodiesel sejak 2006 dengan B2.5, kemudian B20 pada 2016, dan mencapai B30 pada 2020 secara nasional. Pada 2022, uji fungsi pada transportasi darat dengan Road Test B40 yang dikoordinasi oleh ESDM menunjukkan hasil yang memuaskan. Pada awal tahun 2023 penggunaan B35 pada sektor transportasi darat dan sector lainnya mulai direalisasikan. Dengan semakin dekatnya NZE akan B50 akan segera diuji dan diluncurkan.

B35 menjadi mandatori di semua sektor, termasuk angkutan air dan TNI Angkatan Laut. Namun, sektor-sektor ini memiliki karakteristik yang berbeda. Faktor penyimpanan, lingkungan, dan jenis mesin menjadi kunci kesuksesan penggunaan B35 ataupun B50 di sektor angkutan air, khususnya laut. Mesin di KRI memiliki spesifikasi lebih ketat karena stabilitas penyimpanan bahan bakar di tangki kapal yang berubah-ubah. Masalah yang sering terjadi adalah filter ter blocking, deposit pada injektor, dan perawatan mesin yang lebih cepat, yang mengganggu tugas KRI di laut dan meningkatkan biaya perawatan.

Sistem filtrasi dan metode penyimpanan yang tidak tepat pada kapal dengan penampungan besar dan lama sangat rentan terhadap degradasi kualitas biodiesel. Biodiesel yang menyerap air dari lingkungan dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri atau jamur, menghasilkan kontaminan sludge yang dikenal sebagai soft particle. Sektor marine memerlukan perhatian khusus karena kondisi lingkungan ekstrem dan penyimpanan bahan bakar yang lama dapat meningkatkan kontaminan dan kadar air, menurunkan kualitas bahan bakar, dan berdampak negatif pada mesin kapal.

Inovasi teknologi pemisahan kontaminan dan pengkondisian bahan bakar nabati di tangki kapal perlu dikembangkan agar bahan bakar tetap aman digunakan. Riset ini akan mengoptimasi system filtrasi washable dan membran untuk KRI, yang dapat digunakan di Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) maupun kapal komersial. Selain itu, optimasi desain sistem filtrasi dan pengkondisian bahan bakar pada tangki kapal komersial akan mengurangi kontaminan dan degradasi bahan bakar, sehingga sistem filter yang cocok dapat mengurangi kemungkinan filter blocking dan kerusakan mesin.

PEMANFAATAN BIODIESEL KONSENTRASI TINGGI PADA SEKTOR MARITIM

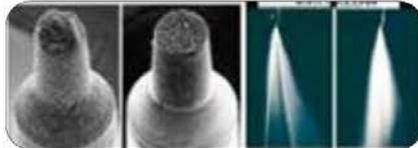


1. TARGET

- Penyaluran Biodiesel: >13.15 juta kiloliter (kL)
- Penghematan Devisa: USD 10.75 miliar (Rp 161 triliun)
- Mengamankan penggunaan biodiesel di engine
- Pencyrapan Tenaga Kerja: 1.653.974 orang
- Pengurangan Emisi GRK: 34,9 juta ton CO₂
- Mendukung program NZE 2030 dan 2060



2. TANTANGAN DI SEKTOR MARINE



- Faktor Penyimpanan: Stabilitas bahan bakar di tangki kapal
 - Faktor Lingkungan: Kondisi lingkungan yang berubah-ubah dengan humidity tinggi
 - Jenis/Tipe Engine: Spesifikasi ketat untuk aplikasi di KRI
- Permasalahan yang Dihadapi
- Filter blocking : Penggantian filter lebih cepat
 - Deposit di Injektor : Perawatan mesin lebih cepat
 - Pemborosan Biaya: Biaya perawatan meningkat
- Dampak:
- Mutu Bahan Bakar: Menurunnya mutu biodiesel, mengurangi kemampuan mesin kapal.
 - Biaya Perawatan: Meningkatnya biaya perawatan mesin kapal.

Riset dilakukan

- Pemetaan kualitas bahan bakar dan filter existing di Indonesia
- Desain fuel conditioning
- Desain filter wasable
- Desain ceramic filter
- SOP penggunaan biodiesel pada sector marine

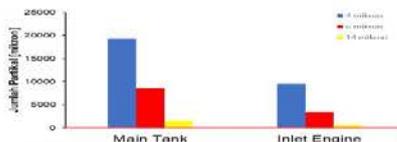
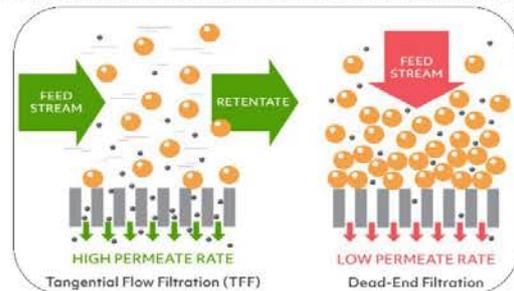
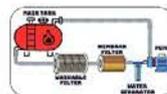
3. SOLUSI FILTRASI

Solusi yang Diusulkan

- Teknologi Cross Flow Membran Filter. Keunggulan: Pengotor tidak menumpuk dalam satu tempat (proses pengembangan)
- Optimasi Desain Sistem Filtrasi wasable dan membran. Tujuan: Mengurangi kontaminan dan kandungan logam
- Manfaat: Mengurangi kemungkinan filter blocking dan kerusakan engine

Kerjasama

- PT ASDP Persero



Nama Kapal	Main Tank	Inlet Engine
Cakalang	21/20/18	20/19/17
Cucut	22/21/18	24/23/22
Komodo	21/20/17	20/19/17



Mari dukung penggunaan biodiesel untuk masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan!

06

PENINGKATAN NILAI TAMBAH GLISEROL MELALUI REAKSI DEHIDRASI-OKSIDASI MENJADI ASAM AKRILAT

Peneliti: Iman Abdullah, Yuni Krisyuningsih Krisnandi, Rahmat Wibowo, Fatimah Tresna Pratiwi, Maharani Dewi Solikhah, Khairil Amri, Palupi Tri Widiyanti, Ade Pamungkas

Gliserol merupakan produk samping industri oleokimia dengan kelimpahan yang tinggi. Pangsa pasar yang kecil menyebabkan harga gliserol sangat murah dipasaran bahkan sering hanya dianggap sebagai limbah produksi. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) selama 5 tahun terakhir gliserol yang dihasilkan di Indonesia sangat berlimpah, dengan jumlah ekspor yang terus meningkat secara signifikan. Pada tahun 2023 jumlah ekspor gliserol mencapai hingga 832 juta kg. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan nilai tambah gliserol melalui konversi menjadi senyawa lain, salah satunya adalah asam akrilat.

Asam akrilat merupakan monomer yang memiliki nilai tinggi di industri kimia untuk produksi polimer untuk berbagai kegunaan seperti perekat, superabsorben, cat, plastik, dan lain-lain. Selama ini, asam akrilat diproduksi secara komersial melalui oksidasi propilena yang diperoleh dari industri petrokimia dari minyak bumi. Di Indonesia, kebutuhan akan asam akrilat sebagian besar masih dipenuhi melalui impor, dengan volume impor yang berfluktuasi antara 6.000 hingga 8.500 ton per tahun, dan nilai transaksi mencapai ratusan miliar rupiah. Ketergantungan pada impor ini membuka peluang besar untuk mengembangkan produksi asam akrilat dalam negeri, terutama dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara melimpah, seperti gliserol.

Konversi gliserol menjadi asam akrilat dapat dilakukan melalui reaksi dehidrasi menjadi akrolein sebagai intermediatnya, serta oksidasi akrolein menjadi asam akrilat. Untuk mendapatkan konversi yang optimal, perlu dilakukan pengembangan katalis bifungsional yang dapat memfasilitasi dua tahap reaksi tersebut dalam suatu metode one-pot process. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan

katalis dan metode reaksi konversi gliserol untuk meningkatkan yield asam akrilat. Pengembangan katalis mencakup katalis logam transisi (Cu dan Ag) tersangga zeolite dan katalis MOF berbasis aluminium yang diterapkan pada konversi gliserol fasa cair. Pada pengembangan katalis logam transisi tersangga zeolite, diperoleh hasil bahwa katalis CuO/HY memberikan yield asam akrilat tertinggi sebesar 32% untuk reaksi pada temperatur 90 oC selama 5 jam dengan penambahan H₂O₂ sebagai oksidator tiap 15 menit. Selanjutnya, teknik penambahan H₂O₂ pada waktu 3 jam setelah dimulainya reaksi dehidrasi mampu meningkatkan yield asam akrilat menjadi 35%.

Pada penggunaan katalis MOF optimasi tahap awal dilakukan dengan memvariasikan jenis promotor logam, yaitu Fe, V, dan Mo dengan variasi konsentrasi loading yang diperoleh melalui metode incipient wetness impregnation, variasi konsentrasi gliserol, dan variasi waktu penambahan H₂O₂. Pemilihan kondisi optimum ditentukan berdasarkan yield asam akrilat yang dihasilkan. Hasil terbaik diperoleh dengan penggunaan katalis Fe/Al-BDC dengan umpan larutan gliserol 20% dan waktu penambahan H₂O₂ setiap 15 menit, menghasilkan yield sebesar 25,2% setelah 5 jam reaksi. Optimasi lanjutan dilakukan pada metode sintesis katalis, dimana sintesis katalis kombinasi Al dan Fe dilakukan dalam satu reaktor, menghasilkan 27,3% asam akrilat dalam waktu 2 jam reaksi.

Optimasi proses dan kondisi reaksi konversi gliserol masih terus dilanjutkan untuk meningkatkan yield asam akrilat yang diperoleh. Tahapan selanjutnya yang juga akan dilakukan yaitu isolasi asam akrilat dari produk campuran, sehingga diperoleh spesifikasi asam akrilat grade teknis sesuai yang digunakan industri kimia saat ini.

07

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI REAKTOR DAN KAJIAN TEKNOEKONOMI DALAM HIDROLISIS MINYAK SAWIT MENJADI ASAM LEMAK DAN GLISEROL MENGGUNAKAN ENZIM AMOBIL PADA TEMPERATUR DAN TEKANAN RENDAH

Peneliti: Prof. Dr. Ir.Yogi Wibisono Budhi,S.T., M.T., IPM. Tim Peneliti : Prof.Akhmaloka,Ph.D , Ir.Elvi Restiawaty,S.T.,P.D.Eng., Ph.D., IPM ; Dr.Eng. Hafis Pratama Rendra Graha, S.T., M.T ; Dr. Dian Ahmad Hapidin, S.Si, M.Si.,Wilda Panjaitan, Ghusrina Prihandini

Asam lemak merupakan salah satu produk turunan dari minyak sawit yang biasanya dihasilkan bersamaan dengan gliserol. Asam lemak ini berfungsi sebagai bahan baku utama dalam industri oleokimia dan juga dapat digunakan sebagai prekursor untuk bahan bakar diesel. Proses produksi bahan bakar diesel dengan mengubah minyak sawit menjadi asam lemak terlebih dahulu memiliki kebutuhan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan langsung mengkonversi minyak sawit menjadi diesel fuel melalui proses hidrogenasi. Proses hidrolisis enzimatis dinilai lebih selektif, menggunakan energi lebih rendah, dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan hidrolisis menggunakan asam atau basa. Minyak sawit sendiri merupakan sumber trigliserida yang melimpah dengan rantai hidrokarbon panjang serta produktivitas tinggi di Indonesia. Oleh karena itu, metode hidrolisis enzimatis dipilih dalam penelitian BDPKKS 2024 untuk mengkonversi minyak sawit menjadi asam lemak.

Rekombinan lipase ITB 1.2 digunakan dalam penelitian ini sebagai enzim thermostable yang berperan sebagai biokatalis dalam reaksi hidrolisis minyak sawit menjadi asam lemak. Enzim ini memiliki kondisi optimum pada suhu 60°C dan pH 9, yang lebih tinggi dibandingkan dengan lipase lainnya, sehingga diharapkan mampu menghasilkan konversi asam lemak yang lebih tinggi. Karakteristik enzim ini mencakup cincin imidazole pada histidine yang berperan penting dalam mekanisme enzimatisnya. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan enzim dan mengurangi biaya tekno-ekonomi, dilakukan imobilisasi enzim pada penyangga seperti Nikel foam, Cellulose Nanofiber (CNF), dan ZSM-5. Pemilihan material penyangga ini didasarkan pada ketahanan mekanik, luas permukaan, serta sifat hidrofilik atau hidrofobiknya untuk mengoptimalkan aktivitas, stabilitas, dan efisiensi proses.

Modifikasi permukaan penyangga dilakukan dengan penambahan gugus amine melalui APTES (Amino-propyl triethoxysilane), diikuti dengan fungsionalisasi gugus aldehid menggunakan glutaraldehyde. Selanjutnya, ditambahkan spacer arm NTA dan ion nikel untuk berikatan secara kovalen dengan cincin imidazole pada lipase rekombinan ITB 1.2. Modifikasi ini dilakukan agar enzim dapat terikat lebih fleksibel pada penyangga, memungkinkan kontak yang lebih luas dengan substrat. Ion nikel yang berikatan dengan cincin imidazole memastikan konformasi enzim tetap stabil. Proses imobilisasi rekombinan lipase dilakukan pada suhu 4°C selama 48 jam. Evaluasi morfologi dan distribusi unsur pada permukaan penyangga, digunakan analisis SEM-EDX, sementara analisis XPS dan FTIR digunakan untuk menentukan unsur yang terikat dan gugus fungsi yang terbentuk pada permukaan penyangga. Reaksi hidrolisis enzimatis kemudian dilakukan dalam Rotating Bed Reactor (RBR) selama 1–10 jam dengan kecepatan rotasi 400, 500, dan 600 rpm untuk menghasilkan produk asam lemak.

Imobilisasi lipase ITB 1.2 sukses dilakukan pada material nikel foam, ZSM-5 dan CNF dengan modifikasi permukaan dan penambahan spacer arm memperoleh yield imobilisasi masing-masing sebesar 74,93% ; 91,86% dan 90,4%. Lipase amobil yang diaplikasikan pada reaksi hidrolisis dalam reaktor RBR memperoleh hasil maksimum yang digunakan pada masing-masing penyangga pada kecepatan rotasi 600 rpm merupakan nilai maksimum yang digunakan pada masing-masing penyangga.

Penyangga nikel foam menghasilkan konversi asam lemak sebesar 60%, sedangkan penyangga cellulose nanofiber dan ZSM-5 masing-masing menghasilkan konversi sebesar 63% dan 82% selama 9 jam reaksi. Analisis lanjutan menggunakan GC-MS perlu dilakukan untuk mengetahui komposisi asam lemak produk.

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI REAKTOR DAN KAJIAN TEKNOEKONOMI DALAM HIDROLISIS MINYAK SAWIT MENJADI ASAM LEMAK DAN GLISEROL MENGGUNAKAN ENZIM AMOBIL PADA TEMPERATUR DAN TEKANAN RENDAH

No. Kontrak :12B/IT1.B07.1/KP/2024

Yogi Wibisono Budhi, Akhmaloka, Elvi Restiawaty, Hafis Pratama Rendra Graha, Dian Ahmad Hapidin, Wilda Panjaitan, Ghusrina Prihandini

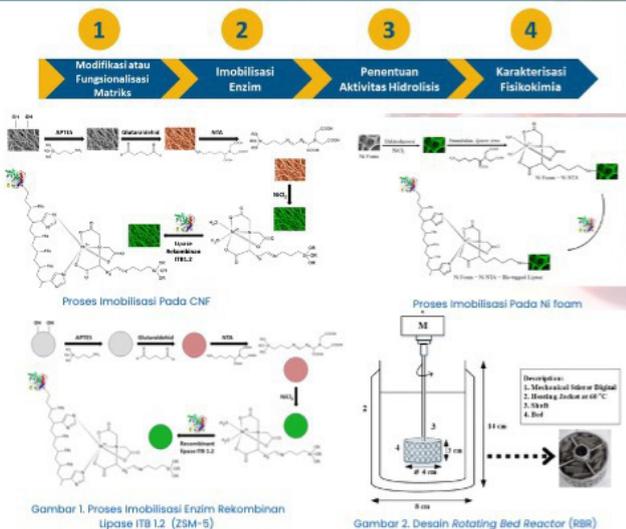
Pendahuluan

- Indonesia merupakan salah satu produsen utama asam lemak dunia dengan kapasitas produksi oleokimia dasar mencapai 4,55 juta ton.
- Proses hidrogenasi yang mengonversi minyak sawit menjadi bahan bakar diesel terkendala oleh tingginya konsumsi energi.
- Proses produksi asam lemak dari minyak nabati secara konvensional membutuhkan konsumsi energi yang tinggi. Alternatif proses melalui reaksi enzimatis membuka peluang baru untuk menghasilkan asam lemak sebagai prekursor biodiesel.
- Penelitian ini mengembangkan enzim thermostable ITB 1.2, metode imobilisasi, jenis penyangga enzim, dan bioreaktor unggun berputar.

Tujuan

Memproduksi enzim ITB 1.2, mengimobilisasi lipase, dan mengevaluasi aplikasinya dalam menghidrolisis minyak sawit menjadi asam lemak.

Metodologi

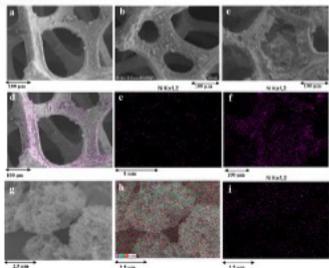


Gambar 1. Proses Imobilisasi Enzim Rekombinan Lipase ITB 1.2 (ZSM-5)

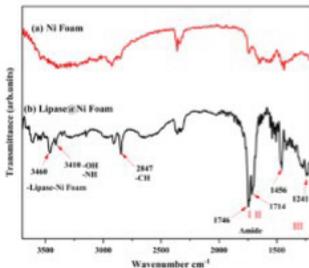
Gambar 2. Desain Rotating Bed Reactor (RBR)

Hasil

Hasil imobilisasi terbaik diperoleh menggunakan matriks Ni foam seperti yang ditunjukkan berdasarkan hasil pengamatan SEM dan FTIR.



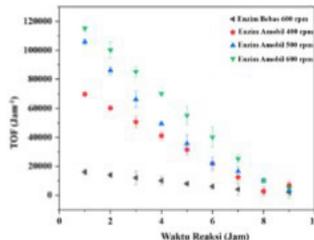
Gambar 3. SEM dari Ni foam yang dielektrodeposisi pada Berbagai Konsentrasi NiCl₂ (a) 0,05 M, (b) 0,075 M, dan (c) 0,1 M, Distribusi Nitrogen (d) 0,05 M, (e) 0,075 M, dan (f) 0,1 M, (g) Perbesaran 0,1 M, (h) Distribusi Komposisi Keseluruhan Elemen, (i) Distribusi Nitrogen Perbesaran Aglomerat.



Gambar 4. Spektre ATR dari Ni foam (a) dan Enzim Amobil Lipase (b)

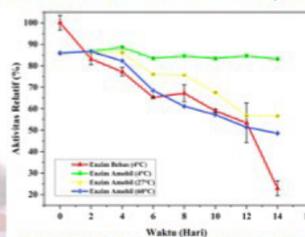
Semakin banyak nikel yang terdeposit, semakin tinggi komposisi karbon dan nitrogen (N) yang terikat pada permukaan matriks. Hasil menunjukkan komposisi Nitrogen masing-masing adalah 2,3%, 2,6%, dan 4,1% dari total massa.

Hasil



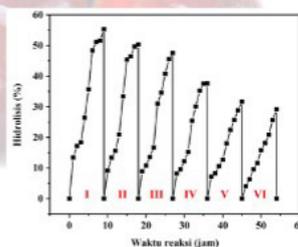
Gambar 7. TOF dari Biokatalis dalam hidrolisis Minyak Sawit

Enzim bebas mendapat shear stress yang sangat besar yang kemungkinan dapat merusak molekul enzim. Sementara, enzim yang diimobilisasi dengan Ni Foam dapat lebih stabil karena molekul enzim menempel atau melekat pada support hal tersebut diduga mengurangi shear stress secara signifikan yang dapat merusak molekul enzim.



Gambar 8. Stabilitas penyimpanan enzim lipase bebas dan amobil

Suhu 60°C, enzim mempertahankan aktivitasnya sebesar 85,40% dari aktivitas awal dan kehilangan sebesar 51,38% aktivitasnya setelah 12 hari



Gambar 9. Penggunaan Berulang

Enzim lipase amobil pada penelitian ini mampu mempertahankan 53,44% atau penurunan sebesar 46,56% dari aktivitas awal selama 6 siklus. Hal ini menunjukkan meskipun terjadi penurunan efisiensi, enzim imobilisasi masih cukup efektif setelah beberapa kali penggunaan ulang.

Kesimpulan

- Imobilisasi lipase ITB 1.2 ke dalam penyangga nikel foam, cellulose nanofiber, dan ZSM-5 dengan modifikasi permukaan berhasil dilakukan dengan tetap menjaga aktivitas enzim.
- Pengaruh konsentrasi NiCl₂ pada proses modifikasi permukaan penyangga memperluas surface area dengan penempelan nikel mencapai 61,66%.
- Perolehan asam lemak menggunakan rotating bed reactor memperoleh yield asam lemak dengan penyangga nikel foam, cellulose nanofiber, dan ZSM-5 masing-masing sebesar 60 %, 63%, dan 82%.

Terima Kasih

08

OPTIMALISASI PENGGUNAAN PALM ACID OIL (PAO) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL UNTUK INDUSTRI SAWIT DI INDONESIA

Peneliti: Nova Rachmadona, Irwan Kurnia, Iman Rahayu, Haryono, Ari Hardianto, Ahmad Zikri, Witta Kartika Restu, Agus Try Hartono, Radhitya Anugrah Herdiningrat

Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan palm acid oil (PAO), yang merupakan produk samping limbah cair pabrik kelapa sawit atau palm oil mill effluent (POME), sebagai bahan baku biodiesel. PAO memiliki kadar asam lemak bebas (FFA) yang sangat tinggi (>50%) dan kadar air yang tinggi (>10%). Tantangan utama dalam produksi biodiesel dari PAO adalah tingginya kadar FFA dan air, yang membutuhkan proses konversi dua tahap (esterifikasi dan transesterifikasi) pada metode konvensional, sehingga menjadi mahal dan kompleks.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan bioteknologi dengan bantuan enzim lipase sebagai biokatalis. Penggunaan enzim ini memungkinkan proses satu tahap yang lebih efisien, tidak membutuhkan suhu tinggi, dan mengurangi penggunaan bahan kimia seperti katalis asam atau basa. Pendekatan ini juga lebih ramah lingkungan dan hemat energi.

Langkah awal penelitian ini adalah mengidentifikasi parameter kunci dalam produksi biodiesel dari PAO. Beberapa parameter yang diuji meliputi rasio PAO dengan metanol, konsentrasi enzim, suhu, dan kecepatan pengadukan, menggunakan rancangan percobaan Box-Behnken Design. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses transesterifikasi agar biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar internasional seperti EN 14214 dan ASTM D6751, yang mensyaratkan angka asam biodiesel di bawah 0,40 mg KOH/g.

Hasil awal menunjukkan bahwa kenaikan rasio PAO terhadap alkohol secara signifikan mengurangi angka asam, kadar air, dan gliserol bebas dalam biodiesel. Pada

suhu optimal 40°C dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, biodiesel yang dihasilkan memiliki angka asam 1,4 mg KOH/g, mendekati spesifikasi yang dipersyaratkan. Namun, optimasi lebih lanjut masih diperlukan untuk mencapai angka asam yang lebih rendah. Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi enzim dapat menurunkan kandungan gliserol total.

Selain itu, penelitian ini juga melakukan skrining enzim lipase lokal, seperti dari *Bacillus subtilis* dan *E. coli* yang mengekspresikan lipase dari *Bacillus velezensis*. Hasilnya, aktivitas enzim lokal lebih rendah dibandingkan enzim komersial seperti Eversa Transform 2.0, yang menunjukkan aktivitas yang lebih baik dalam mengkonversi PAO menjadi biodiesel. Meskipun demikian, penelitian ini terus berupaya meningkatkan aktivitas enzim lokal melalui modifikasi proses dan kondisi reaksi.

Penelitian ini berencana mengembangkan proses produksi dalam skala lebih besar, dimulai dari laboratorium skala 5-liter dan ditingkatkan menjadi 50-liter pada tahap berikutnya. Pengembangan reaktor dan sistem pemurnian juga menjadi fokus, untuk memastikan biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar spesifikasi nasional dan internasional.

Secara keseluruhan, penelitian ini menawarkan solusi inovatif dan berkelanjutan untuk memanfaatkan limbah POME menjadi biodiesel. Berdasarkan target penggunaan B40 oleh pemerintah Indonesia, biodiesel dari PAO ini diharapkan dapat berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan energi terbarukan, sekaligus mengurangi dampak negatif limbah kelapa sawit terhadap lingkungan.



NOMOR KONTRAK: PRJ-66/DPKS/2023

OPTIMALISASI PENGGUNAAN PALM ACID OIL (PAO)

SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL UNTUK INDUSTRI SAWIT DI INDONESIA

30 ton Tandan Buah Sawit (TBS) menghasilkan

0,8 % **240 kg limbah PAO**

FFA >50%
Bilangan peroksida <5 meq/kg
Bilangan asam 172-197 mg KOH/g

Berpotensi menjadi alternatif bahan baku

1 Mengapa riset ini penting?

TANTANGAN PRODUKSI BIODIESEL

- Bahan baku >80% biaya produksi
- Harga katalis relatif mahal, sementara proses produksi menggunakan banyak tahapan

TUJUAN PENELITIAN
Mengembangkan solusi inovatif dalam mengolah limbah PAO menjadi biodiesel yang bernilai tambah, ramah lingkungan dan berkelanjutan

Kontribusi pada SDGs

7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY



15 LIFE ON LAND



Realisasi Mandatory Biodiesel



Target B40

2 Bagaimana prosesnya?

Karakterisasi



Metanol

Inkubasi 30 min

TRANSESTERIFIKASI

Katalis

Kondisi operasi optimum
t: 24 Jam
T: 40°C
Agitasi: 150 rpm

Crude Biodiesel

ESTERIFIKASI

Pemisahan

EVAPORASI

Air

3 Apa yang sudah kami capai?

Box-Behnken



Kenalkan rasio PAO alkohol berdampak besar pada penurunan gliserol bebas, sementara enzim dan volume air tidak

Kenalkan jumlah anzim berdampak besar pada penurunan gliserol total

Kenalkan rasio PAO alkohol juga berdampak besar pada penurunan kadar air, sedangkan volume air sebaliknya

Kenalkan rasio PAO alkohol juga berdampak besar pada penurunan kadar air, sedangkan volume air sebaliknya

Spesifikasi Biodiesel

Spekifikasi BSN Biodiesel No: 195/K/TK.05/04/2022

Gliserol total 0,14 %-massa

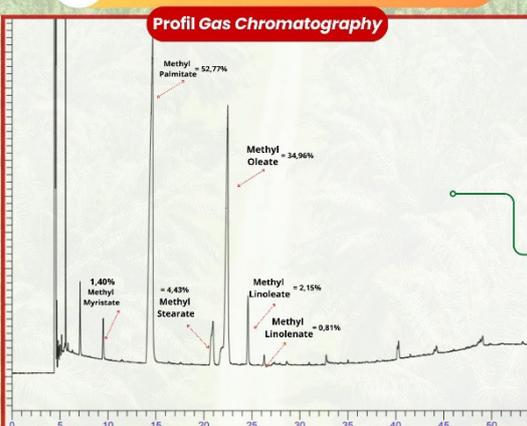
Gliserol bebas 0,019 %-massa

Angka asam bahan baku: 174

Angka asam 1,4 mg KOH/g

Kadar air 0,1 %-massa

Profil Gas Chromatography



Methyl Palmistate 52,77%

Methyl Oleate 34,96%

Methyl Linoleate 2,15%

Methyl Linolenate 0,81%

Methyl Myristate 1,40%

Methyl Stearate 4,43%

BIODIESEL



4 Kesimpulan

- Karakterisasi kromatografi gas menghasilkan profil biodiesel yang sesuai
- Melakukan *post-treatment* untuk menghasilkan biodiesel yang sesuai spesifikasi (gliserol bebas, gliserol total sudah memenuhi spesifikasi)
- Diperlukan optimasi proses *post-treatment* untuk meminimalkan angka asam



Tim Peneliti
Nova Rachmadona, Ph.D.
Prof. Dr. Iman Rahayu, M.Si.
Dr. Eng. Irwan Kurnia
Ari Hardianto, Ph.D.
Haryono, M.T.
Witta K. Restu, Ph.D.
Dr. Ika Rahmatul Layly
Ahmad Zikri, M.T.

Asisten Riset
Radhitya Anugrah H, S.TP
Agus T Hartono, S.TP., M.TP

Mitra
Musa Immanuel
Paiti Manurung S.Si.
(PT. Agrinial)

Korespondensi lebih lanjut
Email: n.rachmadona@unpad.ac.id

09

PRODUKSI BODIESEL DARI PFAD DENGAN TEKNOLOGI FINE BUBBLE

Peneliti: Dyah Wulandani, Y. Aris Purwanto, Soni Solistia Wirawan, Maharani Dewi Solikhah, dan Anto Tri Sugiarto

Biodiesel telah menjadi bahan bakar alternatif yang menjanjikan untuk substitusi minyak solar. Di antara komponen-komponen yang berkontribusi terhadap biaya produksi biodiesel, biaya bahan baku dianggap paling penting sekitar 75 – 90% dari total biaya operasi. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber daya lain yang memiliki harga lebih rendah dapat menekan biaya produksi biodiesel. Salah satunya dengan memanfaatkan bahan baku selain CPO, serta bahan baku dengan kandungan asam lemak tinggi, yaitu Palm Fatty Acid Distillate (PFAD).

Metode konvensional untuk menghasilkan biodiesel dari PFAD adalah dengan menggunakan katalis asam homogen seperti asam sulfat untuk reaksi esterifikasi, tetapi memerlukan biaya yang tinggi karena material dalam peralatan produksinya harus tahan korosi dan menimbulkan limbah yang perlu biaya pengolahan. Konversi non-katalitik asam lemak telah dikembangkan untuk mengatasi masalah di atas. Produksi biodiesel melalui proses non-katalitik dengan Superheated Methanol Vapour (SMV) menggunakan bubble column reactor telah dipelajari dan mampu dioperasikan pada tekanan atmosfer untuk memproduksi biodiesel, akan tetapi konversinya masih rendah. Peningkatan konversi dapat dilakukan dengan meningkatkan kontak area antara minyak dan uap methanol.

Tujuan umum dari riset ini adalah mengembangkan teknologi produksi biodiesel dari PFAD dengan bubble column reactor secara non-katalitik pada tekanan atmosferik dengan aplikasi fine bubble. Dalam penelitian ini, dilakukan aplikasi fine bubble dalam bubble column reactor karena ukuran bubble yang lebih kecil dapat meningkatkan luas kontak.

Penelitian dilaksanakan melalui desain nozzle fine bubble, analisis ukuran bubble, serta aplikasinya pada bubble column reactor. Selanjutnya akan dilakukan analisis kondisi operasi dan desain reaktor untuk proses esterifikasi non-katalitik atmosferik Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) untuk produksi biodiesel menggunakan fine bubble column reactor. Pada tahun pertama telah dihasilkan gambar desain nozzle fine bubble. Dalam menentukan performansi bubble metanol di dalam PFAD, maka dilakukan simulasi menggunakan CFD. Uji coba karakteristik PFAD telah dilakukan dan menghasilkan kadar air 0.08%, kadar FFA 83.61%, kadar kotoran 0.26%. Berdasarkan uji coba produksi biodiesel menggunakan bahan baku PFAD, diperoleh hasil biodiesel non-katalitik lebih jernih dibandingkan dengan metode katalitik.



NO. KONTRAK :
PRJ-67/DPKS/2023
33784/IT3/PT.01.03/P/B/2023



TEKNOLOGI PRODUKSI BODIESEL DARI PFAD DENGAN BUBBLE COLUMN REACTOR SECARA NON KATALITIK PADA TEKANAN ATMOSFERIK MELALUI APLIKASI FINE BUBBLE

PENELITI :

- Dr. Dyah Wulandani (HP. 08151871103)
- Prof. Dr. Y. Aris Purwanto
- Dr. Soni Solistia Wirawan
- Maharani Dewi Solikhah, ST., MSc.
- Dr. Anto Tri Sugiarto



PFAD



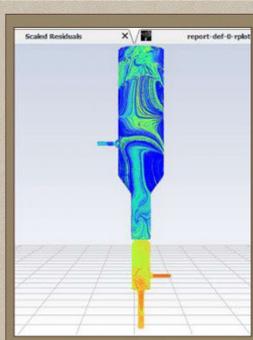
1. PFAD
2. Biodiesel dari PFAD -- Katalitik
3. Biodiesel dari PFAD -- Non-Katalitik

TUJUAN :

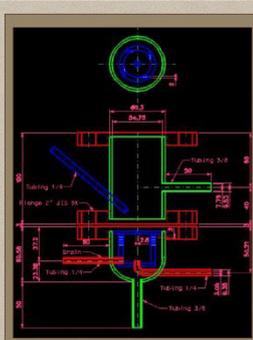
Mengembangkan teknologi produksi biodiesel dari PFAD dengan *bubble column reactor* secara non katalitik pada tekanan atmosferik dengan aplikasi *fine bubble*

CAPAIAN HASIL :

- Desain *nozzle fine bubble* untuk menghasilkan ukuran gelembung yang optimal
- Biodiesel dari *by product* minyak goreng yaitu *Palm Fatty Acid Destilate* (PFAD)



Simulasi CFD *Fine Bubble Nozzle*



Aplikasi *Fine Bubble Nozzle*



Reaktor Biodiesel *Bubble Column*

10

Studi dan Mitigasi Penggunaan B40 pada Kendaraan Teknologi Euro 4 di Indonesia

Peneliti: Iman Kartolaksiono Reksowardojo, Sri Hastuty, Hari Setiaprada, Maharani Dewi Solikhah, Byan Wahyu Riyandwita, Khairil Amri, Ihwan Haryono

Pemerintah Indonesia menerapkan kebijakan biodiesel B35 pada Februari 2023. Hasil uji B35 dan B40 tidak menunjukkan efek negatif pada kinerja kendaraan saat ini, namun pengujian belum fokus pada teknologi Euro 4 yang mulai beredar sejak April 2022. Kendaraan Euro 4 memiliki sistem canggih seperti exhaust after treatment dan bahan bakar tekanan tinggi, berbeda dari Euro 2. Oleh karena itu, karakteristik B35 yang ditetapkan melalui Keputusan Dirjen Migas perlu dikaji lebih lanjut untuk memastikan implementasi B35/40 berjalan optimal pada kendaraan Euro 4 ke atas.

Kajian kami sebelumnya menunjukkan biodiesel B30 menjadi bahan bakar yang menjanjikan untuk menekan emisi gas buang sesuai dengan standar Euro 4. Tetapi, pada kajian tersebut, bahan bakar B0 yang digunakan sesuai dengan standar Euro 4 dan B100 nya menggunakan standar EN 14214. Berbagai riset melaporkan pemanfaatan biodiesel diatas 20% terkait dengan isu durability pada berbagai komponen engine Euro 4. Gaikindo juga menyatakan perlunya perhatian terhadap pemakaian B35/40 dengan pertimbangan spesifikasinya yang tidak sesuai untuk Euro 4 (Pengusaha Otomotif Bingung RI 'Tancap Gas' Terapkan B, Ada Apa Nih? (detik.com)). Sehingga kajian yang lebih detail untuk melihat pengaruh penggunaan B35, dengan karakteristik bahan bakar yang ditetapkan pada PerDirjen No.185.K/HK.02/DJM/2022, atau B40, yang akan ditetapkan dalam waktu dekat, harus dikaji pengaruhnya terhadap komponen inti kendaraan teknologi Euro 4 atau teknologi Euro 5 terutama pada sistem Exhaust after treatment, EGR, turbo charge, sistem common rail, tanki, saluran dan filter bahan bakar.

Studi ini akan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh pemakaian B40 terhadap kendaraan heavy duty Euro 4 atau Euro 5. Kendaraan heavy duty dipilih dengan

pertimbangan melengkapi kajian kendaraan light duty oleh JAMA pada 2022-2024, serta jenis heavy duty memiliki populasi lebih besar dibandingkan light duty di Indonesia dengan kondisi operasionalnya juga lebih ekstrim. Tujuannya adalah mengetahui pengaruh B40 terhadap kinerja engine dan komponennya, dan mengkaji mekanisme degradasi komponen Euro 4 atau Euro 5 untuk sistem bahan bakar dan exhaust after treatment jenis Selective Catalytic Reduction (SCR). Pada kajian ini, eksperimen dan pemodelan baik properties bahan bakar maupun degradasi komponen juga akan dilaksanakan untuk memprediksi properties ideal campuran biodiesel diatas 40% untuk teknologi Euro 4 ke atas. Properties bahan bakar yang akan dikaji akan diformulasikan berdasarkan hasil survey lapangan untuk karakteristik yang telah menimbulkan permasalahan dilapangan sampai dengan Tahun 2023.

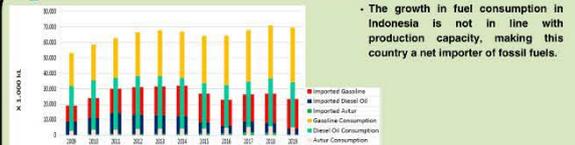
Studi ini akan dilaksanakan dalam dua tahapan waktu untuk menghasilkan kajian yang komprehensif tersebut. Tahun pertama meliputi mitigasi penggunaan B35/B40 terhadap Kendaraan heavy duty Euro 4 atau Euro 5. Tahun kedua akan fokus pada evaluasi jangka panjang B40 berdasarkan hasil mitigasi pada tahun pertama melalui pengujian durability selama 1000 jam atau durasi lainnya yang akan disepakati bersama dengan prinsipal engine. Hasil studi ini diharapkan dapat menghasilkan hasil yang detail dan komprehensif dari pemakaian B35/B40 terhadap kendaraan Euro 4 atau Euro 5 khususnya pengaruh terhadap sistem SCR. Selanjutnya, rekomendasi teknis baik untuk properties bahan bakar maupun komponen/material kendaraan Euro 4 atau Euro 5 juga diharapkan akan menjadi rujukan bagi industri bahan bakar dan otomotif dalam negeri.

Study and Mitigation of Biodiesel B40 Applications in Euro 4 Vehicle



Researcher Team:

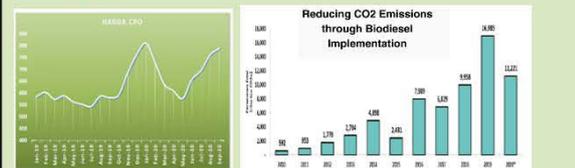
01 Background



The growth in fuel consumption in Indonesia is not in line with production capacity, making this country a net importer of fossil fuels.

CPO production at 2019:
42.8 Millions Ton

- PP No. 79 of 2014 determines the national energy mix with a target of at least 23% new and renewable energy mix.
- Using biofuels can impact energy security and economic and environmental impacts.
- The use of biofuel can stabilize CPO prices.
- Reducing subsidized fuel oil will significantly save the country's foreign exchange.



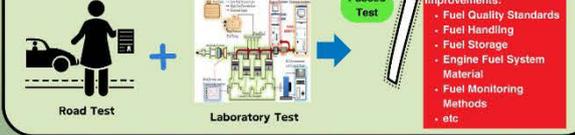
- Biofuels are part of national energy diversification, regulated in Minister of Energy and Mineral Resources Decree No.295.K/EK.01/LEM.E/2020 and Director General Regulation No.3.K/EK.05/DJ/E/2023.
- Starting February 1, 2023, biodiesel blending must be carried out at a percentage of 35% by these regulations.



02 Studi Pemakaian Biodiesel di Indonesia

Comprehensive Study B20, B30, B35, B40

- The fuel study was carried out using the Road Test and Laboratory Test methods.
- Parameters to be considered include power, fuel quality, emissions & FE, engine components, cold startability, lubricants, etc.

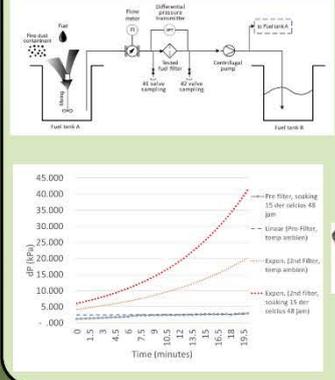


03 Research Objective

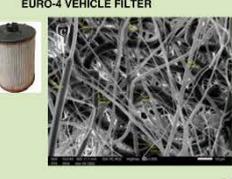
- Examining the effect of B40 on fuel system components and exhaust systems after treatment of Euro4 heavy-duty engines.
- Study of detailed mechanisms for reducing the quality of fuel system components and exhaust system after treatment.
- Produce recommendations as mitigation for the application of B40 on Euro4 engines.

04 Methodology

Fuel Filter Analysis

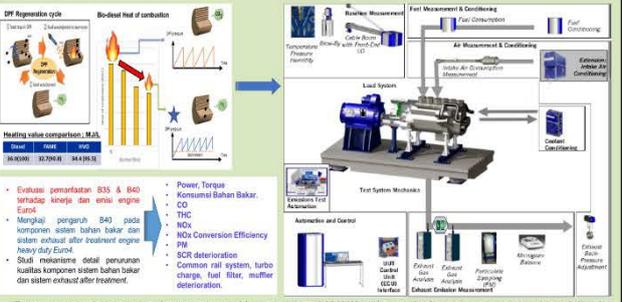


- Testing performance (Pre & main filter) using B40 Solar 48, B40 Dextite & B40 Pertadex fuel
- Calculating particle retention capacity (filter life) on Euro-4 vehicles using B40 fuel
- Testing by cutting 9 cm diameter filter paper
- Referring to Japanese standard D1617:1998 (Vora et al. 2020)
- Measuring pressure difference (dP) and Iso Cleanliness after and before entering filter paper
- Using JIS Z8901 Kanto Loam Test Dust Class 8 standard contaminants



04 Methodology

Advance Engine Technology Test



- Evaluasi pemanfaatan B35 & B40 terhadap kinerja dan emisi engine Euro4
- Mengaji pengaruh B40 pada komponen sistem bahan bakar dan sistem exhaust after treatment engine heavy duty Euro4
- Studi mekanisme detail penurunan kualitas komponen sistem bahan bakar dan sistem exhaust after treatment.
- Power, Torque, Konsumsi Bahan Bakar, CO, THC
- NOx Conversion Efficiency, PM, SCR deterioration
- Common rail system, turbo charge, fuel filter, muffler deterioration.

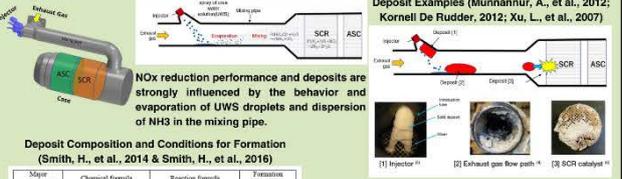
- Tests were carried out on a dynamometer with a capacity of 430kW and an emissions measurement system following Euro4 regulations.
- The durability testing cycle approaches field operations with many variations in acceleration and deceleration and a total time of 13 minutes.

Fuel System Component Evaluation

- Elastomer Compatibility Analysis:**
 - The dynamic immersion method with a temperature of 40C for 1000 hours was used to test the compatibility of elastomers in the fuel system.
 - Testing is done by cutting elastomer specimens to specific sizes to measure mass, volume, and hardness changes.
 - Analysis of changes in elastomer surface morphology was carried out using SEM tests, while fuel quality testing was also carried out.

- Metal Compatibility Analysis:**
 - The metal corrosion test was carried out with ASTM G31 at a temperature of 40°C for 2160 hours with a test solution volume of 0.20 mL/mm².
 - Coupons are duplicated (3 pcs) for each test solution (test fuel) and the weight loss that occurs is calculated.

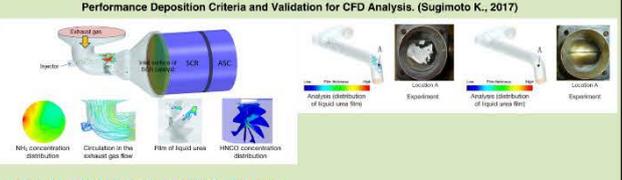
After Treatment Simulation



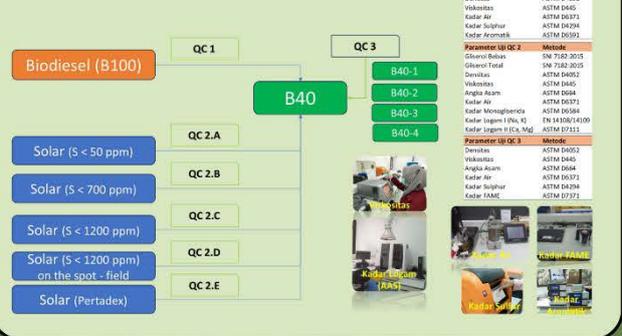
NOx reduction performance and deposits are strongly influenced by the behavior and evaporation of UWS droplets and dispersion of NH3 in the mixing pipe.

Deposit Composition and Conditions for Formation (Smith, H., et al., 2014 & Smith, H., et al., 2016)

Major component	Chemical formula	Reaction formula	Formation temperature
Solid area	H_2O	Three water solution → solid area + water	130°C or less
Isant	HNO_3	$HNO_3 + urea \rightarrow isant$	170 to 190°C
Cyanic acid	$HNCO$	$2HNCO \rightarrow cyanic acid$	190°C or above



Analysis of Characteristics of Fuels



Parameter Uji QC 1	Metode
Densitas	ASTM D4052
Viskositas	ASTM D445
Kadar Air	ASTM D1524
Kadar Sulfur	ASTM D4294
Kadar Asam	ASTM D9731

Parameter Uji QC 2	Metode
Glebow Bulbas	SN 7182 3015
Glebow Total	SN 7182 3020
Densitas	ASTM D4052
Viskositas	ASTM D445
Angka Asam	ASTM D664
Kadar Air	ASTM D1524
Kadar Nonmetana	ASTM D9364
Kadar Logam (Pb, Cu)	EN 14100/14100
Kadar Logam (Fe, Ni, Mg)	ASTM D7111

Parameter Uji QC 3	Metode
Densitas	ASTM D4052
Viskositas	ASTM D445
Angka Asam	ASTM D664
Kadar Air	ASTM D1524
Kadar Sulfur	ASTM D4294
Kadar TAME	ASTM D7371

05 Expected Outcomes

- The effect of B40 on heavy-duty engine components: Exhaust after treatment, EGR, turbocharge, common rail system, tank, fuel lines, and filters.
- Understand the process of degradation of heavy-duty engine components and its mitigation.
- Produce recommendations for necessary improvements in B40 implementation.

11

UJI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR B40 UNTUK MESIN DIESEL PADA SEKTOR NON OTOMOTIF

Peneliti: Dr. Cahyo Setyo Wibowo

Saat ini mandatori penggunaan BBN telah mencapai pencampuran minimal biodiesel sebesar 35% atau B35 yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri ESDM No.295.K/EK.01/MEM.E/2022 dan juga dalam Keputusan Menteri ESDM No.1.K/EK.01/MEM.E/2023. Peningkatan pemanfaatan biodiesel menjadi 40% (B40) menjadi salah satu program prioritas untuk mencapai target bauran penggunaan 23% Energi Baru Terbarukan di tahun 2025 dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Peningkatan persentase campuran biodiesel tersebut membutuhkan kesiapan dari seluruh pemangku kepentingan. Untuk sektor transportasi darat, saat ini telah dilakukan uji jalan (road test) B40 pada beberapa tipe dan merk kendaraan. Selain sektor transportasi darat, masih banyak sektor pengguna bahan bakar lainnya yang membutuhkan pengujian teknis penggunaan bahan bakar B40 untuk mengetahui pengaruh peningkatan campuran biodiesel 40% dalam minyak solar.

Dengan karakteristik jenis mesin, kondisi lingkungan yang bersifat khusus, dan manajemen pengelolaan bahan bakar yang berbeda dibandingkan dengan sektor otomotif, maka dibutuhkan penelitian yang dirancang secara spesifik sesuai kebutuhan pada ke-5 sektor yang menjadi fokus penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) dan dikoordinatori oleh Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) Kementerian ESDM dengan tim pelaksana Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi (BBPMGB) LEMIGAS. BBPMGB LEMIGAS bekerjasama dengan pemangku kepentingan yang terkait pada 5 sektor ini, yaitu PT Pertamina (Persero) sebagai penyedia bahan bakar B0, Asosiasi Produsen Biofuels Indonesia (APROBI) sebagai penyedia bahan bakar B100, Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Mekanisasi Pertanian (BBPSI MEKTAN), PT Yanmar Diesel Indonesia, PT Kubota Indonesia, PT Tri Ratna Diesel, PT Pamapersada Nusantara, PT Trakindo Utama, PT

Komatsu Indonesia, PT Altrak 1978, PT Kereta Api Indonesia (Persero), dan PT PLN (Persero).

Sektor yang menjadi fokus pada uji penggunaan B40 ini adalah sektor non otomotif meliputi :

1. Sektor alat mesin pertanian (alsintan) : a. Merit rating komponen mesin diesel penggerak traktor dan pompa air; b. Uji kinerja terbatas pada engine test bench; c. Uji performance dan uji lapang traktor roda dua dan traktor roda empat; d. Uji cold startability mesin diesel penggerak traktor.
2. Sektor alat berat pertambangan : a. Uji kinerja terbatas; b. Uji stabilitas penyimpanan bahan bakar; c. Uji kompatibilitas material; d. Uji filter clogging test rig.
3. Sektor angkutan laut: a. Filter clogging test rig .
4. Sektor kereta api : a. Uji kinerja terbatas secara statis dan uji ketahanan mesin genset secara dinamis dengan rute Jakarta-Yogyakarta; b. Pengujian pada lokomotif pada rangkaian kereta api barang dengan rute Jakarta-Surabaya.
5. Sektor pembangkit : a. Uji kinerja terbatas; b. Uji startability genset gedung.

Uji penggunaan B40 ini merupakan pengujian teknis yang dilakukan untuk memperoleh data teknis dan rekomendasi karakteristik bahan bakar minyak solar (B0), biodiesel (B100), B40, pelumas baru (new oil) dan pelumas bekas (used oil) yang digunakan pada pelaksanaan uji penggunaan B40. Selain itu juga mendapatkan data kinerja mesin, kompatibilitas material, serta sistem filtrasi bahan bakar pada masing- masing sektor terhadap penggunaan B40. Data yang akan diperoleh akan disusun dalam instruksi kerja teknis penanganan dan penyimpanan bahan bakar B40 serta rekomendasi teknis terkait penerapan B40 pada masing-masing sektor non otomotif bagi para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan terkait kebijakan B40.

UJI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR B40 UNTUK MESIN DIESEL PADA SEKTOR NON OTOMOTIF

Nomor Kontrak: PRJ-02/DPKS/2024

LATAR BELAKANG

Palm Oil for Renewable Energy

In an effort to cut down its fuel import effectively, Indonesia plans to develop green fuels. Developing from palm oil is the option.

Keberhasilan Pengujian Teknis Pemanfaatan Biodiesel di Indonesia

Rail Test B20 2018
Uji Jalan B30 2019
Uji Terap B30 2020
Uji Jalan B40 2022
Uji B40 Sektor Non Otomotif 2024 (On Progress)

RUANG LINGKUP DAN LUARAN

B40 = 60%B0+40%B100*

*: spesifikasi usulan kontrak bioenergi

- Sektor Alsintan
- Sektor Alat Berat Pertambangan
- Sektor Angkutan Laut
- Sektor Kereta Api
- Sektor Pembangkit

Rekomendasi Teknis dan Perumusan Kebijakan

Kolaborasi Aktivitas Stakeholder

Koordinator: Ditjen EBTK

Pendaananaan: BDPKPS

Supporting Bahan Bakar: PT Pertamina (Persero), APROBI

Supporting Teknis dan Kapakanan: Ditjen Minerba, Ditjen Gatrik, Kemenhub, Kemenperin, HINABI, PAABI, ASDP, INSA, Komtek, dan Akademisi

Pelaksana Uji: BBPMGB LEMIGAS, Ditjen Migas

Sektor Angkutan Laut: PT Altrax 1978

Sektor Kereta Api: PT Kereta Api Indonesia

Sektor Pembangkit: PT PLN (Persero), PT PLN Indonesia Power, PT PLN Nusantara Power

Sektor Alat Berat: PT Purnaprasada Nusantara, PT Ingrido Utama

Penyusunan Juknis: BIRN

Pelaksanaan kegiatan ini melibatkan seluruh stakeholder dari instansi pemerintah, industri, akademisi, praktisi, maupun asosiasi

PELAKSANAAN UJI PENGGUNAAN B40 SEKTOR NON OTOMOTIF

Sektor Alat Mesin Pertanian	Sektor Alat Berat Pertambangan	Sektor Angkutan Laut	Sektor Kereta Api	Sektor Pembangkit
Merit Rating Komponen Mesin	Uji Kinerja Mesin	Uji Filter Rig	Merit Rating Komponen Mesin	Uji Kinerja Mesin Genset Gedung
Uji Kinerja Mesin	Uji Kompatibilitas Material	Uji Kestabilan Penyimpanan	Uji Kinerja dan Ketahanan Genset Kereta Api	Uji Kinerja Mesin Pembangkit
Uji Ketahanan Mesin 1.000 jam	Uji Filter Rig	Uji Lokomotif Kereta Api	Uji ROT Filter Rig	Uji Filter Rig
Uji Cold Startability 6 Bulan	Uji Filter Rig	Penyusunan Instruksi Kerja Teknis Penggunaan B40 Sektor Angkutan Laut	Uji Kompatibilitas Material	Uji Startability Genset Gedung
Penyusunan Instruksi Kerja Teknis Penggunaan B40 Sektor Alsintan	Penyusunan Instruksi Kerja Teknis Penggunaan B40 Sektor Alat Berat dan Pertambangan	Penyusunan Instruksi Kerja Teknis Penggunaan B40 Sektor Angkutan Laut	Penyusunan Instruksi Kerja Teknis Penggunaan B40 Sektor Kereta Api	Penyusunan Instruksi Kerja Teknis Penggunaan B40 Sektor Pembangkit

TIMELINE PELAKSANAAN UJI PENGGUNAAN B40 SEKTOR NON OTOMOTIF

Contact Person Ketua Periset:
Dr. Cahyo Setyo Wibowo
 No. Kontak : +62 817-9190-074
 Email : cahyoswibowo@gmail.com

UJI B40 NON OTOMOTIF

Kick Off Meeting Uji Penggunaan B40 28 Maret 2024

Start Pengujian Sektor Pembangkit 20 Mei 2024

Start Pengujian Sektor Kereta Api 3 Juli 2024

Start Pengujian Sektor Alat Berat dan Pertambangan 30 Mei 2024

Start Pengujian Sektor Angkutan Laut 11 Juli 2024

Sesuai Desember 2024





Biomaterial

12

OPTIMALISASI TEKNOLOGI FRAKSIONASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SKALA PILOT

Peneliti: Krisna Septiningrum; Azka Azkiya C, Nur Aini Merdekawati, M. Iman Fauzi, Adityo Fajar Nugroho, Suharman, Ronny Purwadi, MTAP Kresnowati, CB. Rasrendra

Salah satu industri hulu yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah industri pengolahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi prekursor glukosa, xilosa dan lignin. Hal ini juga didorong oleh ketersediaan TKKS di Indonesia yang melimpah namun pemanfaatannya yang belum optimal dan besarnya potensi pasar produk turunan dari glukosa, xilosa dan lignin. Teknologi pengolahan TKKS menjadi glukosa hingga skala bench TRL 5) dengan konsumsi enzim rendah (10-20 FPU/g selulosa), konsumsi NaOH rendah (0,1 – 0,2 kg NaOH/kg TKKS kering), yield glukosa yang tinggi (90% terhadap yield teoritis), dan konsentrasi glukosa yang tinggi (170 g/L), serta desain optimum reaktor pre-treatment dan hidrolisis enzimatis yang dapat digunakan pada operasional solid loading di atas 15% telah dilakukan oleh ITB dan Rekind. Untuk meningkatkan tingkat kesiapan teknologi teknologi pengolahan TKKS menjadi glukosa ataupun teknologi biorefinery terintegrasi hingga tingkat kesiapan teknologi level 8 (delapan), maka pengujian dan optimasi pada skala pilot perlu dilakukan.

Untuk melakukan hal tersebut maka dibangun fasilitas pilot plant dengan kapasitas 125 kg TKKS basah/batch dan bersifat multi-purpose. Fasilitas ini digunakan untuk uji coba teknologi pengolahan TKKS menjadi glukosa/xilosa/lignin maupun glukosa-xilosa-lignin terintegrasi. Pelaksanaan kegiatan yaitu pembuatan fasilitas bangunan, perancangan fasilitas pilot plant (engineering design), pembuatan pilot plant, commissioning, optimasi teknologi fraksinasi, dan pembuatan engineering package untuk skala komersial. Kegiatan optimasi teknologi dibagi menjadi 4 (paket) paket pekerjaan, yaitu: Paket A. Verifikasi teknologi produksi glukosa dengan kondisi operasi skala lab, Paket B. Optimasi teknologi produksi glukosa tahap pre-treatment, Paket C. Optimasi teknologi produksi glukosa pada tahap hidrolisis dengan tujuan untuk menurunkan konsumsi enzim, serta Paket D. Verifikasi teknologi terintegrasi (untuk produksi glukosa, xilosa dan lignin).

Perbesaran skala reaktor pre-treatment dari skala lab ke skala bengkel dan skala pilot memiliki efek terhadap mass and heat transfer sehingga loss selulosa, loss hemiselulosa, dan loss lignin akan berbeda meski kondisi proses yang digunakan sama. Semakin tinggi nilai loss lignin yang dihasilkan pada pre-treatment, maka penetrasi enzim pada proses hidrolisis semakin baik, sehingga reaksi hidrolisis akan menjadi lebih efektif. Namun, untuk loss selulosa dan hemiselulosa, semakin sedikit loss yang dihasilkan dari proses pre-treatment semakin dikehendaki, karena akan memberikan yield gula yang lebih tinggi pada proses hidrolisis. Semakin ekstrim kondisi pre-treatment yang digunakan, maka loss lignin dan loss gula menjadi semakin tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu ditemukan titik optimal antara loss lignin dengan loss selulosa dan hemiselulosa, sehingga penetrasi enzim dapat berjalan dengan baik, disertai dengan loss gula yang rendah.

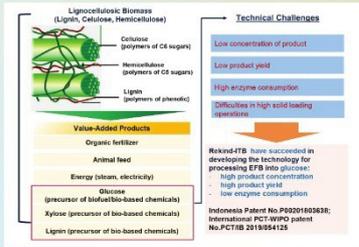
Hasil uji pre-treatment pada skala pilot menunjukkan loss lignin sebesar 66%-79% dengan kondisi operasi $S/L=1/10 - 1/4$, $T=160^{\circ}\text{C}$, dan $t=20$ min. Nilai loss lignin yang dihasilkan pada skala pilot ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan loss lignin yang diperoleh pada skala lab dengan kondisi optimal $S/L=1/10$, $T=160^{\circ}\text{C}$, dan $t=20$ min, yaitu sebesar 70%. Sedangkan untuk loss selulosa dan loss hemiselulosa, hasil uji pre-treatment pada skala pilot ($S/L=1/10 - 1/4$, $T=160^{\circ}\text{C}$, dan $t=20$ min) menunjukkan hasil yaitu masing-masing sebesar 35%-46% dan 57%-80%. Nilai ini lebih besar jika dibandingkan dari kondisi hasil skala lab pada kondisi optimalnya ($S/L=1/10$, $T=160^{\circ}\text{C}$, dan $t=20$ min), yaitu sebesar 20% untuk loss selulosa dan 45% untuk loss hemiselulosa. Perbedaan loss lignin, selulosa dan hemiselulosa kemungkinan disebabkan oleh perbedaan mass and heat transfer antara reaktor skala lab dan skala pilot, yang disebabkan adanya perubahan skala. Untuk selanjutnya perlu dilakukan optimasi teknologi untuk mendapatkan kondisi optimal pada skala pilot.

OPTIMALISASI TEKNOLOGI FRAKSIONASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SKALA PILOT

Ketua Periset : Krisna Septiningrum (0812-2264-6564)

PENDAHULUAN

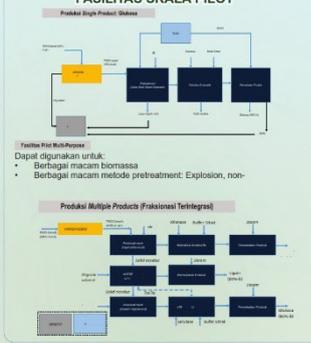
TUJUAN DAN SASARAN



TAHAP I	
TUJUAN	SASARAN
Konversi TKKS menjadi Glukosa skala pilot Membangun fasilitas skala pilot	Fasilitas Konversi TKKS Skala Pilot Basic dan Detailed Engineering Design

TAHAP II	
TUJUAN	SASARAN
Konversi TKKS menjadi Glukosa skala pilot Verifikasi dan optimasi teknologi	Fasilitas Konversi TKKS Skala Pilot Penguji teknologi
Teknologi Produksi Glukosa, Xilosa dan Lignin Terintegrasi Verifikasi teknologi fraksionasi TKKS menjadi glukosa-xilosa-lignin terintegrasi pada skala pilot.	Teknologi produksi glukosa, xilosa, dan lignin terintegrasi Parameter kinerja dan kondisi proses

PROCESS FLOW DIAGRAM FASILITAS SKALA PILOT



ROADMAP PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PEMBUATAN PREKURSOR



FASILITAS FRAKSIONASI TKKS SKALA PILOT



OVERVIEW TAHAPAN KEGIATAN



LUARAN KEGIATAN



RANCANGAN UJI COBA SKALA PILOT

Paket A. Verifikasi teknologi produksi glukosa dengan kondisi operasi skala lab

Kode Run	Pre-treatment	Kode Run	Metode
G1	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)	G1A	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)

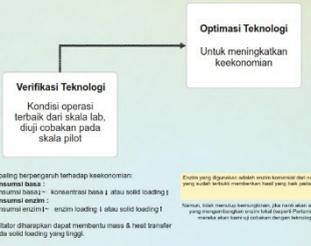
Paket B. Optimasi teknologi produksi glukosa tahap pretreatment

Kode Run	Pre-treatment	Kode Run	Metode
G1	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)	G1A	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)

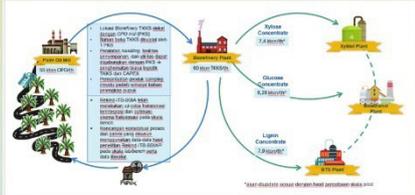
Paket C. Optimasi teknologi produksi glukosa tahap hidrolisis dengan tujuan untuk menurunkan konsumsi energi

Kode Run	Pre-treatment	Kode Run	Metode
G1	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)	G1A	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)

METODOLOGI UJI COBA SKALA PILOT



SKEMA BIOREFINERY TKKS MENJADI PREKURSOR



KAJIAN AWAL KELAYAKAN EKONOMI BIOREFINERY TKKS

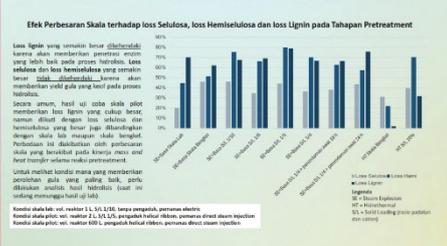
Basis Perhitungan Keekonomian		Distribusi Biaya Operasi (OPEX)		Distribusi Biaya Equipment (CAPEX)	
Plant Capacity	60,000 ton EFB dan 60,000 ton (Biomassa)	Utilities	15%	Equipment	15%
Capital Expenditure	482 million USD	Raw Material	15%	Construction	15%
Operating Expenditure	5.3 million USD/y	Energy	15%	Other	15%
Production Capacity	Glucose 90kL/y, Xylitol 6.3k ton/y, Lignin 100k ton/y, POME 60k ton/y, FFB 60k ton/y	Personnel	15%	Other	15%
Payback Cost	40M USD/ton	Other	15%		
Payback Period	4.0M USD/ton				

RANCANGAN UJI COBA SKALA PILOT

Paket D. Verifikasi teknologi integrasi untuk produksi glukosa, xilosa dan lignin

Kode Run	Pre-treatment	Kode Run	Metode
G1	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)	G1A	1. Steam (120°C, 10 min), 2. H ₂ O ₂ (10%, 10 min), 3. H ₂ O (100°C, 10 min)

HASIL UJI COBA SKALA PILOT



KESIMPULAN

Fasilitas Fraksionasi TKKS skala Pilot telah selesai dibangun. Saat ini sedang dilakukan uji coba teknologi fraksionasi TKKS dengan progres uji coba telah mencapai 49,3% pada tanggal 20 September 2024. Uji coba diharapkan akan selesai pada bulan November 2024.

Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Agro

Jl. Ir. H. Juanda No. 11, RT. 04/02, Paledang, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor 16122

www.bbja.go.id | 0812 1390 0044 | (0251) 8324 068 | cabi@bbja.go.id | bbja_kemenperin

13

PENGEMBANGAN PROSES PRODUKSI OLEOKIMIA SUKROSA ESTER BERBAHAN METIL ESTER SAWIT DAN APLIKASINYA PADA PRODUK PERSONAL CARE, KOSMETIKA DAN CLEANING

Peneliti: Prof. Erliza Hambali, dkk

Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan produksi mencapai sekitar 58 juta ton pada tahun 2023 (Ditjenbun, 2024). Sebagian besar produk diekspor dalam bentuk CPO, refined oil, dan oleokimia. Namun, riset terkait teknologi proses oleokimia sangat dibutuhkan agar nilai tambah minyak sawit dapat lebih dimanfaatkan di dalam negeri. Salah satu produk oleokimia yang menjanjikan adalah sukrosa ester, yang berpotensi digunakan dalam produk personal care seperti losion, krim, dan sabun tanah.

Penelitian pada tahun pertama telah berhasil menemukan jenis dan konsentrasi katalis terbaik (K_2CO_3) untuk sintesis sukrosa ester, serta telah dikembangkan formulasi produk losion, krim, dan sabun tanah berbasis sukrosa ester. Pada tahun kedua, penelitian berfokus pada purifikasi sukrosa ester, scale up produksi, dan analisis kinerja serta kepuasan konsumen terhadap produk tersebut. Selain itu, juga dilakukan studi kelayakan finansial untuk mendirikan industri sukrosa ester.

Metode riset yang digunakan meliputi proses pemurnian menggunakan pelarut isobutanol dan etil asetat, serta scale up produksi dari 2 L/batch menjadi 20 L/batch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemurnian dengan isobutanol tidak efisien karena produk sukrosa ester tercampur dengan katalis, sehingga sulit dipisahkan. Selain itu, hasil rendemen hanya sekitar 20-25%, dengan penurunan stabilitas busa dan emulsi.

Pada proses penggandaan skala, digunakan dua jenis pengaduk, yaitu turbine dan propeller. Pengaduk turbine menghasilkan sukrosa ester palmitat dan stearat dengan nilai tegangan permukaan yang lebih baik dan stabilitas busa lebih tinggi dibandingkan dengan pengaduk

anchor. Proses produksi personal care dilakukan dengan skala 20 kg menggunakan homogenizer IKA T56 basic ULTRA TURRAX pada kecepatan 6.000 rpm. Berdasarkan metode CPI-AHP, lama pengadukan terbaik adalah 10 menit.

Dalam aspek pemasaran, strategi digital marketing difokuskan pada platform Instagram dan TikTok yang memiliki jangkauan luas dan target audiens yang tepat. Konten promosi didukung oleh AI untuk optimalisasi strategi pemasaran produk personal care.

Hasil studi kelayakan finansial menunjukkan bahwa industri sukrosa ester berbasis metil ester laurat, palmitat, dan stearat dengan kapasitas 20 ton/hari layak untuk didirikan. Dengan CapEx sebesar Rp 53,7 miliar dan OpEx bervariasi antara Rp 5,5 hingga 9,6 miliar, proyek ini menghasilkan NPV antara Rp 44,5 hingga 53,0 miliar, IRR antara 21% hingga 23%, serta Payback Period (PBP) sekitar 5,1 hingga 5,7 tahun. Profitability Index (PI) proyek ini juga cukup tinggi, berkisar antara 2,5 hingga 2,7.

Penelitian ini menunjukkan potensi besar sukrosa ester dalam industri personal care dan memberikan gambaran jelas tentang langkah-langkah yang perlu diambil dalam skala industri, mulai dari proses pemurnian hingga strategi pemasaran produk.

Pengembangan Proses Produksi Oleokimia Sukrosa Ester Berbahan Metil Ester Sawit dan Aplikasinya pada Produk Personal Care, Kosmetika dan Cleaning

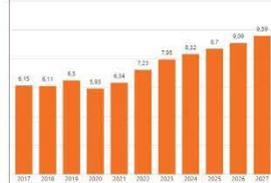
LATAR BELAKANG



PKS masih mengekspor dalam bentuk CPO sebesar 26 juta ton dari 48 juta ton total produksi
Source : Simanjuntak 2024

Fatty Acid Metyl Ester (FAME) merupakan turunan kelapa sawit yang potensial untuk peningkatan nilai CPO sebagai sukrosa ester (surfaktan) yang cocok digunakan sebagai bahan kosmetik dan personal care

Perkiraan Pendapatan Produk Perawatan Diri dan Kecantikan di Indonesia (2014-2027)



Pasar beauty dan personal care diperkirakan akan tumbuh setiap tahun sebesar 5,81% (CAGR) atau tingkat pertumbuhan per tahun dari 2022-2027.

Source : Statista 2024

SUKROSA ESTER

Sukrosa ester adalah surfaktan berbahan dasar asam lemak dari kelapa sawit. Sukrosa ester memiliki keunggulan yaitu memiliki sifat emulsifier yang sangat baik, tidak menyebabkan iritasi pada kulit, bersifat biodegradable, dan dapat digunakan dalam bentuk bubuk atau granular.

Sukrosa ester memiliki nilai hydrophilic-lipophylic balance (HLB) 15-17. Surfaktan dengan nilai HLB tinggi cenderung larut dalam air dan cocok digunakan sebagai co-surfactant pada lotion, krim, dan sabun tanah yang termasuk produk dengan emulsi oil in water (O/W).

SCALE UP SUKROSA ESTER

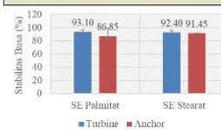
STIRRED TANK REACTOR



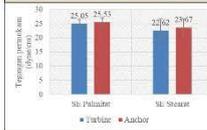
RENDEMEN



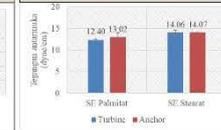
STABILITAS BUSA



TEGANGAN PERMUKAAN



TEGANGAN ANTARMUKA



Sukrosa ester palmitat maupun stearat yang dibuat menggunakan jenis pengaduk turbine menunjukkan performa yang lebih baik. Jenis pengaduk pitched blade turbine menghasilkan pola aliran aksial yang dominan dan sedikit pola aliran radial juga tangensial.

SCALE UP PRODUK PERSONAL CARE

MESIN HOMOGENIZER

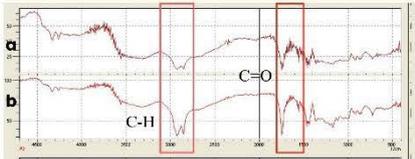


Parameter	Loslon	Krim	SNI 16-4399-1996
pH	8,16	6,86	4,5-8,0
Bobot Jenis (gr/cm ³)	0,9957	0,9958	0,95-1,05
Viskositas 25°C (cp)	2.919	7.308	2.000-50.000
Cemaran mikroba Angka lempeng total (koloni/g)	0	0	Maks 10 ²

Parameter	Sabun tanah	SNI 16-4399-1996
pH	7,42	4,5-10,0
Bobot Jenis (gr/cm ³)	0,9969	1,01-1,1
Viskositas 25°C (cp)	1265	400-4.000
Bahan tidak larut dalam etanol (%)	0,25	Maks 0,5
Total bahan aktif (%)	29,4	Min 10
Asam lemak bebas (%)	2,5	Maks 1
Cemaran mikroba Angka lempeng total (koloni/g)	0	Maks 10 ³

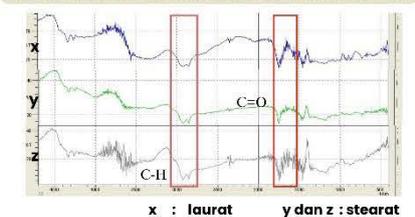
PURIFIKASI

HASIL ANALISIS FTIR SUKROSA PALMITAT SEBELUM DAN SESUDAH DIMURNIKAN



Hasil analisis logam kalium
S
Sebelum: 1305 mg/Kg b.b
sesudah: 1602 mg/Kg b.b

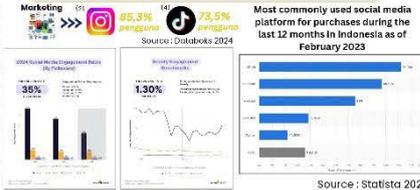
HASIL ANALISIS FTIR SUKROSA LAURAT DAN STEARAT



x : laurat y dan z : stearat

DIGITAL MARKETING

DESIGN DIGITAL MARKETING



ANALISIS STP

GEOGRAFI
Seluruh Indonesia

DEMOGRAFI
• Umur: 20-48 tahun
• Jenis kelamin: Pria dan wanita
• Pendidikan: menengah dan menengah ke atas

PSIKOGRAFI
• Konsumen yang lebih peduli terhadap produk yang komposisi naturalnya lebih banyak atau konsumen yang mulai meninggalkan produk berbasis minyak bumi

Targeting
• Konsumen pengguna produk personal care yang aman dan natural
• Konsumen dengan kulit yang sensitif
• Konsumen yang peduli terhadap keberlanjutan dan ramah lingkungan

Positioning
• Natural and Gentle: Meneankan penggunaan bahan-bahan alami, bebas dari bahan kimia berbahaya seperti SLS
• Sustainable & Eco-friendly: berkelanjutan dan ramah lingkungan

DESIGN PRODUCT



ANALISIS INSTAGRAM DAN TIKTOK

@lief.indonesia
INSIGHT
• ACCOUNTS REACHED: 2.343
• FOLLOWERS: 265
• IMPRESSIONS: 2.823
• Follower growth: +361 (likes) / +237 (comments) / +7 (shares)• PROFILE ACTIVITY: 226 (last 30 days)• Profil visit: 4,2%

@lief.indonesia
INSIGHT
• FOLLOWERS INSIGHT: 80% Male, 20% Female
• by age: 18-24 (37,5%), 25-34 (31,3%), 35-44 (18,8%), 45-54 (6,9%)
• IMPRESSIONS: Last 30 days Total Followers 107, Total Viewers 4.827, Total Likes 184, Profil Visit 40
• ENGAGEMENT: 4,2%

ANALISIS FINANSIAL

CapEx	OpEx	NPV	IRR	PBP	PI
Rp. 53,72 Milyar	Rp. 5,48 – 9,55 Milyar	Rp. 44,49 – 53,04 Milyar	21,35 – 23,47%	5,14 – 5,67	2,49 – 2,73

Hasil analisis kelayakan finansial industri sukrosa ester berbahan baku metil ester laurat, palmitate dan stearat pada kapasitas 20 ton/hari menunjukkan layak untuk didirikan.

PENELITI
Prof. Dr. Erliza Hambali, Dr. Rini Purnawati, MSi, Dr. Mira Rivai, STP, MSI, Ir. Bayu Rusmananda, Rista Fritia, STP, Ari Inam Sutanto, STP, MSI

14

PRODUKSI SKALA PILOT LITHIUM GREASE MULTIFUNGSI BERBAHAN BAKU MINYAK KOTOR (MIKO) / CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MIKROGELOMBANG DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR

Peneliti: Dr. Mohammad Khotib, S.Si., M.Si dan Tim Peneliti

Minyak gemuk litium (lithium grease) adalah pelumas yang menggunakan sabun litium sebagai pengental. Minyak gemuk ini memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap tekanan, suhu tinggi, serta stabilitas termal yang baik. Menurut data BPS 2018, kebutuhan minyak gemuk di Indonesia mencapai 30 ribu ton per tahun, dengan sektor otomotif dan industri menyerap kebutuhan terbesar senilai 44 juta dolar AS. Pasokan minyak gemuk sebagian besar berasal dari impor, terutama dari Cina, yang merupakan produsen terbesar dunia berdasarkan survei NLGI 2020, dengan 70% pemakaian berupa minyak gemuk litium. Komponen utama minyak gemuk terdiri dari minyak dasar, pengental, dan aditif, yang umumnya berbahan dasar minyak mineral atau petroleum. Penelitian penggunaan minyak nabati, seperti minyak sawit, untuk bio-pelumas telah dilakukan. Beberapa bahan seperti RBDPO, PFAD, PKO, dan CPO dimodifikasi menjadi minyak dasar dan pengental, dengan konversi menghasilkan produk seperti diester, triester, oligoester, dan osteloid. Minyak gemuk berbasis sawit dibuat dengan pengental kalsium dan aluminium melalui pemanasan konvensional pada suhu 160-180°C dalam waktu 3-6 jam.

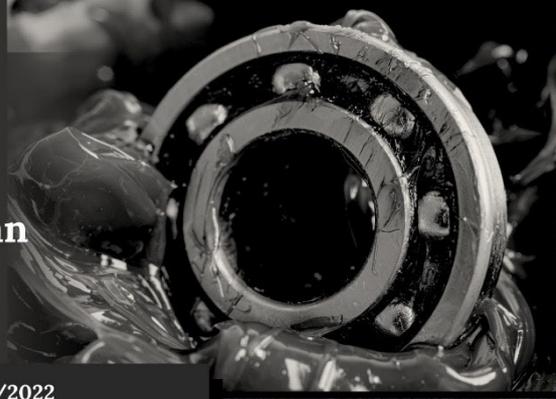
Penelitian baru diusulkan untuk memanfaatkan minyak kotor (MIKO) atau Palm Acid Oil (PAO), yang merupakan hasil sampingan proses penyulingan kelapa sawit dengan kandungan FFA hingga 90%, sebagai bahan baku minyak dasar, pengental, dan aditif dalam minyak gemuk litium dengan teknik mikrogelombang yang dapat mempercepat waktu produksi. Penelitian ini bertujuan meningkatkan nilai tambah MIKO dan mendukung ekonomi sirkular, dengan tahapan penelitian berupa (1) desain dan pembuatan reaktor mikrogelombang skala 50 liter, (2) pembuatan minyak dasar dari MIKO melalui

konversi menjadi oligoester berbantuan reaktor mikrogelombang, (3) pembuatan sabun litium, (4) pembuatan aditif pemodifikasi friksi dari MIKO melalui amidasi, (5) pembuatan anti korosi melalui pembentukan heterosiklik, (6) optimasi formula "lithium grease" dengan response surface method, (7) uji kinerja sebagai minyak gemuk, (8) uji coba produk di industri, dan (9) kajian kelayakan secara teknik dan ekonomi dalam rangka komersialisasi produk.

Parameter uji untuk produk minyak gemuk didasarkan pada SNI, mencakup beberapa aspek seperti penetrasi (NLGI), titik leleh (dropping point), pencucian air (water washout), pemisahan minyak (oil separation), perlindungan terhadap karat (rust protection), uji keausan bola empat (4-four ball wear), dan uji beban ekstrem bola empat (4-four ball EP). Penetrasi atau konsistensi minyak gemuk diukur menggunakan One Quarter Scale Cone Equipment, yang menunjukkan tingkat kekerasan produk. Penggolongan penetrasi diatur oleh NLGI, di mana nilai NLGI yang lebih kecil menandakan minyak gemuk yang lebih lunak. Selain itu, parameter dropping point menunjukkan suhu di mana minyak gemuk mulai mencair, yang berguna untuk kontrol kualitas dan identifikasi minyak gemuk. Berdasarkan hasil pengujian kualitas, produk termasuk dalam kategori NLGI 0, NLGI 1, dan NLGI 1-2 dengan dropping point berkisar antara 54 °C hingga 146 °C. Dari analisis ekonomi, bisnis minyak gemuk litium dinilai layak dijalankan. Pertumbuhan industri yang terus meningkat setiap tahun menciptakan peluang untuk ekspansi pasar, sekaligus mendukung program pemerintah dalam membangun ekonomi sirkular melalui penggunaan biogrease di Indonesia.

Inovasi Grease

Produksi Skala Pilot Lithium Grease Multifungsi Berbahan Baku MIKO & CPO Menggunakan Microwave Dalam Rangka Mewujudkan Ekonomi Sirkuler



NOMOR KONTRAK : PRJ-342/DPKS/2022

Pendahuluan

Lithium grease merupakan salah satu pelumas penting dalam industri otomotif dan manufaktur, biasanya memerlukan bahan baku yang mahal dan proses yang memakan energi. Namun, inovasi dalam penggunaan minyak kotor (MIKO) dan Crude Palm Oil (CPO) sebagai bahan baku alternatif memberikan peluang untuk menciptakan produk yang lebih ramah lingkungan dan efisien secara biaya. Dalam skala pilot ini, teknologi microwave digunakan untuk mempercepat proses pembuatan grease melalui metode saponifikasi. Penggunaan gelombang microwave tidak hanya mempercepat waktu reaksi, tetapi juga memungkinkan penghematan energi yang signifikan, sekaligus menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih konsisten.



Tujuan dan Metode

Mengembangkan produk lithium grease berkualitas tinggi dari bahan baku MIKO dan CPO, serta menciptakan proses yang efisien menggunakan teknologi microwave, mendukung keberlanjutan industri, dan memanfaatkan limbah secara optimal dalam rangka membangun ekonomi sirkular.



Capaian Hasil

1. Desain Microwave

2. Prototipe NLGI 1, NLGI 2, dan NLGI 3

3. Aplikasi Grease

PT. KAWAT ENAMEL INDONESIA

PT. BUMI SAWINDO PERMAI

Jurnal

Characteristics	NLGI 1	NLGI 2	NLGI 3
Penetration (unworked), @ 25 °C (mm/10)	185	108	94
Penetration (worked), @ 25 °C (mm/10)	369	326	308
NLGI	0	1	1 dan 2
Dropping Point (°C)	54	142	146
Color Visual	Dark grey	Dark grey	Dark grey
Wear Scar Dia. (Four Ball) (mm)	0.3	0.33	0.72
Welding Point (kg)	160	160	160
Copper Strip Corrosion at 100 °C, 24 h	1a	1a	1b
Rust Preventing	Pass	Pass	Pass
LMF	25.586	28290	33.274
Last Non Seizure	40	40	40

Kesimpulan

Produksi lithium grease dari bahan baku MIKO dan CPO menggunakan teknologi microwave tidak hanya menghasilkan produk berkualitas tinggi, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan limbah dan mendukung ekonomi sirkular. Riset ini menunjukkan potensi besar dalam memanfaatkan sumber daya secara efisien dan berkelanjutan, serta menciptakan solusi inovatif untuk industri pelumas.

15

ESTERIFIKASI KATALITIK GLISEROL DAN GONDURUKEM UNTUK PRODUKSI BAHAN CAMPURAN MARKAH JALAN DAN PEREKAT

Peneliti: Dr. Aqsha, Dr. Tjokorde Walmiki Samadhi, Dr. Winny Wulandari, Dr. Yohanes Andre Situmorang

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang kaya dengan berbagai bahan alam termasuk pohon pinus yang dapat menghasilkan getah yang merupakan bahan baku terpentin dan gondorukem. Gondorukem adalah salah satu komoditas ekspor di Indonesia dan produksi tahunannya dapat mencapai lebih dari 60 ribu ton (80% di ekspor). Gondorukem (gum resin) dapat digunakan sebagai bahan perekat untuk berbagai industry. Namun gondorukem memiliki kestabilan yang rendah dan cenderung teroksidasi sehingga mengurangi sifat perekatannya. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi pada senyawa gondorukem sehingga dapat dicapai kestabilan yang lebih baik. Pada penelitian ini, gliserol (hasil samping produksi biodiesel) digunakan sebagai reaktan untuk menjenuhkan ikatan jenuh gondorukem. Gliserol digunakan dalam reaksi esterifikasi gondorukem dengan menggunakan katalis pada kondisi tertentu. Beberapa jenis analisa dan karakterisasi seperti pengukuran angka asam, titrasi Karl-Fischer, densitas, kejernihan, titik lunak dan kestabilan oksidasi akan dilakukan untuk mengukur kualitas bahan baku dan produk yang dihasilkan. Sedangkan untuk katalis, karakterisasi luas permukaan, jenis pori dan sebagainya akan dilakukan menggunakan beberapa instrument seperti BET, XRD, TPR, TPD dan sebagainya. Setelah produk gondorukem yang stabil didapatkan, produk kemudian digunakan sebagai campuran bahan pembuatan markah jalan yang selanjutnya di formulasikan dan diaplikasikan pada jalan aspal. Dari hasil formulasi, pembuatan dan aplikasi produk cat termoplastik markah jalan, diperoleh hasil yang masih di bawah standar produk komersil tipe AASHTO M249-79 di tahap pertama. Walaupun persentase setiap bahan telah memenuhi standar, namun

saat pemasakan campuran di suhu 200-250oC, fluiditas produk yang dikembangkan tidak sebaik dengan produk komersil sehingga aplikasi pengecatan menggunakan alat standar pengecatan markah jalan tidak dapat dilakukan. Pada tahap kedua, berbagai formulasi dicobakan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Hasil pengecatan dibandingkan dengan jenis cat komersil dan dapat terlihat bahwa daya rekat dan kualitas warna yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir sama.

Sebagai hasil dari penelitian, uji coba marka jalan di atas aspal dan bioaspal pertama kali dilaksanakan pada tanggal 11 Oktober 2023 di jalan aspal dalam kampus ITB Jatiningor. Pada uji tersebut, dilakukan 3 kali pengecatan menggunakan 3 jenis resin yang berbeda, yaitu gondorukem, gum rosin ester (GRE), dan pentaerythritol ester (PERE). Total masing-masing campuran yang digunakan adalah $\pm 5 - 10$ kg ($\pm 5-10$ meter garis marka jalan putus-putus). Dari ketiga resin itu, yang memiliki karakteristik mirip dengan cat termoplastik putih adalah resin jenis PERE. Uji coba marka jalan di atas aspal yang kedua kali dilaksanakan pada tanggal 28 November 2023 di jalan aspal dalam kampus ITB Jatiningor menggunakan jasa dari tim spesialis bagian pengecatan marka jalan dari PT Hakaaston dan juga dihadiri oleh perwakilan dari PT Perhutani. Pada uji coba yang kedua, dilakukan pengecatan menggunakan resin jenis PERE. Total campuran yang digunakan adalah 20 kg ($\pm 15 - 18$ meter garis marka jalan lurus).. Selanjutnya, pengujian trial material marka sebanyak 2 ton dilakukan di ruas Bakauheni - Terbanggi Besar KM 125-126 (1 km) pada tanggal 10 September dan memberikan hasil yang cukup memuaskan.



PEKAN RISET SAWIT INDONESIA 2024 (Nusa Dua, Bali, 3-4 Oktober 2024)



PRODUKSI BAHAN MARKAH JALAN DAN PEREKAT DARI GONDORUKEM & GLISEROL

(PRODUCTION OF ROAD MARKING MATERIALS AND ADHESIVE FROM GONDORUKEM & GLYCEROL)

Aqsha, T. Walmiki S., W.Wulandari, A. Situmorang, Mardiah, A. Indarto, G. Widada

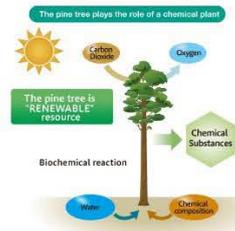
LATAR BELAKANG

Gondorukem/Gum Rosin (resina colophonium) adalah hasil olahan dari getah batang tusam (Pinus).

Getah batang tusam disuling untuk menghasilkan terpenin dan sisa hasil distilasi berupa **Gondorukem**.

Pada proyek penelitian dan pengembangan produk ini, **ITB bersama Perhutani dan Hakaaston**, mencoba untuk membuat produk cat markah jalan berbahan baku gondorukem dan gliserol, berdasarkan kondisi sbb:

- Kebijakan Pemerintah untuk hilirisasi Industri
- Potensi Gondorukem Indonesia mencapai >90 ribu ton/tahun
- Produksi biodiesel yang terus meningkat, menghasilkan gliserol yang melimpah
- Ekonomi Hijau, Isu Lingkungan dan bahan baku berkelanjutan
- Potensi kebutuhan Road Marking Indonesia (ribuan ton)
- Kebijakan TKDN (antara lain : Instruksi Presiden No 2 Tahun 2009 UU No 3 Tahun 2014 , Perpres No 16 Tahun 2018, PP No 29 Tahun 2018)
- Peluang adanya sinergi BUMN (Perhutani & Hakaaston)



METODOLOGI & EKSPERIMEN



Parameter	Nilai
Temperatur	200-300 °C
Tekanan	Atmosferik
Massa Gondorukem	80 gram
Massa Gliserol	10-20 gram
Gondorukem/Gliserol	2:1
Katalis	Zeolit based
Gas N ₂	25 ml/menit



TES LAPANGAN & JALAN TOL



HASIL EKSPERIMEN



Contact :
Dr. Ir. Aqsha ST, EIT, MSc, PhD
aqsha@itb.ac.id
+62 813 888 70350

**INTELLECTUAL
PROPERTY
PROTECTED**



Teknik Bioenergi dan Kemurgi
Institut Teknologi Bandung
No.1, Gedung Labtek IIA
Kampus ITB Jatininggar
Sumedang, Jawa Barat 45363
www.itb.ac.id

Kerjasama antara ITB, Perhutani, dan Hakaaston

16

OPTIMASI KOMPOSISI SUBSTRAT FERMENTASI BERBASIS LIMBAH BIOMASSA TANAMAN KELAPA SAWIT UNTUK MEMPRODUKSI BIOMASSA MISELIUM SEBAGAI PRODUK BIOMATERIAL (CATALYTIC ESTERIFICATION OF GLYCEROL AND GONDURUKEM FOR THE PRODUCTION OF ROAD MARKING AND ADHESIVE MIXTURES)

Peneliti: Prof. Dr. Pingkan Aditiawati, Prof. Ir Tirta Prakoso, Dr. Rudi Dungani, Maya Fitriyanti, Ph.D., Neil Priharto, Ph. D., Dzulianur Mutsa, M.T.

Sebagai bahan lignoselulosa padat dengan sifat fisikokimia yang baik, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menawarkan peluang untuk dikembangkan menjadi produk bernilai tambah. Salah satu inovasi menarik adalah pemanfaatan TKKS sebagai substrat dalam pembuatan kulit miselium, bahan ramah lingkungan yang dapat menggantikan kulit hewan. Kulit miselium ini dihasilkan melalui pertumbuhan jamur penghasil miselium kuat, seperti *Ganoderma lucidum* dan *Pleurotus ostreatus*, yang membentuk struktur serupa kulit dengan ketahanan baik. Penelitian ini diawali dengan menyiapkan medium untuk inokulum dari campuran TKKS, serbuk kayu, tepung tapioka, pollard gandum, CaCO_3 , dan air suling, yang disterilisasi, diinokulasi kultur jamur, dan diinkubasi selama dua minggu. Inokulum bubuk kemudian diinokulasikan pada substrat campuran TKKS, serbuk kayu, tepung tapioka, pollard gandum, dan air suling, yang juga disterilisasi dua kali untuk mendegradasi lignin. Substrat diinkubasi pada suhu 25° dalam kondisi gelap selama dua minggu untuk memungkinkan pertumbuhan miselium. Setelah itu, substrat dibentuk menjadi lembaran atau blok, dan diinkubasi lebih lanjut selama 3–4 minggu untuk memperkuat struktur miselium.

Uji tarik dan scanning electron microscope (SEM) dilakukan sebelum miselium diproses menjadi bahan kulit. Lapisan miselium yang dipanen disterilisasi dengan cara direbus pada suhu 45° selama 15 menit, kemudian plastisasi dilakukan menggunakan larutan gliserol 15% untuk memberikan fleksibilitas, diikuti proses pengeringan dalam oven pada suhu 45° selama 6 jam. Untuk memperkuat dan meningkatkan kualitas permukaan, kulit

miselium diperkuat dengan kain tencel sebelum finishing dilakukan.

Beberapa aspek produksi masih memerlukan optimasi, terutama komposisi TKKS dalam substrat. Penelitian ini mengevaluasi variasi konsentrasi TKKS (10%, 20%, 30%, 40%) untuk menentukan kondisi optimal. Hasil menunjukkan konsentrasi di atas 20% meningkatkan risiko kontaminasi dan menghambat pertumbuhan jamur karena lignin tinggi. Selain itu, tahap plastisasi juga memerlukan optimasi lebih lanjut, dengan berbagai konsentrasi gliserol (15% dan 30%) dan durasi perendaman (2, 6, dan 12 jam) diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap elastisitas. Optimasi juga diperlukan pada proses finishing, terutama pengaturan suhu pada hot pressing, untuk menghasilkan permukaan kulit yang halus dan estetik.

Ganoderma lucidum berhasil menghasilkan lembaran miselium berkualitas, sedangkan *Pleurotus ostreatus* memerlukan pengembangan lebih lanjut karena lebih baik ditumbuhkan dalam fase cair. *Ganoderma lucidum* menunjukkan potensi besar berkat kemampuannya membentuk lapisan miselium padat dan seragam, sementara *Pleurotus ostreatus* menghadapi tantangan dalam adaptasi terhadap substrat TKKS, yang memerlukan modifikasi substrat atau kondisi inkubasi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mendukung pertumbuhan optimal *Pleurotus ostreatus*.

Optimasi Komposisi Substrat Fermentasi Berbasis Limbah Biomassa Tanaman Kelapa Sawit Untuk Memproduksi Biomassa Miselium Sebagai Produk Biomaterial

No Kontrak: PRJ-347/DPKS/2022
 Prof. Dr. Pingkan Aditiawati*, Prof. Ir Tirto Prakoso, Dr. Rudi Dungani, Maya Fitriyanti, Ph.D., Neil Priharto, Ph. D.,
 Dzulianur Mutsla, M.T.
 PIC: pingkan@itb.ac.id

Latar Belakang

Gambar 1. Mycelium leather sebagai biomaterial (Sumber: Mycotech Lab)

- ✓ Alternatif Kulit Hewan
- ✓ Ramah Lingkungan
- ✓ Produksi Cepat

Media pertumbuhan

Gambar 2. Serbuk berbagai macam kayu

✗ Produk tidak stabil

Gambar 3. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

✓ Menghasilkan produk yang stabil.

Tujuan Penelitian

Tahun I
 Memproduksi *mycelium leather* (MyLea) dari TKKS dengan dua jenis jamur;

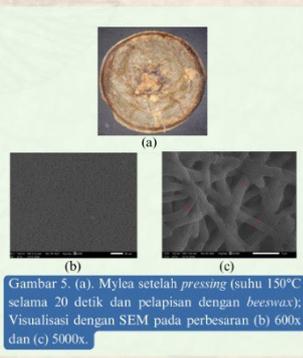
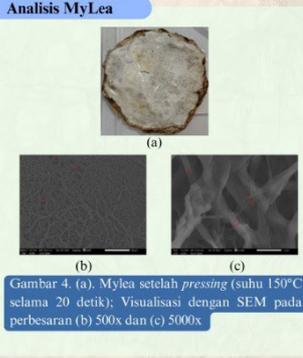
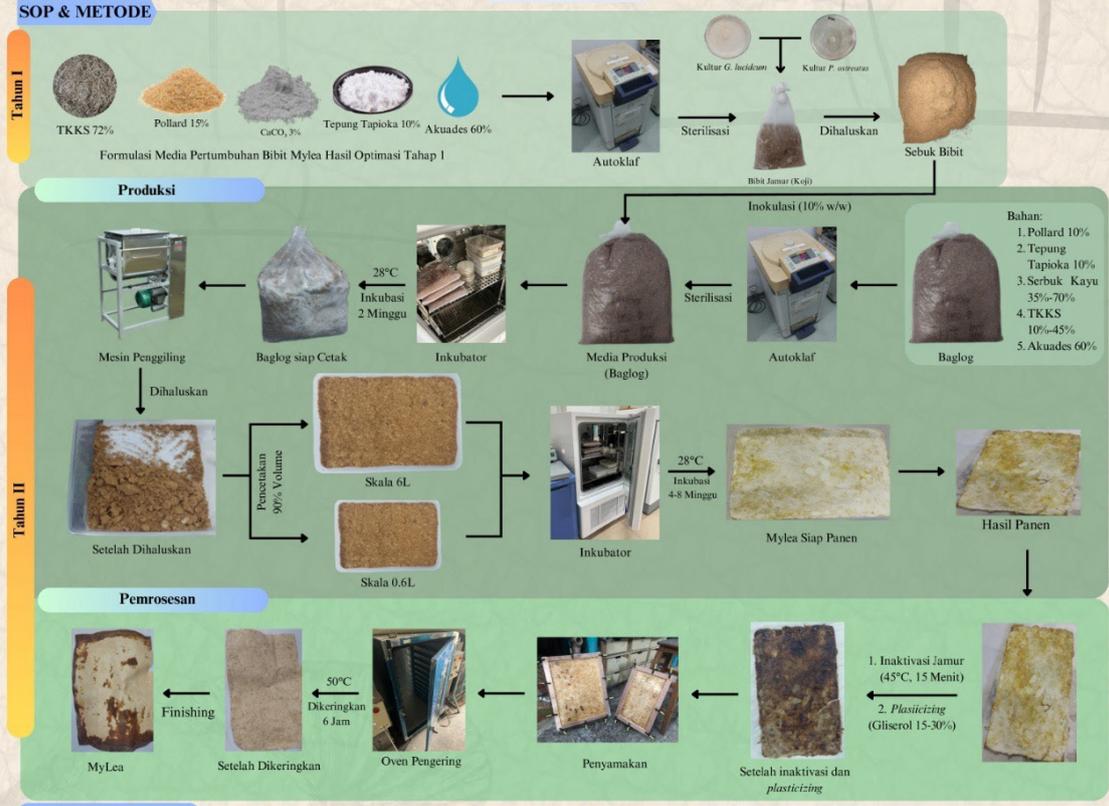
1. Menentukan formula medium untuk produksi Mylea.
2. Menyeleksi kandidat jamur untuk produksi MyLea

Tahun II
 Optimasi produksi *mycelium leather* (MyLea) dari substrat TKKS menggunakan jamur terpilih pada skala masal.

Target luaran

1. Fomulasi produksi biomaterial berbasis jamur
2. Prototipe produk MyLea

Capaian Hasil



17

PENGEMBANGAN KOMPOSIT CAMPURAN (HYBRID) SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DAN GLASS YANG DIPERKUAT POLIESTER UNTUK APLIKASI PLAFON RUMAH

Peneliti: Ahmad, S.T., M.T., Ph.D.

Plafon Komposit TKKS Glass merupakan diversifikasi produk pemanfaatan TKKS dalam bentuk serat lignoselulosa yang telah dihasilkan pada penelitian ini. Karya inovasi plafon komposit TKKS Glass yang didanai BDPKKS membuktikan secara ilmiah bahwa penambahan serat TKKS pada polimer (biokomposit) dengan konsentrasi optimum dapat meningkatkan kekuatan mekanis lebih tinggi dari plafon yang biasa digunakan di struktur sipil seperti tripleks, gipsum, asbes dan PVC sehingga TKKS dapat ditingkatkan nilai tambahnya karena selama ini banyak diolah secara tradisional hanya menjadi pupuk kompos di perkebunan kelapa sawit. Serabut sawit yang setiap tahunnya menghasilkan perhektar sebanyak ±23,3 ton limbah sawit sangat berpeluang untuk bisa dimanfaatkan sebagian untuk produk plafon TKKS Glass yang dapat mendukung kebijakan industri Indonesia yang telah merumuskan strategi di bidang riset material maju nasional yang sampai pada produk scale up industri untuk kemandirian teknologi hilir dan bahan baku.

Penelitian komposit hybrid Serat TKKS Glass dengan menggunakan dua metode pembuatan ini yakni metode pres dan vakum dapat membuktikan bahwa dengan metode pres mampu meningkatkan nilai kekuatan mekanik seperti kekuatan tarik, lentur dan dampak dibandingkan dengan metode vakum. Dari segi estetika memperlihatkan pula metode pres menghasilkan permukaan yang sangat rata dibanding metode vakum yang menghasilkan permukaan yang tidak rata (bergelombang). Serat TKKS yang dihybrid dengan serat glass dengan komposisi 40% : 60% resin mampu meningkatkan kekuatan mekanik seperti kekuatan tarik, lentur dan dampak setelah dilakukan 2 perlakuan yaitu uji immersion (perendaman) dan uji Pemanasan.

Prototipe plafon komposit serat TKKS Glass yang dihasilkan berupa lembaran plafon dengan ukuran 100 x 50 x 4 cm. Dengan kadar air dan minyak serat TKKS yang digunakan setelah dibersihkan dengan NaOH kemudian dikeringkan masing-masing 6.06% dan 1.44%. dari sebelumnya 40% kadar air dan 3% kadar minyaknya. Untuk lebih sempurnanya hasil yang dicapai diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan serat TKKS yang lebih teratur untuk meratakan nilai kekuatan mekanik permillimeternya.



PROGRAM GRANT RISET SAWIT
BRIN BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
BLU BUREAU OF LAND USE

Tim Riset
 Ahmad, S.T., M.T., Ph.D. PNUP (Ketua)
 (082291995575)
 Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D. (PNUP)
 Rusdi Nur, SST, M.T., Ph.D. (PNUP)
 Dr. Dwi Gustiono, S.Si, M.Eng (BRIN)
 Ir. Seto Roseno B, Eng (Hon), M.Sc. (BRIN)
 Drs. Saetul Rahman, M.T. (BRIN)

PENGEMBANGAN KOMPOSIT CAMPURAN (HYBRID) SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DAN GLASS YANG DIPERKUAT POLIESTER UNTUK APLIKASI PLAFON

Grant Riset Sawit No. Kontrak : PRJ-69 /DPKS 2023

Pendahuluan

Plafon Komposit TKKS Glass merupakan diversifikasi produk pemanfaatan TKKS dalam bentuk serat lignoselulosa yang telah dihasilkan pada penelitian ini. Karya inovasi plafon komposit TKKS Glass yang didanai BPD PKS membuktikan secara ilmiah bahwa penambahan serat TKKS pada polimer (biokomposit) dengan konsentrasi optimum dapat meningkatkan kekuatan mekanis lebih tinggi dari plafon yang biasa digunakan di struktur sipil seperti tripleks, gipsium, asbes dan PVC sehingga TKKS dapat ditingkatkan nilai tambahnya karena selama ini banyak diolah secara tradisional hanya menjadi pupuk kompos di perkebunan kelapa sawit serabut sawit yang setiap tahunnya menghasilkan perhektar sebanyak ±23,3 ton limbah sawit sangat berpeluang untuk bisa dimanfaatkan sebagian untuk produk plafon TKKS Glass yang dapat mendukung kebijakan industri Indonesia yang telah merumuskan strategi di bidang riset material maju nasional yang sampai pada produk scale up industri untuk kemandirian teknologi hilir dan bahan baku.



Gambar 1. Pengambilan serat dari TKKS (a), Prototipe alat pembuatan panel komposit dengan metode penekanan (b) dan plafon panel komposit hasil cetak (c)

Metode Penelitian

Penelitian komposit *hybrid* Serat TKKS-Glass dengan menggunakan dua metode pembuatan ini yakni metode pres dan metode vakum dapat membuktikan bahwa dengan metode pres mampu meningkatkan nilai kekuatan mekanik seperti kekuatan tarik, lentur dan impak dibandingkan dengan metode vakum. Dari segi estetika memperlihatkan pula metode pres menghasilkan permukaan yang sangat rata dibanding metode vakum yang menghasilkan permukaan yang tidak rata (bergelombang). Serat TKKS yang *di hybrid* dengan serat glass dengan komposisi 40% : 60% resin mampu meningkatkan kekuatan mekanik seperti kekuatan tarik, lentur dan impak setelah dilakukan 2 perlakuan yaitu uji *immersion* (perendaman) dan uji pemanasan.

Hasil dan Diskusi

1. Prototipe Alat Cetak Komposit

Untuk mencetak komposit TKKS-Glass dengan metode Press dengan ukuran hasil komposit Serat TKKS-Glass dengan dimensi 100x 50 mm dengan maksimum ketebalan 4 mm

2. Prototipe Plafon Berbahan Komposit TKKS-Glass

Komposit TKKS-Glass yang dihasilkan merupakan salah satu alternatif pilihan bahan Plafon rumah yang tahan air dan tahan panas dengan kekuatan mekanik lebih besar dari bahan plafon yang sering digunakan dengan seperti, Tripleks, Gipsium, Asbes dan PVC. Kekuatan lentur 56 N/mm² sedangkan bahan plafon yang lain hanya berkisar 31 N/mm²



Gambar 2. Hasil Pengujian SEM beberapa material plafon

Untuk pengujian SEM diperoleh hasil untuk material yang belum mengalami perlakuan. Gambar 4.2.1 material Tripleks pembesaran 50X, terlihat sekelompok mikro serat kayu dalam tripleks tersebut tidak tersebar dalam matrik komposit, melainkan mikro serat masih berkumpul tanpa ikatan resin, sedangkan serat kayunya secara keseluruhan tersebar baik dalam matrik polimer (lem) yang digunakan. Gambar 4.2.2, Gypsum pembesaran 1000X, terlihat sebagian besar serat tersebar merata dan mengisi seluruh ruang komposit, komposit demikian secara teoritik sangat baik. Gambar 4.2.3. asbes pada pembesaran 500 kali, nampak serat tersebar merata dengan baik, namun matrik yang digunakan sangat banyak volumenya, ini akan membentuk komposit menjadi lebih rigid.

Acknowledgements

Dukungan pendanaan dari BPD PKS melalui Grant Riset Sawit No. Kontrak : PRJ-69 /DPKS 2023 sangat kami apresiasi. Begitu juga kerjasama yang baik dari Tim BRIN

Gambar 4.2.4 Serat TKKS pada pembesaran 100 kali, terlihat bahwa permukaan serat sudah kasar, mungkin ini pengaruh *NaOH treatment*, dimana kulit luar yang licin sudah mengelupas bahkan kumpulan mikro seratnya sudah terlihat jelas, hal ini sudah cukup baik untuk digunakan dalam komposit polimer, nampak pula bahwa serat TKKS ini terlihat besar dengan diameter rata rata lebih dari 100 µm. Gambar 4.2.5. patahan Komposit Serat TKKS pada pembesaran 100 kali setelah uji tarik, dan juga pada Gambar 4.2.6. Patahan Komposit Serat TKKS pada pembesaran 100 kali setelah uji bending Pada patahan komposit tersebut terlihat putus serat menandakan ikatan serat dengan resin cukup baik, namun juga masih banyak lubang-lubang pada resinnya, yaitu bekas ikatan dengan serat, disini nampak juga Sebagian bahwa serat tidak kuat ikatannya dengan resinnya, masih ada serat yang tidak kuat ikatan dengan resinnya. Gambar 4.2.7 pada SEM patahan Komposit Serat TKKS pada pembesaran 100 kali setelah Uji Impak, terlihat banyak serat yang terputus pada permukaan patahan uji impak, hal ini menunjukkan bahwa sifat penguat (*reinforcement*) dari serat TKKS ini dalam komposit berfungsi dengan baik, maka secara mekanik serat ini bisa dimanfaatkan sebagai penguat pada komposit polimer.

Komposit tanpa perlakuan (a, b, c) memiliki kekuatan mekanik yang bergantung pada kualitas ikatan antara matriks dan serat. Pemanasan berlebihan (d, e, f), bisa menyebabkan degradasi pada serat atau matriks, yang akan menurunkan kekuatan komposit. Perendaman (g,h,i) dalam air mempengaruhi ikatan matriks-serat. Kelembaban dapat menyebabkan degradasi pada matriks polimer, mengurangi kekuatan mekanik komposit. Beberapa matriks komposit dapat menyerap air dan mengalami pembengkakan (*swelling*), yang dapat menyebabkan keretakan atau penurunan kekuatan. Pemanasan setelah perendaman (m,n,o) dapat membantu menguapkan kelembaban yang terserap dalam komposit, menjaga kekuatan material lebih stabil. Perlakuan ini juga bisa memulihkan sebagian sifat mekanik komposit, terutama jika kelembaban yang terserap dapat dikeluarkan dengan pemanasan. Namun, jika perendaman dilakukan setelah pemanasan (j,k,l), kelembaban yang terserap dapat menurunkan kekuatan komposit yang sudah diproses dengan pemanasan.

ombinasi dari kedua perlakuan ini, jika tidak diatur dengan baik, dapat menyebabkan degradasi yang lebih besar pada komposit dibandingkan jika hanya diberi satu perlakuan saja.

Kesimpulan

Prototipe plafon komposit serat TKKS Glass yang dihasilkan berupa lembaran plafon dengan ukuran 100 x 50 x 4 cm. Dengan kadar air dan minyak serat TKKS yang digunakan setelah dibersihkan dengan NaOH kemudian dikeringkan masing-masing 6.06% dan 1.44%. dari sebelumnya 40% kadar air dan 3% kadar minyaknya.



18

PRODUKSI HIDROGEL BERBASIS SELULOSA MIKROKRISTALIN DAN KARBOKSILMETIL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) UNTUK APLIKASI BIOWRAPPING DAN ABSORBENT PAD

Peneliti: Susi, Makhmudun Ainuri, Wagiman, Mohammad Affan Fajar Falah, Hisyam Musthafa Al Hakim

Penggunaan hidrogel di berbagai bidang telah dieksplorasi, namun studi sangat terbatas pada hidrogel yang terbuat dari turunan selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Microcrystalline cellulose (MCC) dan carboxymethyl cellulose (CMC) berbasis TKKS digunakan sebagai bahan formulasi produk hidrogel, maka tentunya kualitas MCC dan CMC akan sangat mempengaruhi kualitas hidrogel. MCC sebagai filler untuk meningkatkan kekuatan mekanik hidrogel basis CMC dari TKKS. Filler MCC difungsikan untuk menyeimbangkan hidrofilisitas dari hidrogel basis CMC, sehingga formulasi MCC dan CMC harus tepat untuk mendapatkan hidrogel dengan tingkat absorpsi air dan kekuatan mekanik yang baik. Modifikasi ini sangat ditentukan oleh ketepatan metode crosslinking yang digunakan.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) optimasi parameter dan scale up proses untuk memperoleh kualitas selulosa, MCC dan CMC yang terbaik sebagai material untuk sintesis hidrogel, 2) formulasi CMC, MCC dan asam sitrat sebagai crosslinker serta teknologi proses crosslink hidrogel dengan tingkat penyerapan air dan kekuatan mekanik yang tinggi. Penelitian ini dilaksanakan melalui optimasi proses bleaching dan delignifikasi isolasi selulosa dari TKKS, menentukan konsentrasi asam HCl dan lama hidrolisis pada produksi MCC, optimasi proses alkalisasi dan eterifikasi pada produksi CMC melalui rasio NaOH, rasio isopropanol dan rasio monokloroasetat terhadap selulosa TKKS dan formulasi MCC dan CMC, serta konsentrasi asam sitrat sebagai crosslinker pada produksi hidrogel.

Pada penelitian ini diperoleh optimasi produksi selulosa berbasis TKKS dapat dilakukan pada scale up kapasitas 50 L dengan rendemen $\pm 25,81\%$ dengan kandungan selulosa $82,69\% - 89\%$, pada kondisi reaksi

bleaching ($\text{NaClO}_2 1.5\%$) pada kondisi asam pada pH 4-4,5, suhu $\pm 75^\circ\text{C}$ selama 60 menit sebanyak 2 cycle, dan delignifikasi NaOH 10% pada suhu ruang ($\pm 30^\circ\text{C}$) selama 2 jam. Rasio serat TKKS dan larutan bleaching asam optimum pada 1:25, dan rasio serat terhadap larutan delignifikasi pada 1:20. Rasio bleaching bisa ditekan hingga 1 : 22,5 dan rasio delignifikasi hingga 1 : 17,5. Produksi MCC optimum dilakukan pada konsentrasi HCl 2.5 N selama 45 menit suhu 100°C dengan kristalinitas tinggi dan daya absorpsi air tinggi mampu menghasilkan kualitas MCC yang sesuai untuk penggunaan sebagai filler hidrogel. MCC pada kondisi tersebut memiliki yield $81,30\% \pm 0,36$, Loss of drying $1,44\% \pm 0,36$, bulk density $0,27 \pm 0,031 \text{ g/cm}^3$, daya swelling $5,03 \pm 0,26 \text{ g/g}$, CrI $88,89\% \pm 4,76$, crystallite size $4,23 \pm 0,70 \text{ nm}$. Produksi CMC optimum dengan yield 180-200% diperoleh pada reaksi alkalisasi dengan rasio NaOH 30% terhadap selulosa TKKS sebesar 3,36:1, rasio isopropanol sebesar 30,62:1 serta rasio MCA terhadap selulosa pada rasio 1,19:1 pada reaksi eterifikasi. Reaksi alkalisasi pada suhu ruang (30°C) selama 1 jam dan reaksi eterifikasi pada suhu 55°C selama 3 jam. Kondisi proses alkalisasi dan eterifikasi ini mampu menghasilkan respon optimum derajat substitusi 1,28, kadar karboksil metil $31,93\%$ dan impuritas NaCl sebesar 0,25%. Formulasi CMC:MCC basis selulosa TKKS 90 : 10 dengan konsentrasi asam sitrat 5% menghasilkan karakteristik hidrogel film dengan tingkat swelling dan kekuatan mekanik yang layak untuk digunakan sebagai hidrogel film dengan swelling $328,34\% \pm 28,53$, Tensile strength $0,546 \pm 0,01 \text{ MPa}$, dan water vapor permeability $4,887 \times 10^{-5} \text{ g/m.Pa.24 jam}$. Demikian pula diperoleh formulasi CMC:MCC 80 : 20 konsentrasi asam sitrat 5% memiliki tingkat swelling yang tinggi namun luruh (swelling $806,50\% \pm 60,33$, tensile strength $0,162 \pm 0,04 \text{ MPa}$, dan water vapor permeability $4,750 \times 10^{-5} \text{ g/m.Pa.24 jam}$). Metode penerapan casting pada suhu 60°C selama 48 jam efektif untuk hidrogel film.



PRODUKSI HIDROGEL BERBASIS SELULOSA MIKROKRISTALIN DAN KARBOKSILMETIL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) UNTUK APLIKASI BIOWRAPPING DAN ABSORBENT PAD



NO KONTRAK : PRJ-70/DPKS/2023

Tim Peneliti :

Susi, Makhmudun Ainuri, Wagiman, Mohammad Affan Fajar Falah, Hisyam Musthafa Al Hakim
susi_tip@ulm.ac.id/08115010305



PERMASALAHAN :
BELUM TERSEDIA HIDROGEL DARI TKKS DIFUNGSIKAN SEBAGAI BIOWRAPPING DAN ABSORBENT PAD

RUMUSAN MASALAH



ALUR PENELITIAN TAHUN PERTAMA

TUJUAN PENELITIAN TAHUN PERTAMA

- optimasi parameter dan scale up proses untuk memperoleh kualitas selulosa, MCC dan CMC yang terbaik sebagai material untuk sintesis hidrogel
- formulasi CMC dan MCC, teknologi proses crosslink sintesis hidrogel dengan tingkat penyerapan air dan kekuatan mekanik yang tinggi

CAPAIAN HASIL

- Produksi selulosa berbasis TKKS pada scale up kapasitas 50 L :
 - ❖ Yield ± 25.81%, kadar selulosa 82.69% – 89%,
 - ❖ Kondisi proses : reaksi bleaching (NaClO_2 1.5%) pH 4-4.5, T ±75°C 60 menit, 2 cycle, dan delignifikasi NaOH 10% T ruang (±30°C) 2 jam,
 - ❖ Rasio TKKS : larutan bleacher 1:22.5, Rasio TKKS : larutan NaOH 1:17.5
- Produksi selulosa mikrokristalin (MCC) berbasis selulosa TKKS :
 - ❖ Yield MCC 81,30 %± 0,36,
 - ❖ Loss of drying 1,44% ± 0,36,
 - ❖ Bulk density 0,27 ± 0,031 g/cm³, d
 - ❖ Daya swelling 5,03 ± 0,26 g/g,
 - ❖ CrI 88.89% ± 4.76,
 - ❖ Crystallite size 4,23 ± 0,70 nm
 - ❖ Kondisi proses : HCl 2.5N, T 100°C, 45 menit

- Produksi Karboksimetil selulosa (CMC)
 - ❖ Yield : 180-200%, derajat substitusi (DS) 1.28, karboksil metil 31.93% dan impuritis NaCl 0.25%.
 - ❖ Kondisi Proses : rasio NaOH 30% : selulosa TKKS = 3.36:1, r rasio isopropanol : selulosa TKKS = 30.62:1 rasio MCA : selulosa TKKS = 1.19:1
 - ❖ Alkalisasi pada T ruang (30°C), 1 jam, eterifikasi T 55°C, 3 jam

- Hidrogel untuk Biowrapping : (Aplikasi Tahun II)
 - ❖ Kualitas : swelling 328,34%±28,53, Tensile strength 0,546±0,01 MPa, dan water vapor permeability 4.887x10⁻⁵ g/m.Pa.24 jam
 - ❖ Rasio CMC:MCC 90 : 10, crosslinker asam sitrat 5%

- Hidrogel untuk Absorbent Pad : (Aplikasi Tahun II)
 - ❖ Kualitas : swelling 806,50%±60,33, Tensile strength 0,162±0,04 MPa, dan water vapor permeability 4.750x10⁻⁵ g/m.Pa.24 jam
 - ❖ Rasio CMC:MCC 90 : 10, crosslinker asam sitrat 5%



19

SINTESIS ALKYD RESIN BERBASIS PALM FATTY ACID DISTILLATE (PFAD) DAN APLIKASINYA SEBAGAI COATING MATERIAL

Peneliti: Desi Nurandini, S.T., M.Eng., Dr. Isna Syaughiah, S.T., M.T., dan Lestari H. Saputri, S.T., M.Eng.

Korosi rentan terjadi pada mesin-mesin industri yang terbuat dari logam dimana salah satu solusinya adalah dengan mengaplikasikan lapisan coating. Alkyd resin merupakan produk polimer yang banyak digunakan dalam industri coating. Namun industri coating yang menggunakan alkyd resin sintetis menghasilkan emisi komponen solven organik volatil yang bersifat hazard dan limbahnya sukar terdegradasi. Modifikasi alkyd resin dengan bahan alam seperti minyak nabati maupun asam lemaknya berpotensi untuk menghasilkan coating yang lebih ramah lingkungan.

Indonesia merupakan produsen minyak sawit (CPO) terbesar di dunia saat ini. Kilang minyak sawit menghasilkan palm fatty acid distillate (PFAD) sebagai produk samping. Pada penelitian ini memanfaatkan PFAD untuk modifikasi alkyd resin sehingga menghasilkan produk alkyd resin yang berkelanjutan dan lebih ramah lingkungan. Tujuan dari riset ini adalah mengembangkan teknologi sintesis alkyd resin untuk fabrikasi coating dengan memanfaatkan PFAD dan gliserol serta pengaplikasiannya untuk mengendalikan korosi pada logam di industri. Pada riset ini PFAD, gliserol, dan anhidrida ftalat direaksikan melalui metode fatty acid yang terdiri atas satu tahap sintesis selama 4 jam pada kisaran temperatur 180-260°C dengan variasi komposisi reaktan. Proses sintesis alkyd resin dari pure palm fatty acid dilakukan dengan cara yang sama sebagai komparasi. Selain itu dilakukan pula studi kinetika reaksi pada sintesis alkyd resin tanpa katalis dan dengan katalis. Selanjutnya adalah fabrikasi coating dimana alkyd resin ditambahkan solvent dan resin amino dengan komposisi yang telah ditentukan untuk selanjutnya dilakukan karakterisasi pada produk coating tersebut.

Pada penelitian ini dihasilkan produk alkyd resin berbasis PFAD maupun pure palm fatty acid yang selanjutnya digunakan untuk fabrikasi coating material. Nilai bilangan asam alkyd resin pada berbagai komposisi reaktan semakin meningkat dengan semakin banyaknya PFAD yang

digunakan. Hal ini terjadi karena penambahan PFAD akan meningkatkan gugus karboksil asam, sehingga pada akhir reaksi banyak gugus karboksil dari PFAD dan anhidrat ftalat dalam bentuk asam bebas. Hasil analisis bilangan asam terbaik senilai 14,586 mg KOH/g diperoleh dari alkyd resin berbasis PFAD pada temperatur 240° dan komposisi 0,8:1:1. Pada hasil uji bilangan iodine ditunjukkan bahwa penggunaan variasi komposisi bahan baku yang semakin tinggi akan berbanding lurus dengan angka bilangan iodine yang semakin besar. Namun nilai bilangan iodine yang dihasilkan masih rendah (kurang dari standar 100 mg/g) dikarenakan bahan baku PFAD/FFA murni yang tergolong bahan non-drying. Oleh karena itu untuk mengantisipasi hal ini digunakan bahan aditif resin amino untuk membantu proses pengeringan pada aplikasi coating. Dari hasil pengujian viskositas ditunjukkan bahwa variasi suhu, dihasilkan nilai viskositas yang cenderung semakin besar dengan meningkatnya suhu, sedangkan pada variasi komposisi bahan baku menunjukkan bahwa semakin besar rasio bahan baku PFAD yang digunakan maka viskositas akan semakin kecil. Hasil uji FTIR menunjukkan pada spektra produk alkyd resin terlihat adanya puncak karbonil (C=O) yang lebih panjang yaitu sekitar 1718,90 cm⁻¹-1727,05 cm⁻¹ karena terjadi vibrasi C=O dari ester yang lebih kompleks atau yang lebih terikat secara molekuler, seperti yang terbentuk dalam reaksi esterifikasi antara asam lemak dari PFAD dengan gliserol dan phthalic anhydride.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa hasil terbaik adalah alkyd resin hasil sintesis pada temperatur 240° dan komposisi 0,8:1:1 baik untuk bahan baku PFAD maupun pure fatty acid. Komposisi terbaik coating yang diperoleh sejauh ini dari rasio mol PFAD:gliserol:phthalic anhydride = 0,6:1:1 dimana dari hasil curing test diperoleh bahwa coating yang diaplikasikan pada logam dapat mengering pada suhu ruang untuk semua variasi komposisi aditif amino resin (30%, 40%, dan 50%).

SINTESIS ALKYD RESIN BERBASIS PALM FATTY ACID DISTILLATE (PFAD) DAN APLIKASINYA SEBAGAI COATING MATERIAL

LATAR BELAKANG

- Upaya Penanganan Korosi Logam di Industri dengan Coating
- Namun, coating berbasis resin sintesis menghasilkan emisi komponen organik volatil dan masalah daur ulang limbah yang sulit terurai.
- Indonesia produsen minyak sawit terbesar di dunia
- Modifikasi alkyd resin dengan PFAD yg ketersediaannya cukup melimpah
- Bahan lain yang digunakan pada penelitian ini adalah gliserol merupakan produk samping produksi biodiesel dari CPO dan anhidrida ftalat ditingkatkan nilai gunanya untuk sintesis alkyd resin
- Hasil sintesis *alkyd resin* difabrikasi sebagai coating material yang sustainable dan lebih ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan untuk mengendalikan korosi pada logam.

Kilang minyak sawit menghasilkan PFAD sebagai produk samping.

TUJUAN RISET

Mengembangkan teknologi untuk sintesis alkyd resin berbasis Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) serta pengaplikasiannya sebagai coating material khususnya untuk mengendalikan korosi pada logam di industri

METODE RISET

PFAD/ FFA murni, GLISEROL, phthalic anhydride

Sintesis Alkyd Resin (Fatty Acid Process)

RANGKAIAN ALAT SINTESIS ALKYD RESIN

Produk Alkyd Resin

Karakterisasi

CAPAIAN HASIL

Uji Iodin Number

Komposisi	Suhu (°C)	Bilangan Iod
1,2 : 1 : 1	240	16,92
0,8 : 1 : 1	240	23,26
0,6 : 1 : 1	240	42,3
0,4 : 1 : 1	240	21,15
0,8 : 1 : 1	200	8,21
0,8 : 1 : 1	220	7,67

Uji Viskositas Produk Alkyd Resin

Komposisi	Suhu (°C)	Viskositas (MPa.s)
0,6 : 1 : 1	240	4820
0,8 : 1 : 1	240	3100
1 : 1 : 1	240	960
1,2 : 1 : 1	240	420
0,8 : 1 : 1	200	872
0,8 : 1 : 1	220	644
0,8 : 1 : 1	240	3116
0,8 : 1 : 1	260	2828

Hasil analisis spektra FTIR

Hasil Curing Test pada Sampel Alkyd Resin-Amino Resin (AAR) Berbasis PFAD

Suhu	Komposisi PFAD	Solvent	Komposisi Alkyd Resin / Amino Resin				
			30%	40%	50%	60%	70%
180°C	0,8 : 1 : 1	Alkyd Resin	V	V	V	V	V
		Phthalic Anhydride	V	V	V	V	V
		Gliserol	V	V	V	V	V
200°C	0,8 : 1 : 1	Alkyd Resin	V	V	V	V	V
		Phthalic Anhydride	V	V	V	V	V
		Gliserol	V	V	V	V	V
220°C	0,8 : 1 : 1	Alkyd Resin	V	V	V	V	V
		Phthalic Anhydride	V	V	V	V	V
		Gliserol	V	V	V	V	V
240°C	0,8 : 1 : 1	Alkyd Resin	V	V	V	V	V
		Phthalic Anhydride	V	V	V	V	V
		Gliserol	V	V	V	V	V
260°C	0,8 : 1 : 1	Alkyd Resin	V	V	V	V	V
		Phthalic Anhydride	V	V	V	V	V
		Gliserol	V	V	V	V	V

Suhu ruang didiamkan selama 24 jam

V : Kering (benar benar mengering)
M : Mulai Mengering (sedikit lengket)
- : Masih Lengket

Uji Curing Test pada Sampel Alkyd Resin

Komposisi Coating	Suhu Pengeringan	Waktu Pengeringan	Sifat Fisik			Lama kering (hari)
			Warna	Kelembutan	Kekerasan	
0,6 : 1 : 1	240°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
0,8 : 1 : 1	240°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
1 : 1 : 1	240°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
1,2 : 1 : 1	240°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
0,8 : 1 : 1	200°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
0,8 : 1 : 1	220°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
0,8 : 1 : 1	240°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10
0,8 : 1 : 1	260°C	24 jam	Putih	Empuk	Keras	10

Uji Bilangan Asam

Uji FTIR

Uji Iodin Number

Uji Viskositas

Uji Curing Test

Uji FTIR

Uji Bilangan Asam

FABRIKASI COATING

Produk Coating

Preparasi coating dilakukan dengan menambahkan bahan aditif amino resin dan solvent

uji coba pengaplikasian coating pada logam

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil uji karakterisasi pada *alkyd resin* diketahui bahwa hasil terbaik adalah *alkyd resin* hasil sintesis pada temperatur 240°C dan komposisi 0,8:1:1 baik untuk bahan baku PFAD maupun *pure fatty acid*.
- Komposisi terbaik *coating* yang diperoleh sejauh ini dari rasio mol PFAD : gliserol : phthalic anhydride = 0,6 : 1 : 1 dimana dari hasil *curing test* diperoleh bahwa *coating* yang diaplikasikan pada logam dapat mengering pada suhu ruang untuk semua variasi komposisi aditif amino resin (30%, 40%, dan 50%)

ACKNOWLEDGEMENT

Tim Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPPDKS) atas dukungan pendanaan penelitian ini melalui Grant Riset Sawit 2023 dengan nomor kontrak PRJ-71/DPKS/2023

TIM PENELITI :

Desi Nurandini, S. T., M. Eng.
Dr. Isnâ Syaughiah, S. T., M. T.
Lestari Hetalesi Saputri, S. T., M. Eng.

39

Grant Riset Sawit 2024
Ringkasan Penelitian

20

APLIKASI WOOD PLASTIC COMPOSITE (WPC) BERBAHAN TKKS SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PERUMAHAN

Peneliti: Adam Febriyanto Nugraha, Mochamad Chalid, Yuli Amalia Husnil, Azizah Intan Pangesty, Muhammad Ghozali, Yora Faramitha dan Firda Dimawarnita.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai produk sampingan dari industri sawit memiliki banyak potensi dalam konsep ekonomi sirkular. Limbah TKKS dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai tambah, seperti dalam pembuatan bahan komposit pada konstruksi ramah lingkungan. Di sisi lain, limbah plastik yang terus bertambah akibat konsumsi plastik sekali pakai juga menjadi tantangan besar karena sulit terurai secara alami. Salah satu cara mengurangi akumulasi limbah plastik adalah dengan mendaur ulangnya dan memanfaatkan kembali sebagai bahan baku untuk produk baru. Dalam hal ini, pemanfaatan TKKS dan plastik daur ulang dalam bentuk Wood Plastic Composite (WPC) memberikan solusi berkelanjutan yang dapat mengurangi limbah dan menghasilkan material yang ramah lingkungan.

WPC adalah material komposit yang menggabungkan serat alami seperti TKKS dan plastik, dapat juga berupa plastik daur ulang. Saat ini, WPC sudah digunakan secara luas dalam industri konstruksi untuk aplikasi seperti panel dinding, lantai, plafon, hingga decking. Umumnya, WPC memanfaatkan serat kayu, bambu, sekam padi, batang pisang, tebu, kenaf atau biomassa lain sebagai bahan serat alami.

Penelitian ini mengeksplorasi pemanfaatan TKKS untuk aplikasi WPC, mulai dari studi perbandingan sifat raw material hingga permasalahan yang kerap muncul seperti kompatibilitas sehingga memerlukan modifikasi untuk menghasilkan WPC yang berkualitas. Adapun modifikasi yang dilakukan yaitu terhadap recycle PE dan serat TKKS. Beberapa perlakuan yang dilakukan untuk memodifikasi recycled PE yaitu dengan menggunakan teknik plasma atmosfer, sedangkan modifikasi serat TKKS dilakukan

dengan teknik alkalisasi, fermentasi dan plasma atmosfer. Penelitian tersebut dirancang selama dua tahun, dimana pada tahun pertama dilakukan dalam skala laboratorium dan tahun kedua yang merupakan tahap scale up.

Hasil dari studi perbandingan sifat raw material dari serat TKKS dibandingkan dengan sekam padi dan jati menunjukkan kristalinitas yang hampir setara yaitu 70,17% untuk serat TKKS, 68,7% untuk jati dan 71,49% untuk sekam padi. Selain itu, serat TKKS memiliki densitas yang lebih rendah dari sekam padi sehingga sesuai dengan aplikasi konstruksi yang lebih ergonomis. Kandungan hemiselulosa, selulosa serta lignin yang dimiliki serat TKKS juga lebih tinggi dari sekam padi sehingga memberikan ketahanan terhadap degradasi dan serangan mikroba, sehingga WPC berbahan TKKS dapat memberikan umur pakai yang baik dan berpengaruh baik terhadap sifat mekaniknya. Pada hasil uji mekanik menunjukkan bahwa WPC berbahan TKKS dan plastik daur ulang memiliki kekuatan tarik 37,45 MPa, kekuatan lentur 38,55 N dan kekerasan 58,8 yang memadai untuk kebutuhan konstruksi perumahan. Namun demikian, hasil penelitian ini masih akan terus berkembang dengan adanya tahap modifikasi pada serat TKKS untuk mendapatkan WPC yang lebih berkualitas.

Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung penggunaan WPC berbahan TKKS dan plastik daur ulang sebagai material konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Potensinya dalam industri perumahan sangat besar, khususnya dalam mengurangi penggunaan kayu dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah, sehingga mendukung upaya pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Aplikasi Wood Plastic Composite (WPC) sebagai Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan untuk Perumahan

No. Kontrak : PRJ-72/DPKS/2023



Adam Febriyanto Nugraha, Mochamad Chalid, Yuli Amalia Husnil, Azizah Intan Pangesty, Muhammad Ghozali, Yora Faramitha dan Firda Dimawarnita.

TARGET

Contoh Target Produk WPC Skala Industri

Flexible WPC



Rigid WPC



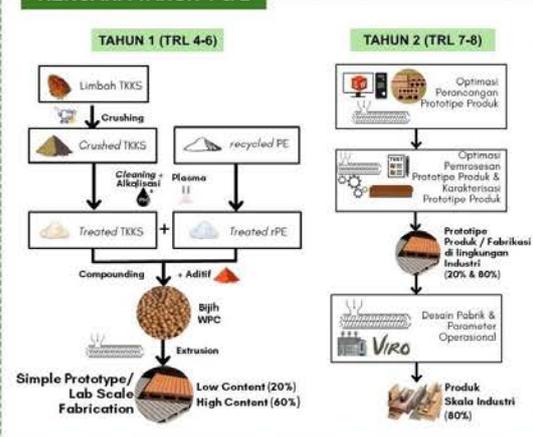
TKKS



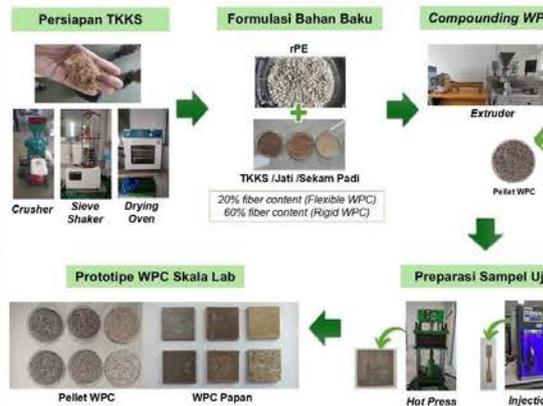
PENDAHULUAN

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan sumber daya terbarukan yang kaya akan potensi dalam mendukung ekonomi sirkular. Dalam upaya menciptakan solusi konstruksi yang ramah lingkungan, TKKS dapat diolah menjadi bahan Wood Plastic Composite (WPC), memadukan kekuatan serat alam dengan plastik daur ulang. Inovasi ini tidak hanya mengurangi penggunaan plastik konvensional, tetapi juga memanfaatkan TKKS sebagai bahan berkualitas tinggi untuk konstruksi perumahan yang berkelanjutan. Melalui modifikasi yang tepat, WPC dari TKKS mampu menawarkan performa unggul untuk masa depan konstruksi hijau.

RENCANA TAHUN 1 & 2

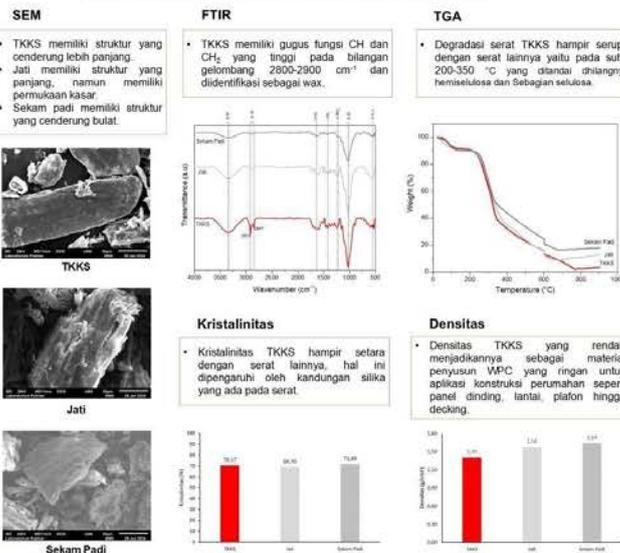


METODE

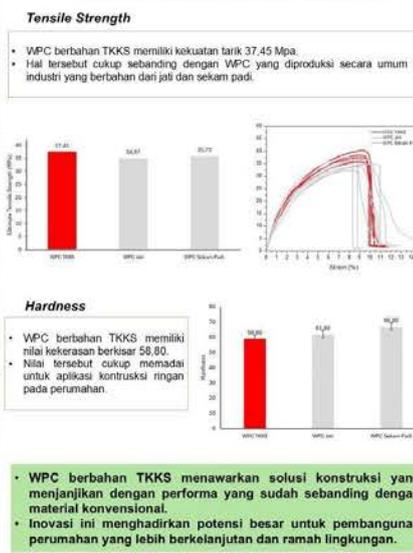


CAPAIAN HASIL

Perbandingan Sifat Serat TKKS, Jati & Sekam Padi



Sifat Mekanik WPC (Benchmark)



21

PENGEMBANGAN FORMULASI BIOLUBRICANT BERBASIS SAWIT: OPTIMASI KEY-PROPERTIES UNTUK MEMENUHI SPESIFIKASI PELUMAS MESIN DIESEL MENGGUNAKAN METODE MACHINE LEARNING

Peneliti: Rizqon Fajar, Sukirno, Hari Setiapraja, Taufik Suryantoro, Siti Yubaidah, Muhammad Maruf, Sigit Tri Atmaja, Muhammad Kozin, Kurnia Fajar Adhi Sukra, Ihwan Haryono, Respatya Teguh Soewono

Pengembangan biopelumas (biolubricant) berbasis minyak sawit untuk aplikasi pada mesin diesel non-otomotif dilakukan dengan tujuan untuk menggantikan pelumas mineral yang masih dominan digunakan. Fokus utama penelitian ini adalah mengoptimalkan formulasi biolubricant melalui modifikasi struktur kimia minyak sawit, guna meningkatkan stabilitas termal, lubrisitas, dan aliran pada suhu rendah. Modifikasi dilakukan dengan metode epoksidasi dan pembukaan cincin oksiran, menghasilkan beberapa turunan minyak sawit seperti Palm Olein Epoksidasi (EPO), Palm Olein Hydroxy Oleate (POHO), dan Palm Olein Di-Oleate (PODO). Formulasi ini difokuskan untuk memenuhi spesifikasi SAE-30 dan SAE-40 untuk digunakan pada mesin diesel.

Pengukuran viskositas pada sampel biolubricant SAE-30 menunjukkan nilai viskositas 143.40 cSt pada suhu 40°C dan 16.69 cSt pada suhu 100°C, dengan indeks viskositas sebesar 125. Sementara itu, sampel biolubricant SAE-40 memiliki viskositas sebesar 179 cSt pada suhu 40°C dan 18 cSt pada suhu 100°C, dengan indeks viskositas sebesar 114. Titik tuang untuk kedua sampel tersebut adalah berkisar antara -8 s/d -10oC dan titik nyala berkisar antara 295 s/d 315oC. Dengan demikian kedua sampel ini telah memenuhi standar spesifikasi yang diperlukan untuk pelumas mesin diesel komersial.

Selain itu, pengujian stabilitas oksidasi dilakukan dengan menghitung nilai bilangan peroksida setelah pemanasan pada suhu 130°C selama 2, 4, dan 6 jam. Nilai bilangan peroksida untuk biolubricant yang belum dimodifikasi mencapai angka tertinggi, yaitu 8,5 meq/kg.

Setelah modifikasi dengan epoksidasi dan pembukaan cincin oksiran, nilai bilangan peroksida menurun signifikan (stabilitas oksidasi meningkat). Untuk sampel POHO dan PODO, nilai bilangan peroksida berkisar antara 2,1 hingga 3,5 meq/kg, menunjukkan peningkatan stabilitas oksidasi dibandingkan dengan minyak sawit yang tidak dimodifikasi.

Penggunaan machine learning dalam pemodelan key-properties seperti stabilitas termal dan koefisien friksi membantu mempercepat proses pengembangan, sehingga penelitian ini menghasilkan peta formulasi yang optimal. Hasil riset ini menunjukkan bahwa kombinasi turunan minyak sawit, terutama Palm Olein Epoksidasi, POHO dan PODO, dapat digunakan sebagai bahan baku utama biolubricant dengan performa yang kompetitif untuk mesin diesel non-otomotif. Pengujian lebih lanjut pada mesin diesel akan dilakukan untuk memvalidasi kinerja biolubricant tersebut, baik di laboratorium uji mesin maupun di lapangan. Pada pengujian mesin, paramater yang akan diukur meliputi, power, torsi, konsumsi bahan bakar, konsumsi pelumas dan emisi gas buang. Selain itu key-properties dari pelumas mesin juga dimonitor khususnya viskositas, tetapan dielektrik dan temperatur.

PENGEMBANGAN FORMULASI BIOLUBRICANT SAWIT: OPTIMASI KEY-PROPERTIES UNTUK MEMENUHI SPESIFIKASI MESIN DIESEL

NO KONTRAK : PRJ-25.12/DPKS/DIT.IV/2024



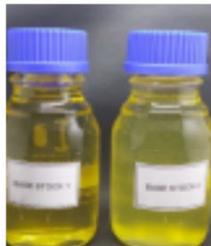
TUJUAN PENELITIAN

Melakukan optimasi sifat kimia fisik biolubricant untuk menghasilkan formulasi yang memenuhi spesifikasi teknis mesin diesel non otomotif (perkebunan, pertanian, produksi)

SPESIFIKASI BIOLUBRICANT

Sifat Kunci	Minyak Sawit	Biolubricant
Viskositas 40°C	57	83-179
Viskositas 100°C	9	15-70
Indeks Viskositas	130	125-146
Stabilitas Oksidasi	180°C	157-170°C
Pour Point	7°C	-8 s/d -10°C
Flash Point	240°C	295-315°C

TARGET PENELITIAN



Base Stock Memenuhi Spesifikasi Mesin Diesel

- Kekentalan SAE-30 dan SAE-40
- Stabilitas Oksidasi Optimum
- Indeks Viskositas Optimum
- Lubrisitas Optimum

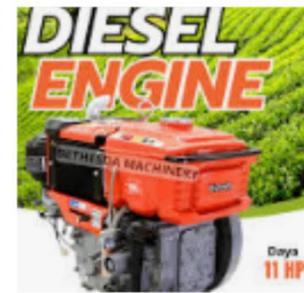
Teknologi Manufacturing & Formulasi

- Manufacturing Base Stok Efisien
- Formulasi Teruji di Lab & Lapangan



CAPAIAN HASIL

Formulasi Biolubricant



Proses Uji Kinerja Mesin

Peneliti : Dr. Rizqon Fajar , dkk | rizq001@brin.go.id

22

PENGEMBANGAN FORMULASI BAHAN COATING GLOSSY BERBASIS TURUNAN MINYAK SAWIT UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING EKSPOR BUAH LOKAL INDONESIA

Peneliti: Wiwik Handayani, Indra Budi Susetyo, Agus Triputranto, Dian Anggraeni, Maya Soraya, dan Shelvi Listiana

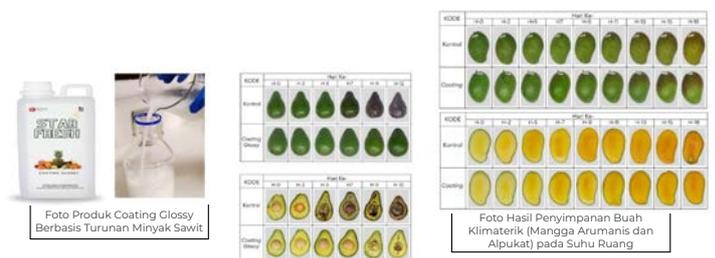
Buah lokal Indonesia terutama buah klimaterik seperti mangga dan alpukat memiliki masa simpan yang sangat singkat, menyebabkan rendahnya daya saing dalam pasar ekspor. Penyebab utamanya adalah sifat buah yang mudah rusak (perishable), mengakibatkan kerugian besar bagi produsen dan pedagang jika proses distribusi berlangsung lama. Untuk mengatasi masalah ini, teknologi coating glossy berbasis turunan minyak sawit telah dikembangkan sebagai solusi untuk memperpanjang kesegaran buah selama distribusi dan juga untuk mempercantik penampilannya. Minyak sawit dipilih sebagai bahan baku karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia serta sifat fisik dan kimia yang mendukung untuk aplikasi pelapisan buah.

Penelitian ini mengembangkan formulasi coating glossy berbasis turunan minyak sawit dengan bahan tambahan seperti sukrosa ester dan gliserol untuk memberikan efek visual yang menarik dan fungsionalitas yang maksimal. Uji aplikasi dilakukan pada buah klimaterik (mangga) dan non-klimaterik (lemon), dengan pengamatan pada kondisi penyimpanan suhu ruang dan suhu dingin.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa coating glossy dapat memperpanjang masa simpan mangga matang pohon dengan tingkat kematangan 90-95% hingga ±2 minggu pada suhu ruang dan ±1 bulan pada suhu dingin, dengan penurunan berat hanya sekitar 5%. Selain itu, sifat glossy pada buah yang di-coating menambah daya tarik visual bagi konsumen, terutama di pasar internasional yang menginginkan penampilan buah lebih mengkilap.

Teknologi ini berpotensi mengurangi biaya ekspor karena memungkinkan pengiriman melalui jalur laut yang lebih ekonomis daripada udara. Selain itu, penggunaan minyak sawit sebagai bahan baku lokal juga menambah nilai industri hilir minyak sawit Indonesia. Harga produk hortikultura sangat berfluktuatif perbedaan harga buah mangga di masa puncak panen yang hanya bisa berlangsung 2-3 minggu bisa mencapai 30-50%. Dengan penambahan biaya Rp. 200,- – Rp.300,- untuk aplikasi coating berbasis sawit untuk menahan kesegaran produknya akan meningkatkan peluang ekonomi yang signifikan bagi petani buah/hortikultura. Disisi lain, peluang pasar keluar dari sentra buah ke seluruh Indonesia dan ekspor bisa menekan biaya handling transportasi lebih murah.

Penggunaan coating glossy berbasis turunan minyak sawit tidak hanya memperpanjang masa simpan buah tetapi juga meningkatkan daya saing produk buah lokal Indonesia di pasar global. Teknologi ini memiliki prospek untuk dikomersialkan, dengan potensi besar meningkatkan ekspor buah lokal Indonesia.





PENGEMBANGAN FORMULASI BAHAN COATING GLOSSY BERBASIS TURUNAN MINYAK SAWIT UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING EKSPOR BUAH LOKAL INDONESIA

Wiwik Handayani, Indra Budi Susetyo, Agus Tri Putranto, Dian Anggraeni, Maya Soraya, Shelly Listiana

Nomor Kontrak : PRJ-25.13/DPKS/DIT.IV/2024



LATAR BELAKANG

- Memperpanjang masa kesegaran buah akan mampu meningkatkan daya saing dan keuntungan secara ekonomis para pengusaha buah untuk memperluas jaringan pemasaran (wilayah Indonesia atau ekspor)
- Biaya transportasi pengiriman buah yang sangat tinggi jika lewat jalur udara.
- Larutan *coating* yang digunakan memperpanjang masa kesegaran buah umumnya berbasis beewax, carnauba wax, kitosan, dan sebagian besar masih impor. Sedangkan sintesa turunan sawit memiliki sifat sebagai lilin.
- Beberapa negara tujuan ekspor menghendaki masa kesegaran buah yang lama juga memperhatikan penampilan (*Glossy*).
- Sifat produk musiman dan harga jatuh pada saat puncak musim.

TUJUAN PENELITIAN

- Memperlambat proses laju respirasi
- Mencegah penurunan susut bobot buah
- Memperpanjang masa kesegaran buah
- Membantu penurunan harga yang signifikan saat panen raya terjadi
- Meningkatkan ekspor buah lokal Indonesia dengan pengiriman jauh dan biaya yang lebih rendah jika menggunakan kapal laut dan buah telah dicoating

METODA PENELITIAN

Larutan *Coating* berbasis turunan sawit adalah larutan yang terbuat dari bahan dasar dari turunan sawit yang dipergunakan untuk melapisi permukaan kulit buah sehingga dapat memperpanjang masa kesegaran buah.

Proses Pembuatan *Coating Glossy*



Proses aplikasi *Coating Glossy*



HASIL PENELITIAN

Mangga Arumanis (suhu ruang)

KODE	Hari Ke-					
	H-0	H-5	H-9	H-11	H-15	H-18
Kontrol						
Coating						
Kontrol						
Coating						

Lemon (suhu ruang)

KODE	Hari Ke-					
	H-0	H-3	H-8	H-13	H-18	H-22
Kontrol						
Coating Glossy						
Kontrol						
Coating Glossy						

Alpukat (suhu ruang)

KODE	Hari Ke-					
	H-0	H-2	H-5	H-7	H-9	H-12
Kontrol						
Coating Glossy						
Kontrol						
Coating Glossy						

KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *coating glossy* dapat memperpanjang masa simpan mangga hingga 2 minggu pada suhu ruang dan 1 bulan pada suhu dingin, dengan penurunan berat hanya sekitar 5%. Selain itu, sifat *glossy* pada buah yang di-coating menambah daya tarik visual bagi konsumen, terutama di pasar internasional yang menginginkan penampilan buah lebih mengkilap.

Penggunaan *coating glossy* berbasis turunan minyak sawit tidak hanya memperpanjang masa simpan buah tetapi juga meningkatkan daya saing produk buah lokal Indonesia di pasar global. Teknologi ini memiliki prospek untuk dikomersialkan, dengan potensi besar meningkatkan ekspor buah lokal Indonesia.

MITRA:

PT. LARIS MANIS UTAMA
INTEGRATED FRESH AND FROZEN FOOD INDUSTRY



23

SINTESIS DAN MODIFIKASI KIMIA SENYAWA TURUNAN MINYAK SAWIT SEBAGAI ALTERNATIF SURFAKTAN DAN MINERAL OIL UNTUK APLIKASI VAKSIN UNGGAS

Peneliti: Prof. Dr. Yenny Meliana, Dr. Witta Kartika Restu, Melati Septiyanti, M.T, Evi Triwulandari, M.Si, Yan Irawan, M.Si, Yulianti Sampora, M.Si, Rista Siti Mawarni, S.T

Surfaktan dan mineral oil yang selama ini digunakan berasal dari turunan minyak bumi (petroleum). Surfaktan adalah senyawa amfipatik yang memiliki bagian hidrofilik dan hidrofobik. Karakteristik ini mampu mengurangi tegangan permukaan antara fasa minyak dan fasa air. Surfaktan berbasis minyak nabati yaitu dari minyak sawit diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti surfaktan berbasis minyak bumi. Minyak sawit bisa digunakan sebagai bahan baku surfaktan karena memiliki sifat fisikokimia dan komposisi asam lemak sesuai dengan persyaratan. Mineral oil terdiri dari mineral oil hidrokarbon jenuh (mineral oil saturated hydrocarbon, MOSH) dan mineral oil aromatik hidrokarbon (mineral oil aromatic hydrocarbon, MOAH). Kelapa sawit adalah salah satu komoditas strategis nasional di Indonesia serta merupakan salah satu komoditas andalan sebagai penghasil devisa negara terbesar selain sektor nonmigas. Kegiatan riset ini sangat potensial dilakukan sebagai salah satu usaha untuk melahirkan industri hilir baru yang mengolah sawit menjadi produk turunan sawit sebagai alternatif surfaktan dan mineral oil.

Surfaktan berbasis minyak sawit dalam hal ini Sorbitol mono oleat (SMO) dan Gliserol mono oleat (GMO) diharapkan dapat menggantikan surfaktan komersial masing-masing yaitu Tween 80 dan Span 80. Proses sintesis SMO dan GMO dilakukan melalui reaksi esterifikasi yaitu dengan mereaksikan asam oleat (komponen minyak sawit) dan alkohol untuk menghasilkan senyawa ester dan air sebagai produk samping. Beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi, diantaranya adalah suhu, waktu reaksi, perbandingan pereaksi, pengadukan, serta

katalisator. Bahan baku sintesis SMO adalah sorbitol dan asam oleat, sedangkan bahan baku sintesis GMO adalah Gliserol dan asam oleat.

Dari penelitian ini telah diperoleh kondisi optimum untuk pembuatan surfaktan GMO dan SMO. Pada sintesis GMO diperoleh nilai konversi terbaik pada penggunaan katalis H₂SO₄ 1% yaitu 94,52% serta bilangan asam 11 mg/KOH. Pada sintesis SMO diperoleh nilai konversi tertinggi pada penggunaan katalis H₂SO₄ 1% pada suhu 160°C dengan nilai konversi 81% serta bilangan asam 36,73 mg/KOH.

Surfaktan yang telah disintesis digunakan dalam formulasi adjuvant vaksin unggas. GMO dan SMO berperan sebagai surfaktan dan asam oleat berperan sebagai fasa minyak. Formulasi emulsi adjuvan vaksin yang optimal berhasil dibuat dengan komposisi fasa minyak 65%, surfaktan 5% dan fasa air 30%. Fasa minyak terdiri dari campuran metil oleat dan asam oleat (8:2), surfaktan terdiri dari campuran Tween 80 dan GMO (1:9). Formulasi ini terbukti stabil selama 7 hari dan memiliki viskositas 130 cP. Formulasi emulsi yang stabil selanjutnya diproses lebih lanjut dengan mencampurkan antigen vaksin sebagai fasa air.



SINTESIS DAN MODIFIKASI KIMIA SENYAWA TURUNAN MINYAK SAWIT SEBAGAI ALTERNATIF SURFAKTAN DAN MINERAL OIL UNTUK APLIKASI VAKSIN UNGGAS

No Kontrak : PRJ-25.2/DPKS/DIT.IV/2024



Tujuan Penelitian



- ✓ Upaya untuk melahirkan industri hilir baru yang menghasilkan produk turunan sawit berupa surfaktan dan mineral oil guna mengurangi ekspor CPO.
- ✓ Mendapatkan formulasi adjuvan vaksin alternatif (surfaktan dan mineral oil) yang lebih ramah lingkungan dari turunan minyak sawit.
- ✓ Memperluas pasar ekspor dari produk turunan sawit serta untuk memenuhi kebutuhan dosmetik.



Gambar Capaian Hasil



Sintesis dengan katalis H_2SO_4



Proses purifikasi produk sintesis



Hasil GMO (Gliserol monooleate)



Hasil SMO (Sorbitol monooleate)



Capaian Hasil

- Model purwarupa produk surfaktan :
 - GMO (konversi 94,52% ; bilangan asam 11 mg/KOH).
 - SMO (konversi 81% ; bilangan asam 36,73 mg/KOH).
 - Komposisi emulsi adjuvan vaksin : fasa minyak 65% (metil oleat dan asam oleat (8:2)), surfaktan 5% (Tween 80 dan GMO (1:9)), dan fasa air 30%.
 - Emulsi stabil dalam 7 hari dengan viskositas 130 cP.



Kelompok Peneliti

- Prof. Dr. Yenny Meliana, (Ketua)
yenn005@brin.go.id ; Hp : 08158196433
- Dr. Witta Kartika Restu,
- Melati Septiyanti, M.T,
- Evi Triwulandari, M.Si,
- Yan Irawan, M.Si,
- Yulianti Sampora, M.Si,
- Rista Siti Mawarni, S.T



Adjuvan Vaksin Unggas

24

APLIKASI BIODEGRADABLE POLIMER SINTETIK PADA PEMBUATAN PAPERBAG DARI PULP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK KEMASAN PEMBIBITAN

Peneliti: Dr. Sari Farah Dina, Timbas Prasad Ginting, Poltak Evencus Hutajulu, ST. MT., Ir. Lies Indriati, Dr. Elvri Melliaty Sitinjak, Dr. Gimelliya Saragih, Benny Rio Fernandez Ph.D, Rycce Sylviana Pratikha Ph.D, Meriahni Silalahi ST.

Isu lingkungan sebagai dampak penggunaan plastik non-biodegradable memberikan peluang untuk menerapkan kembali pemanfaatan bahan-bahan yang dapat didegradasi sebagai wadah pengemasan. Salah satu jenis kemasan plastik adalah polybag yang digunakan sebagai wadah untuk pembibitan. Kebutuhan akan polybag di unit pembibitan sawit terus meningkat sejalan dengan meningkatnya produksi minyak sawit Indonesia. Disisi lain, Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan sumber selulosa yang cukup melimpah. Beberapa hasil penelitian menyimpulkan bahwa pulp TKKS memiliki potensi besar untuk digunakan pada pembuatan kertas industri, seperti kertas liner dan medium.

Pulp TKKS tergolong kedalam serat pendek sampai sedang, dengan panjang serat berkisar antara 0,87 – 1,11 mm. Untuk memperoleh sifat kekuatan yang diinginkan dapat dilakukan secara eksternal melalui penambahan serat panjang atau penambahan bahan kimia penguat. Umumnya, penambahan bahan penguat bertujuan untuk meningkatkan kekuatan pada kondisi kering saja. Namun ketika kertas tersebut digunakan pada kondisi basah, sebagian besar ikatan hidrogen selulosa mengalami pelemahan sehingga kekuatan kertas akan turun secara drastis. Pada kertas yang memerlukan kekuatan tertentu saat dibasahkan, sifat hidrofilik serat harus dikendalikan dengan bahan kimia tertentu agar fobia terhadap air. Kertas yang dalam penggunaan akhirnya cenderung berada pada kondisi lembab/ basah dikategorikan kedalam kertas kuat basah (wet strength paper), diantaranya kertas tisu dan kemasan (packaging).

Pembuatan paperbag untuk kemasan pembibitan menggunakan bahan baku pulp TKKS telah dilakukan sejak tahun 2019. Penelitian ini memegang prinsip ekonomi sirkular, ramah lingkungan, dan menjadi salah satu alternatif

yang diajukan untuk menggantikan penggunaan polybag dari plastik. Agar dapat digunakan pada kondisi basah/ lembab, maka sentuhan teknologi dikembangkan untuk menghambat sifat hidrofilik dan mudah terdegradasi dari selulosa yang berasal dari pulp TKKS. Dari penelitian yang dilakukan terhadap beberapa jenis resin sintetik yang berfungsi sebagai agen pelindung, penguat, dan pencegahan pembengkakan serat selulosa apabila berada dalam lingkungan lembab atau basah telah disimpulkan resin yang bersifat kationik, efektif bekerja pada pH netral/ alkali, dapat didegradasi dan toksisitas rendah.

Penelitian ini diawali dengan optimasi sifat pulp melalui proses penggilingan (beating) pulp TKKS untuk menghasilkan kekuatan ikatan antar serat selulosa yang optimal. Sifat penetrasi terhadap air diatur dengan menambahkan sebanyak 0,4% bahan internal sizing yang bekerja pada kondisi pH netral – alkali. Bahan peretensi kationik sebanyak 0,2% dan bahan penguat kering sebanyak 0,3% (masing-masing terhadap berat kering serat). Terdapat 6 jenis resin sintetik yang digunakan sebagai agen penguat basah dengan dosis penambahan yang divariasikan (0 – 15%). Proses handsheet making dibuat dengan berat dasar 125 g/m², dilanjutkan dengan proses pengempaan pada tekanan 200 kg/cm² dan diakhiri melalui proses pemanasan pada suhu 120 °C selama 2 menit. Hasil uji menunjukkan bahwa resin kationik yang memiliki gugus azetidinium ataupun gugus bercabang dari etilen imin akan membentuk ikatan ester dengan gugus karboksil serat selulosa yang bermuatan negatif. Parameter kunci yang menjadi indikator sifat kuat basah adalah wet to dry tensile ratio (W/D ratio). Kertas kuat basah dari pulp TKKS untuk kantong pembibitan memiliki nilai W/D ratio hingga 68%. Hasil uji biodegradabilitas tanpa pengaruh mikroba mengindikasikan terjadi perusakan kertas kuat basah namun berjalan lambat.



Aplikasi Biodegradable Polimer Sintetik pada Pembuatan Paperbag dari Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Kemasan Pembibitan



S. F. Dina,^{1*} T. P. Ginting², P. E. Hutajulu¹, E. M. Sitingak¹, G. Saragih¹, B. R. Fernandez¹, R. S. Pratikha¹, M. Silalahi¹

¹Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan; ²Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit (GAPKI) Sumatera Utara: *0813-2976-5452

Latar belakang

68 PKS
~ 2.000 ton TKS/jam
KAPASITAS PKS PTPN

Potensi TKKS
• Berat rata-rata TKKS bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti usia tanaman, varietas kelapa sawit, dan kondisi pertanian.
• Secara umum, BRTKKS → 21 - 23% dari TBS.
• Potensi TKKS di lingkup BUMN PTPN di Sumatera Utara saja sekitar:
630 - 690 ton TKKS/jam

POLYBAG Konvensional Non-Biodegradable Packaging

- Potensi Limbah TKKS
- Pulp TKKS sebagai bahan baku *paperbag*
- Wet strength paper
- WSA apa yang tepat digunakan → mekanisme proteksi atau *reinforcement*

Pembuatan kertas konvensional melalui proses kimia dengan menggunakan bahan kimia berbahaya seperti klorin, hidrogen sulfida, dan sulfur dioksida. Proses ini menghasilkan limbah yang berbahaya dan beracun.

Pembuatan kertas biodegradable menggunakan pulp dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dicampur dengan polimer sintetik biodegradable. Proses ini lebih ramah lingkungan dan menghasilkan limbah yang lebih sedikit.

Unit Pembibitan: Target Tanam 25.000 - 35.000 Ha/tahun → 4 - 8 juta kantong polybag
1 unit pembibitan: 150.000 polybag/hari

Pada saat *replanting* (28 Thn) → polybag masih utuh didalam tanah

PPKS, Bakrie, Lonsum, Socfindo, SIPEE, ASTRA

Hasil dan Diskusi

Salah satu dari 115 karya inovasi Indonesia paling prospektif tahun 2023



**Refined pulp, kadar air 10%
Freeness: 500 mL CSF**

Proses beating, Konsistensi 1,5%

CSF tester, Uji Freeness

Pecampuran bahan kimia dengan berbagai komposisi untuk variasi gramatur, daya serap, porositas, dll

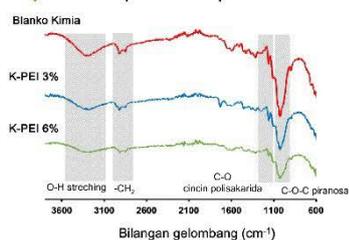
Handsheets 125 gm²

Lembaran kekuatan basah

Paperbag pembibitan

Karakterisasi

FTIR spektroskopi



TG-DTA

Kertas hasil pulp Termomekanis vs Kimia menggunakan WSA (PEI 12% dan PAE 12%)

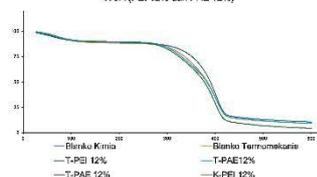
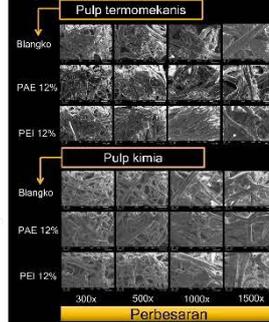
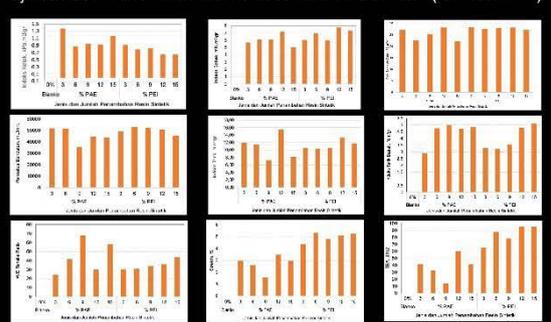


Foto SEM



Uji Fisik dan Mekanik Kertas Berdasarkan Variasi WSA (PAE dan PEI)



Kesimpulan

- ✓Kertas kekuatan basah (*Wet strength paper*) dari pulp TKKS hasil pemasakan Proses Kimia memberikan sifat kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan pulp TKKS hasil pemasakan Termomekanis.
- ✓Dari enam jenis sintetik penguat basah yang diaplikasikan, maka *biodegradable* resin turunan Amin-epiklorohidrin dan Etilen-amin memberikan kekuatan basah yang paling baik.
- ✓Uji pembibitan menggunakan *paperbag* kekuatan basah dari pulp TKKS sedang dilakukan.
- ✓PATEN kertas kekuatan basah dari pulp TKKS sedang diajukan.

Acknowledgement

Penelitian ini didanai oleh BDPKS. No. Kontrak: PRJ-25.6/DPKS/DIT.IV/2024

25

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI CARBON BLACK DARI BIOMASSA KELAPA SAWIT

Peneliti: Ir. Agus Kismanto MSc.

Carbon black adalah partikel sangat halus yang dihasilkan dari pembakaran parsial dan pirolisis minyak fosil. Sebagian besar produksi carbon black digunakan sebagai bahan penguat ban kendaraan, namun juga memiliki berbagai aplikasi lainnya seperti pigmen, stabilizer UV, isolator, tinta, pelapis, selang, dan sabuk konveyor. Produksi global carbon black mencapai sekitar 15 juta ton dengan nilai sekitar 14 miliar USD. Saat ini, upaya untuk memproduksi produk rendah karbon semakin ditingkatkan guna mendukung transisi menuju dunia dengan emisi net-zero di masa depan. Carbon black yang dihasilkan dari biomassa menjadi salah satu pilihan yang menarik dalam mendukung tujuan ini.

Perkebunan kelapa sawit merupakan sumber biomassa yang sangat besar, dengan potensi produksi mencapai 200 juta ton per tahun, sehingga lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan bahan baku carbon black bagi seluruh pasar global. Dengan harga carbon black sekitar USD 1.000 per ton, riset mengenai teknologi produksi carbon black dari biomassa kelapa sawit menjadi sangat menjanjikan. Carbon black memiliki karakteristik utama berupa kadar karbon >95%, kadar abu kurang dari 0,4%, dan ukuran partikel antara 20 hingga 300 nm. Dalam riset ini, teknologi produksi carbon black dari bahan baku 100% terbarukan dikaji agar dapat diimplementasikan secara optimal

Teknologi produksi yang diteliti dimulai dengan pirolisis lambat pada suhu 400-600°C terhadap biomassa kelapa sawit, menghasilkan minyak pirolisa dan arang. Minyak pirolisa ini kemudian digunakan sebagai bahan

umpan dalam reaktor furnace black pada suhu 1300-1750°C. Metode penelitian dimulai dengan melakukan benchmarking terhadap carbon black dari beberapa merek ternama, kemudian membangun peralatan produksi skala kecil untuk percobaan menggunakan bahan baku minyak berat, seperti yang digunakan dalam pabrik konvensional. Selanjutnya, peralatan ini dimodifikasi dan dioptimalkan untuk mencapai biaya produksi yang efisien dan kualitas produk yang optimal. Setelah itu, bahan baku produksi carbon black digantikan dengan minyak pirolisa dari biomassa kelapa sawit, dan proses produksi dioptimalkan secara terus-menerus untuk mencapai biaya dan mutu yang lebih baik. Setelah parameter optimal tercapai, dilakukan desain peningkatan skala (upscaling) untuk tujuan komersialisasi.

Pada pertengahan tahun kedua penelitian ini, beberapa karya ilmiah telah diterbitkan di jurnal internasional bereputasi tinggi, serta paten dengan judul 'Sistem Konversi Biomassa menjadi Carbon Black' telah diajukan ke Dirjen Kekayaan Intelektual. Berdasarkan perhitungan teoritis, diperlukan sekitar 7,15 kg biomassa kering untuk menghasilkan 1 kg carbon black, sehingga pengembangan teknologi ini sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut. Reaktor Carbon Black dengan kapasitas 10 kg bahan baku per jam telah berhasil dibangun. Selain itu, sampel sol sepatu dengan filler dari carbon black hasil pengolahan minyak pirolisa pelepah sawit telah berhasil dibuat, demikian pula jaket anti-stroke dengan bahan pendingin yang ditambah campuran carbon black. Meskipun tantangan penelitian masih banyak, terutama dalam meningkatkan kualitas dan rendemen pada skala kecil, pengetahuan yang

No. Kontrak:
PRJ-01/DPKS/DIT.IV/2023

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI CARBON BLACK DARI BIOMASSA KELAPA SAWIT

TUJUAN PENELITIAN

Mengembangkan teknologi produksi Carbon Black dari Biomassa khususnya biomassa dari kelapa sawit, yang didahului dengan proses pyrolisa biomassa, sehingga keekonomian proses produksi ini dapat tercapai.



METODE PENELITIAN

- Melakukan benchmarking terhadap carbon black dari beberapa merek yang terkenal.
- Membangun peralatan teknologi produksi carbon black pada skala kecil.
- Melakukan percobaan dengan bahan baku minyak berat seperti dilakukan oleh pabrik konvensional.
- Melakukan modifikasi dan optimasi peralatan agar biaya produksi dan mutu produk optimal.
- Mengganti bahan baku produksi carbon black dengan bahan minyak pirolisa biomassa kelapa sawit.
- Melakukan optimalisasi produksi terus menerus, sehingga biaya produksi dan mutu yang lebih optimal.
- Melakukan design upscaling untuk keperluan komersialisasi.

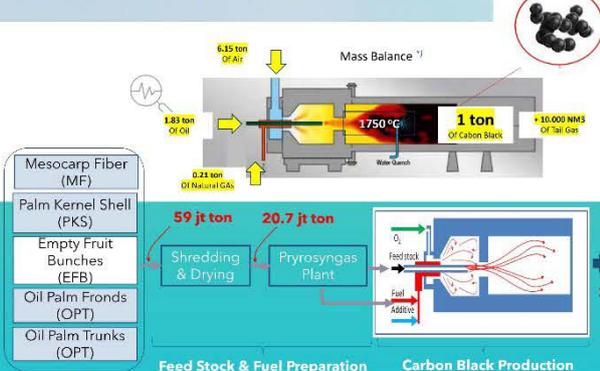
HASIL YANG TELAH DICAPAI



Reaktor Carbon Black



PROSES PRODUKSI CARBON BLACK



PROSPEK BIOMASSA SAWIT

CARBON BLACK N770

Sampel sol sepatu olahraga berfiller carbon black pelepah kelapa sawit

Penggunaan carbon black pada jaket 0.5wt% yang bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan konduktivitas termal material PCM



Paper Published

KESIMPULAN

- Riset telah menghasilkan kualitas Carbon Black yang dapat dipakai sebagai bahan baku sebagian pabrik ban (N770).
- Penggunaan tandan kosong sebagai bahan baku carbon black membuat kelayakan keekonomiannya diperkirakan menarik.
- Teknologi penyiapan bahan baku dan bahan bakar carbon black berupa pyrosyngas yang berbasis tandan kosong kelapa sawit harus segera diwujudkan.
- Riset Teknologi Produksi Furnace Black dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sangat layak untuk dikembangkan.

PENELITI

Ir. Agus Kismanto, M.Sc.
+62 812-5707-5940
agus018@brin.go.id

Lahan/Tanah/Bibit /Budidaya

26

PENGEMBANGAN REFERENSI PAN-GENOME DAN PENERAPAN ASSOCIATION STUDIES PADA KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) SEBAGAI PERCEPATAN RISET BIOTEKNOLOGI DAN PEMULIAAN KELAPA SAWIT DI INDONESIA

Peneliti: Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.Sc.

Dalam pemuliaan berbasis molekuler, ketersediaan referensi genom sangat penting untuk dijadikan acuan lokasi marka terhadap komponen genom. Variasi-variasi genom yang biasa dijadikan marka seperti SNP dan repeat dapat dipetakan dengan baik pada referensi genom. Di sisi lain, variasi dengan ukuran lebih besar tidak dapat dipetakan pada genom yang hanya berasal dari satu individu. Referensi pan-genom adalah kumpulan genom dari beberapa individu yang dapat mewakili keseluruhan individu pada suatu spesies. Tujuan dari penelitian ini adalah menyusun referensi pan-genom sawit menggunakan berbagai populasi penting tanaman sawit di Indonesia, termasuk populasi liar dan galur komersial yang digunakan dalam program pemuliaan. Selain referensi pan-genom, akan digunakan untuk menemukan marka fungsional terkait kuantitas dan kualitas minyak sawit melalui studi asosiasi terhadap populasi liar sawit yang berasal dari Kamerun dan Angola.

Pan-genom telah berhasil disusun dari tiga puluh aksesi kelapa sawit yang mewakili populasi liar, pemuliaan dan komersial. Studi filogenetik menggunakan 1,385,258 SNP menunjukkan kluster genetik yang terbentuk dari tiap jenis populasi tersebut. Aksesi-aksesi dura deli membentuk satu kluster tersendiri dengan aksesi Kebun Raya Bogor (Eg-DKRB) menunjukkan adanya kekerabatan antara dura deli dengan tanaman sawit Kebun Raya Bogor. Di sisi lain aksesi-aksesi dari populasi liar (Kamerun dan Angola) membentuk satu kluster tersendiri dengan keragaman genetik yang cukup besar, serta terpisah dari kluster dura deli maupun tenera komersial. Referensi pan-genom telah disusun menggunakan metode graph, dimana setiap variasi

diterjemahkan dalam bentuk node yang dihubungkan oleh edge. Referensi pan-genom yang berhasil dibuat terdiri dari 208,844,553 node, 254,914,983 edge, serta memiliki panjang total 2,132,173,561 bp. Ekstraksi variasi struktural dari graph pan-genom menghasilkan 276,654 variasi yang terdiri dari 134,105 delesi dan 142,509 insersi. Selanjutnya graph pan-genom dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan genotipe aksesi kelapa sawit berdasarkan variasi struktural.

Deteksi variasi struktural akan dilakukan menggunakan pendekatan whole genome sequencing (wgs) dengan total coverage 20x terhadap 384 aksesi liar orijin Kamerun dan Angola. Marka berasosiasi nyata akan divalidasi terhadap 50 aksesi varietas PPKS540 atau populasi independen lainnya. Sebanyak 40 fenotipe terkait kualitas dan kuantitas minyak serta vegetatif sawit diamati dan dianalisis. Studi asosiasi antara variasi genetik struktural dengan fenotipe aksesi liar akan dilakukan menggunakan pendekatan Pan-GWAS. Komparasi genomik antara *E. guineensis* dan *E. oleifera* dilakukan untuk mendapatkan variasi genetik struktural terkait karakter kualitas minyak. Selain berguna sebagai marka genetik, variasi genetik struktural juga dapat digunakan sebagai target untuk rekayasa genetik, baik menggunakan pendekatan transgenik maupun teknologi terbaru CRISPR/Cas9.



The first oil palm pan-genome

Aditama R, Siregar HA, Dinary D, **Sudarsono**

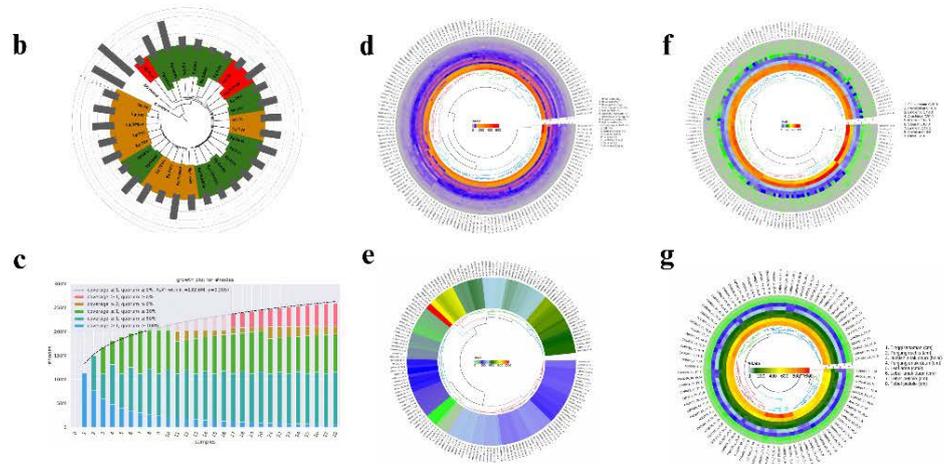
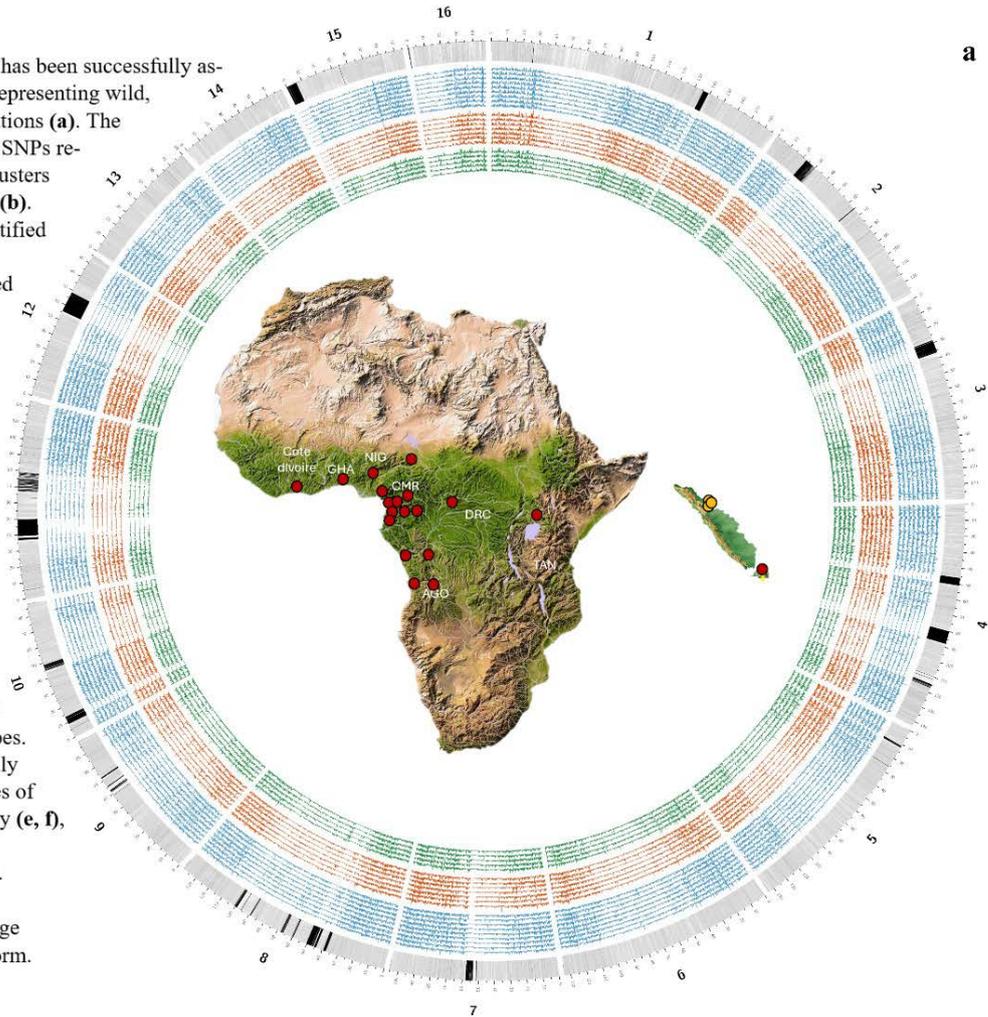
Plant Molecular Biology Lab, IPB University // Indonesia Oil Palm Research Institute

The first oil palm pan-genome has been successfully assembled from thirty accessions representing wild, breeding and commercial populations (a). The phylogenetic study of 1,385,258 SNPs revealed the presence of genetic clusters among the tree population types (b). Graph analysis successfully identified 276,654 structural variants with lengths more than 50 bp dispersed across 16 chromosomes. Of the structural variants discovered, 134,105 were deletions and 142,509 were insertions. The slow increase in structural variants with increasing sample numbers suggests that the oil palm pan-genome is closed (c).

The first oil palm pan-GWAS is being constructed using the Cameroon, Angola, and DxP PPKS 540 populations. Association studies will be conducted on structural variants and the diversity of various phenotypes. Phenotyping has been successfully carried out on various phenotypes of bunch components (d), oil quality (e, f), and vegetative morphology (g) which show quite wide diversity. Meanwhile, genotyping is being conducted utilizing a 20x coverage whole genome sequencing platform.

Key References

- Bayer *et al.* 2020. Plant pan-genomes are the new reference. *Nat. Plants* **6**, 914-920
- Hickey *et al.* 2024. Pangenome graph construction from genome alignment with Minigraph-Cactus. *Nat. Biol.* **42**, 663-673
- Zhou *et al.* 2022. Graph pangenome captures missing heritability and empowers tomato breeding. *Nature* **606**(7914), 527-534



27

APLIKASI TEKNIK PEMULIAAN MAJU DAN PENGEMBANGAN MEDIUM KULTUR JARINGAN BERBASIS SILIKA (SI) UNTUK PERCEPATAN PEROLEHAN BIBIT KELAPA SAWIT UNGGUL TOLERAN KEKERINGAN

Peneliti: Galuh W. Permatasari, Riza A. Putranto, Hayati Minarsih, Imron Riyadi, Ernayunita

Perakitan tanaman kelapa sawit toleran kekeringan menggunakan metode konvensional sudah banyak dilakukan. Namun teknik tersebut membutuhkan waktu perakitan varietas yang cukup lama. Saat ini, mulai dikembangkan perakitan tanaman kelapa sawit dengan pendekatan genome editing, salah satunya menggunakan tools CRISPR/Cas9. Tujuan utama riset ini adalah merakit tanaman kelapa sawit yang memiliki karakter toleran kekeringan dengan melakukan insersi gen krusial penentu toleran kekeringan pada planlet sawit menggunakan metode Agroinfiltrasi.

Pada tahun pertama telah didapatkan bahan tanam yang akan diedit yakni PPKS 718 Var Yangambi. Bahan tanam tersebut akan diedit dengan CRISPR/Cas9 yang menarget gen OST2 melalui optimasi Agroinfiltrasi. Teknik Agroinfiltrasi dipilih untuk teknik transformasi karena mudah, namun ekspresinya hanya sementara. Maka penggunaan sumber eksplan sawit dengan umur lebih muda lebih disarankan untuk mengintegrasikan plasmid pada genome dalam sel yang masih mampu berproliferasi dengan cepat. Perlakuan Agroinfiltrasi yang dilakukan yakni: variasi waktu 1 menit, 5 menit, dan 10 menit, serta tekanan 100 mbar dan 200 mbar. Validasi molekular dilakukan untuk mengecek integrasi dan penyuntingan gen target. Hasil menunjukkan bahwa integrasi berhasil dilakukan, ditandai dengan munculnya pita Cas9 dan NPTII di hari ke 7 dan 30. Namun, setelah dilakukan analisis sekuensing, tidak dijumpai adanya editing pada daerah OST2. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya chimera, disfungsi sgRNA, mekanisme repair tanaman sawit yang cepat, dan ekspresi transient atau sementara. Selanjutnya, perlu digunakan

tanaman dengan usia lebih muda untuk mengeliminasi kemungkinan repair dengan cepat, yakni menggunakan kecambah sawit dan benih pre-heated. Namun, teknik agroinfiltrasi secara in vitro belum optimal karena terlalu rawan untuk terkontaminasi. Optimasi teknik agroinfiltrasi yang optimum yakni pada perlakuan Agroinfiltrasi selama 5 menit, 100 mbar. Hal tersebut dibuktikan dari analisis histologi dari bibit sawit pada usia 1 hari setelah diperlakukan dengan Agroinfiltrasi yang menunjukkan peningkatan ketebalan diameter batang dan akar, berkas pengangkut dan tulang tengah (midrib) daun

Pada tahun kedua, tanaman yang telah terkonfirmasi positif Cas9 dan NPTII diberi silika (Biosilac) dengan dosis 0, 25 mL, dan 75 mL lalu diberi perlakuan cekaman kekeringan 0%, 50% dan 100% sesuai kapasitas lapang. Data menunjukkan pemberian silika 75 mL mampu meningkatkan konduktansi stomata, asimilasi dan kandungan klorofil pada tanaman transforman walaupun dicekam kekeringan 100% (tanpa disiram 30 hari).

Application of Advanced Breeding Techniques and Application of Silica (Si)- for Accelerating the Acquisition of Drought-Tolerant Oil Palm Seedlings

GRANT NUMBER: PRJ-359/DPKS/2022

Galuh W. Permatasari, Riza A. Putranto, Hayati Minarsih, Imron Riyadi, Ernayunita, Masna M. Sinta, Rizka T. Saptari, Annisa A. Aksa, Yuli Setiawati, Dini A. Sari

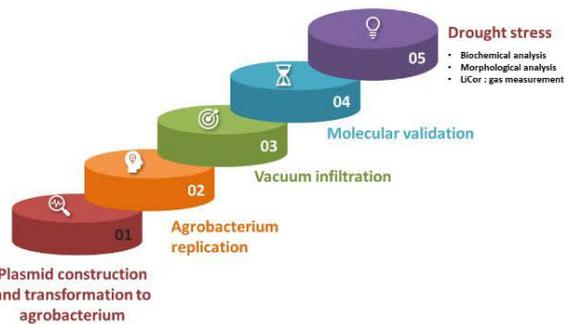
Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI)



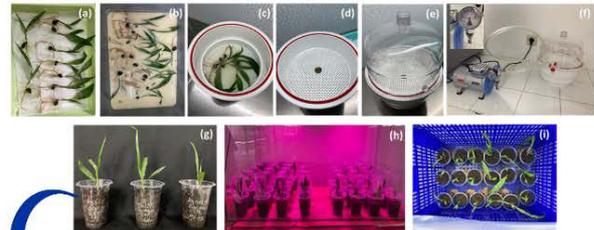
INTRODUCTION

The urgency of developing drought-tolerant oil palm has driven researchers to apply advanced breeding techniques, such as CRISPR/Cas9 technology. Stable genetic transfer, including the incorporation of DNA or plasmids, is becoming increasingly popular for developing new plant varieties with enhanced traits. However, transient genetic transfer is crucial for testing the effectiveness of genetic material before stable T-DNA integration. Our pilot experiment highlighted the need for a rapid and scalable T-DNA insertion method in oil palm (*Elaeis guineensis*), given the low insertion efficiency and the limited availability of callus material.

PROCEDURE



VACUUM-INFILTRATION PROCESS



Oil palm seedlings were washed, submerged in 0.4% fungicide for 20 minutes, dried, then vacuum infiltrated at 100 and 200 mbar for 1, 5, and 10 minutes. After infiltration, seedlings were planted in sterile soil and incubated. Leaf samples were collected at 1, 7, and 30 days post-infiltration for DNA isolation.

OBJECTIVE

- Optimization of CRISPR/Cas9 plasmid transformation using vacuum infiltration-based methods
- Optimization of silica dosages application to transformant vs WT
- Assessment of the effect of gene editing and silica application

METHODOLOGY

We utilized CRISPR/Cas9 technology to edit the OST2 gene in oil palm genome via vacuum infiltration.

Vacuum infiltration:

- 100 mbar (1 min, 5 min, 10 min)
- 200 mbar (1 min, 5 min, 10 min)

Silica application:

- P1 (NPK only)
- P2 (NPK + 25 mL Biosilac)
- P3 (NPK + 75 mL Biosilac)

Drought stress condition: 0%, 50%, 100% (field capacity)

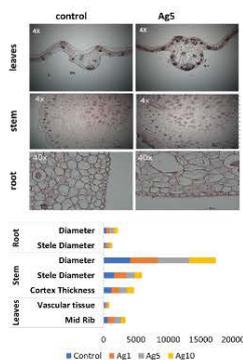
RESULTS/FINDINGS

We conducted three types of analysis: validation of insertion after vacuum infiltration, histological analysis, and biochemical analysis following drought stress. The validation data show the integration of the T-DNA CRISPR/Cas9 harboring the OST2 gene into the oil palm genome, even at the lowest pressure of 100 mbar with a 5-minute incubation time. However, sequencing analysis did not indicate any editing occurrence, which may suggest the possibility of off-target events

A. VALIDATION OF INSERTION

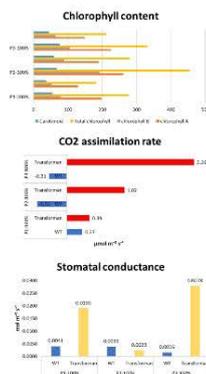


B. HISTOLOGICAL ANALYSIS



Histological analysis reveals significant differences in the midrib and vascular tissue of the leaves, stela diameter and cortex thickness in the stem, and stela diameter in the root

C. BIOCHEMICAL ANALYSIS AFTER DROUGHT STRESS



Chlorophyll content, assimilation rate, and stomatal conductance after 100% drought stress are significantly enhanced in the transgenic plants following the application of Biosilac at 25 mL (P2) and 75 mL (P3)

ANALYSIS

- Transformation via vacuum infiltration successfully inserted the T-DNA; however, the editing event failed, indicating the need to redesign the sgRNA
- A pressure of 100 mbar for 5 minutes enhanced the size of the vascular and epidermal tissues in oil palm organs
- Silica treatment showed a synergistic effect with CRISPR/Cas9, improving chlorophyll content, assimilation rate, and stomatal conductance under 100% drought stress in transgenic plants compare to wild-type

CONCLUSION

- Optimization of the infiltration method involves a 5-minute duration at 100 mbar pressure, as demonstrated by molecular and histological analyses.
- A silica dosage of 75 mL is the most effective for enhancing biochemical responses in transgenic plants, even under drought conditions

REFERENCES

- Asmini Budiani et al 2018. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci.183 012003
- Deguchi M, Dhir S, Potiayakala S, Dhir S, Curtis WR, Rudrabhatte S. In planta Female Flower Agroinfiltration Alters the Cannabinoid Composition in Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.). Front Plant Sci. 2022;13:921970.
- Fullner KJ, Nestor EW. Temperature affects the T-DNA transfer machinery of *Agrobacterium tumefaciens*. J Bacteriol. 1996; Mar;178(6):1495-504.
- Jia H, Orbovic V, Wang N. CRISPR-LbCas12a-mediated modification of citrus - PubMed. Plant Biotechnol 117(10):1928-37.

28

PRODUKSI FLAVONOID OPLE INHIBITOR CYP51 HASIL PENAPISAN FITOKIMIA DENGAN MOLECULAR DOCKING DAN UJI EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA SP BONINENSE

Peneliti: Irma Kresnawaty, Annisa A. Aksa, Galuh W Permatasari, Happy Widiastuti, Poppy Arisandy, Deden Dewantara Eris, & Djoko Santoso

Busuk pangkal batang (BPB) merupakan penyakit utama pada tanaman kelapa sawit dan dapat menimbulkan kehilangan hasil yang besar bagi usaha perkebunan kelapa sawit. Selain bahan tanam yang toleran, hingga saat ini belum ada cara pengendalian yang dianggap memuaskan dan ramah lingkungan terhadap penyakit yang disebabkan oleh cendawan *Ganoderma sp boninense* ini. Pada siklus hidupnya, ada keterkaitan yang kuat antara perkembangan *Ganoderma sp* dengan biosintesis Ergosterol yang merupakan komponen membran sel cendawan tingkat tinggi tersebut. Dalam penelitian ini akan diproduksi fitokimia penghambat biosintesis Ergosterol pada target enzim CYP51 (Lanosterol 14 α -demethylase) dan diuji efikasinya terhadap *Ganoderma sp*. Dari skrining dengan molecular docking menggunakan target CYP51, diperoleh beberapa senyawa fitokimia yang berpotensi kuat sebagai inhibitor CYP51 karena memiliki skor binding affinity (BA) yang besar terhadap target tersebut yaitu Catechin; Epigallocatechin; Epigallocatechin gallate, Epicatechin; dan Epicatechin gallate. Ada satu sumber Flavonoid dari tanaman yang cukup berpotensi untuk ditindaklanjuti karena kemudahan dan ketersediaannya sebagai bahan baku serta kandungan flavonoidnya, yaitu daun kelapa sawit. OPLE (oil palm leaves extract) mengandung senyawa Flavonoid yang relatif cukup besar, lebih besar daripada Flavonoid dalam daun teh, sumber flavonoid yang telah dikenal selama ini. OPLE mengandung Catechin 3.000 ppm; Epigallocatechin gallate 2.800 ppm; Epigallocatechin 800 ppm; Epicatechin 100 ppm; dan Epicatechin gallate 500 ppm. Pelepah daun kelapa sawit merupakan biomassa yang relatif melimpah di perkebunan kelapa sawit namun belum dimanfaatkan secara optimal. Uji pendahuluan secara in vitro, mengindikasikan bahwa OPLE pada 166,5 mg liter⁻¹ memiliki efikasi penghambatan yang cukup baik terhadap pertumbuhan *Ganoderma sp*. Untuk pembuatan prototipe fungisida organik, fitokimia inhibitor CYP51 akan diproduksi melalui ekstraksi bahan kering daun kelapa sawit menggunakan pelarut metanol. Setelah dipekatkan menggunakan evaporator vakum, kandungan Flavonoid di

dalam ekstrak dapat diperkaya melalui fraksinasi menggunakan fasa cair:cair dan cair:padat. Setelah bioassay, uji efikasi penghambatan secara in vitro terhadap pertumbuhan *Ganoderma sp*, fraksi kaya senyawa bioaktif (FKB), the bioactive compounds-rich fraction (BRF) digunakan untuk membuat formula fungisida organik (FFO) dan bioassay in vitro. Prototipe produk FFO terbaik akan divalidasi efikasinya terhadap bibit kelapa sawit yang terinfeksi *Ganoderma sp*. Pada tahun I telah diperoleh kesimpulan bahwa : 1) Ekstrak aseton OPLE menunjukkan potensi sebagai anti *Ganoderma sp* dengan rendemen 8,92%, 2) Identifikasi flavonoid ekstrak TCA OPLE menunjukkan kandungan senyawa Lutelin dan quercetin, 3) Ekstraksi dengan metode TCA dan NADES meningkatkan efektivitas OPLE sebagai bahan aktif anti *Ganoderma sp*. Inokulasi *Ganoderma sp* pada bibit KS menunjukkan gejala setelah 2 bulan setelah inokulasi (pembusukan akar dan atau munculnya tubuh buah), 4) Formulasi A (OPLE 2F2x2, dan surfaktan) berpotensi menghambat pertumbuhan *Ganoderma sp* sebagai upaya penanggulangan secara kuratif. Kegiatan tahun II fokus pada uji efektivitas di pembibitan dan lapang, serta formulasi formula OPLE yang stabil secara kandungan flavonoid dan aktivitas anti *Ganoderma*. Hasil sementara menunjukkan bahwa penurunan tingkat infeksi terbaik pada perlakuan 2F2x2 SLES-Biost dan OPLE TCA +Surf-Biost sebesar masing-masing 33%. Pertumbuhan tanaman dengan aplikasi OPLE 2F2x2 tidak berbeda nyata dengan kontrol negatif tanpa inokulasi. Aktivitas antioksidan dan kadar flavonoid relatif stabil pada formula aseton kemungkinan akibat stabilitas konjugasi aseton. Formulasi aseton memiliki aktivitas anti *Ganoderma* lebih baik dibandingkan formula NADES dengan daya hambat yang stabil selama 3 bulan penyimpanan. Dari data skoring dan DSI perlakuan terbaik formula 2F2x2 aseton +SLES+Biost dan 2F2x2 ekstrak aseton+SLES+Biostim dengan penurunan DSI masing-masing 35%. Perhitungan harga pokok produksi menghasilkan nilai Rp49.419,-/L yang cukup ekonomis untuk produk biopestida berbahan dasar bahan organik.

Produksi Flavonoid OPLE Inhibitor Cyp51 Hasil Penapisan Fitokimia dengan Molecular Docking dan Uji Efikasinya terhadap *G. boninense*

AUTHORS

Dr. Irma Kresnawaty, MSI
 Dr. Happy Widiastuti, MSI
 Galuh Wening Pemasari, M.Eng
 Annisa A. Aksa, M.Eng
 Deden Dewantara Eris, MSI
 Dr. Djoko Santoso, MSc

AFFILIATIONS

Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI)

PENDAHULUAN



SERANGAN GANODERMA PADA SAWIT



LIMBAH SAWIT

Limbah pelepah sawit mencapai 3108 ton/ha/bulan

KANDUNGAN FLAVONOID OPLE-TEH:

- EPIGALLOCATHECIN 800 MG/KG
- CATHECIN 5 G/KG
- EPICATHECIN 100 MG/KG
- EPIGALLOCATHECIN GALLATE 2.8 G/KG
- EPICATHECIN GALLATE 500 MG/KG
- GLUKOSIDA (IAFFRI ET AL., 2011)

STATE OF ART

Pemanfaatan OPLE sebagai fungisida berbasis flavonoid menargetkan **ERGOSTEROL PROTEIN**



- KERUGIAN ± RP 210 M/TAHUN
- AREA TERINFEKSI ±118 RIBU HA

TUJUAN

- Produksi ekstrak daun sawit (OPLE) dan FR-OPLE (Flavonoid rich OPLE)
- Formulasi fungsida organik dari FR-OPLE
- Uji efikasi bibit kelapa sawit terinfeksi ganoderma

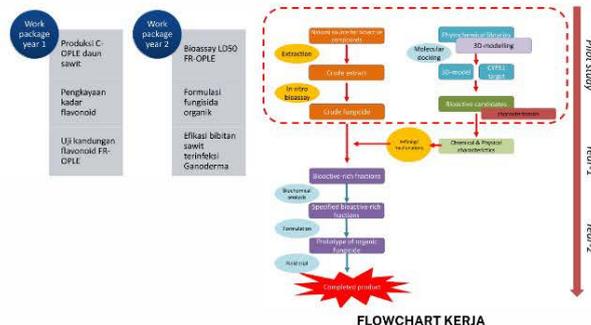
LUARAN

- Prototipe produk cairan kental (Ganosida)
- Paten sederhana
- Jurnal ilmiah (nasional/internasional)

MANFAAT

- Upaya penanganan Ganoderma pada perkebunan sawit
- Peningkatan nilai tambah OPLE
- Model skrining virtual bahan aktif

METODE

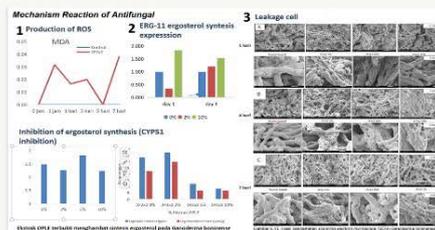


HASIL



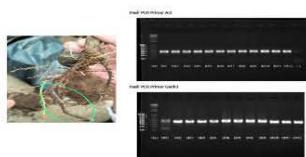
- Ekstraksi bahan aktif dilakukan dengan menggunakan pelarut organik yaitu metanol dan aseton, serta penggunaan teknik ekstraksi menggunakan TCA dan Natural Deep Eutentic Solvent (NADES).
- Ekstraksi dengan metode TCA dan NADES (2F2x2) meningkatkan efektivitas OPLE sebagai bahan aktif anti *Ganoderma* sp.

Penentuan Mekanisme Aksi Anti Ganoderma



- Tiga kemungkinan mekanisme utama antifungal:
1. Produksi ROS
 2. Sintesis ekspresi ERG-11
 3. Pelubangan atau kerusakan sel pada ganoderma

1. VALIDASI INFEKSI ARTIFICIAL SECARA MOLEKULAR



Konfirmasi infeksi artificial *G. boninense* pada akar sawit secara molekular dilakukan dengan primer spesifik GanB3

2. APLIKASI OPLE



Pelakuan OPLE (2F2x2) dan OPLE TCA) menunjukkan tingkat infeksi yang lebih rendah dibandingkan kontrol positif

3. FORMULASI OPLE SEBAGAI BIOFUNGSIDA

Pelakuan	Disease Severity Index	Persen penurunan tingkat infeksi
2F2x2 + Surf + Biost	59.09	-30
2F2x2 + Surf - Biost	50.00	-10
2F2x2 + SLES + Biost	63.64	-40
2F2x2 + SLES - Biost	61.36	-35
2F2x2 ekstrak aseton + SLES + Biost	29.55	35
2F2x2 ekstrak aseton + SLES - Biost	38.64	15
2F2x2 ekstrak aseton + SLES + Triche + Biost	29.55	35
Kontrol Hexaconazole	45.45	0
Kontrol Trichoderma	38.64	15
Kontrol Positif ulangan 1	45.45	-
Kontrol Negatif	0.00	-



Biostimulan (Biomstim) juga mampu meningkatkan pertumbuhan akar walaupun telah terinfeksi Ganoderma -- efek recovery



Pelakuan terbaik formulasi OPLE:

1. 2F2x2 aseton + SLES + Bios
2. 2F2x2 ekstrak aseton + SLES + Biomstim

Penurunan DSI masing-masing 35%

OPLE dapat berperan sebagai Biofungisida sekaligus Biostimulan pasca infeksi Ganoderma

KESIMPULAN

- Aktivitas antioksidan dan kadar flavonoid relatif stabil pada formula aseton
- Formulasi aseton memiliki aktivitas anti Ganoderma lebih baik dibandingkan formula NADES dengan daya hambat yang stabil selama 3 bulan penyimpanan
- Penurunan tingkat infeksi terbaik pada perlakuan 2F2x2 SLES-Biost dan OPLE TCA + Surf-Biost sebesar masing-masing 33%
- Pertumbuhan tanaman dengan aplikasi OPLE 2F2x2 tidak berbeda nyata dengan kontrol negatif tanpa inokulasi
- Perlakuan terbaik formula 2F2x2 aseton + SLES + Bios dan 2F2x2 ekstrak aseton + SLES + Trich + Biomstim dengan penurunan DSI masing-masing 35%
- Perhitungan HPP menghasilkan nilai Rp 49.419 /L yang ekonomis



29

PENGAYAAN BAHAN AKTIF FUNGISIDA ORGANIK GANOR UNTUK MENINGKATKAN EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA

Peneliti: Ciptadi Achmad Yusup, SP, M.Si dan Tim Peneliti

Penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense* merupakan penyakit utama pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia dan menimbulkan kerugian yang sangat besar. Beragam penelitian menunjukkan bahwa penyakit BPB merupakan penyakit yang kompleks, dengan demikian pengendalian penyakit BPB harus dilakukan secara menyeluruh dan terpadu. Saat ini diperlukan tindakan pengendalian secara kuratif yang ramah lingkungan untuk melengkapi tindakan pengendalian secara preventif yang sudah diimplementasikan. Salah satu tindakan kuratif yang ramah lingkungan adalah dengan aplikasi fungisida organik yang memiliki efek destruktif terhadap *G. boninense*.

Setelah melakukan serangkaian pengujian *in vitro* di laboratorium, bahan aktif yang terpilih untuk memperkaya fungisida organik (FO) Ganor adalah polifenol, selanjutnya disebut Ganor+. FO Ganor+ kemudian diuji secara *in vivo* pada bibit kelapa sawit yang telah diinokulasikan *G. boninense*. Setelah 10 bulan, bibit kelapa sawit yang diuji kemudian di belah pada bagian pangkal batangnya untuk mengamati tingkat pembusukan batang yang terjadi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi FO Ganor+ mampu menurunkan tingkat pembusukan pangkal batang bibit kelapa sawit dari 49,68% pada kontrol positif menjadi 21,69 – 26,11% pada perlakuan Ganor+.

FO Ganor+ yang dikombinasikan dengan polifenol tersebut selanjutnya diformulasi menjadi larutan stabil yang setelah melewati masa simpan selama 1 tahun didalam wadah tidak tembus cahaya dan pada suhu ruang tidak menunjukkan penurunan efektivitas dalam menghambat koloni *G. boninense* secara *in vitro*. Analisis kandungan FO Ganor+ yang sudah disimpan selama 1 tahun tersebut tidak mengalami perubahan warna, kekentalan, bau maupun kandungan dibandingkan dengan pada saat pertama kali diproduksi. Berdasarkan hasil pengujian *in vivo* pada bibit, dilakukan optimasi formulasi FO Ganor+ dengan meningkatkan konsentrasi polifenol menjadi 2%. Formulasi ini memiliki aktivitas antifungal yang lebih baik dan digunakan pada pengujian lapangan.

Penelitian tahun kedua berfokus pada pengujian multilokasi FO Ganor+ di lapangan. Lokasi pengujian dilakukan di empat lokasi yang memiliki jenis lahan mineral, sub-optimal, dan gambut. Lokasi tersebut berada di wilayah Jawa Barat yakni di Cimulang (lahan mineral) dan Cislak Baru (lahan sub-optimal), dan di wilayah Sumatera Utara yakni di Gunung Bayu (lahan mineral) dan Labuhan Batu (lahan gambut). Terdapat 5 perlakuan yang diujikan termasuk kontrol, FO Ganor lama dan 3 konsentrasi FO Ganor+. Selain itu perlakuan dikombinasikan dengan dua interval aplikasi, yakni sebulan sekali dan 2 bulan sekali selama 6 bulan.

Hasil sementara aplikasi di lapangan menunjukkan bahwa hingga 5 bulan setelah aplikasi (BSA) pertama terdapat adanya tren penurunan gejala serangan penyakit BPB yang ditunjukkan dengan penurunan jumlah daun tombak per tanaman di lokasi dengan jenis lahan mineral dan sub-optimal. Informasi lain yang diperoleh bahwa aplikasi FO Ganor+ berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tombak per tanaman di seluruh lokasi pengujian. Interval aplikasi tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tombak per tanaman. Aplikasi FO Ganor+ juga memengaruhi tubuh buah *G. boninense* dengan menjadikan tubuh buah kering dan menghitam dalam waktu 1 bulan. Pengamatan akan dilanjutkan hingga 9 BSA atau 3 bulan setelah aplikasi terakhir.

Pengujian aktivitas enzim ligninolitik, yakni enzim lakase, mangan peroksidase (MnP) dan lignin peroksidase (LiP) dilakukan pada 3, 6 dan 9 BSA. Hasil pada 3 BSA menunjukkan bahwa jumlah enzim ligninolitik yang terdeteksi dari ekstrak jaringan pangkal batang tanaman yang diaplikasikan FO Ganor+ lebih rendah dibandingkan kontrol. Rendahnya jumlah enzim ligninolitik ini diduga berkorelasi dengan penurunan aktivitas metabolisme *G. boninense*. Meskipun demikian, masih terdapat faktor lain yang memengaruhi jumlah enzim ligninolitik seperti kondisi tanaman inang dan tingkat virulensi dari *G. boninense* itu sendiri. Pengamatan juga dilakukan terhadap kandungan ergosterol pada jaringan pangkal batang, yang saat ini masih dalam proses analisis.



PENGAYAAN BAHAN AKTIF FUNGISIDA ORGANIK GANOR UNTUK MENINGKATKAN EFIKASINYA TERHADAP *Ganoderma*

No. Kontrak : PRJ-361/DPKS/2022

Ciptadi Achmad Yusup*, Deden Dewantara Eris, Agustin Sri Mulyatni, Mahardika Gama Pradana, Happy Widiastuti

Pusat Penelitian Kelapa Sawit - PT. Riset Perkebunan Nusantara

*Ketua Peneliti : +62 857-2492-8887 / ciptadi.a.yusup@gmail.com



TUJUAN PENELITIAN

Meningkatkan efikasi fungisida organik GANOR dalam mengendalikan *Ganoderma boninense* secara kuratif dengan memperbaiki kandungan bahan aktifnya.

CAPAIAN HASIL

1 Tingkat Pembusukan Batang Bibit Sawit

Perlakuan	Variabel Pengamatan (± SD)	
	Keparahan Penyakit Berdasarkan Gejala Pembusukan Batang (%)	Keparahan Penyakit Berdasarkan Gejala Eksternal (%)
Kontrol Negatif	0	0
Kontrol Positif	49.68 ± 22.09	48.02 ± 21.76
Ganor 2.3%	25.22 ± 24.05	21.95 ± 22.50
Ganor+ 0.8%	21.69 ± 5.55	12.63 ± 4.71
Ganor+ 1.6%	29.12 ± 20.35	21.26 ± 15.17
Ganor+ 2.4%	22.31 ± 8.64	13.19 ± 9.27
Ganor+ 3.2%	26.11 ± 13.24	19.24 ± 15.02

Aplikasi fungisida organik Ganor+ mampu menurunkan tingkat pembusukan pangkal batang bibit kelapa sawit dari **49,68%** pada kontrol positif menjadi **21,69 - 26,11%** dan menurunkan tingkat keparahan dari **48,02%** menjadi **12,63 - 21,26%**.



Skoring tingkat pembusukan pangkal batang bibit kelapa sawit akibat penyakit BPB: Skor 0 (Sehat), Skor 1 (<20%), Skor 2 (20-50%), Skor 3 (51-90%), Skor 4 (>90%)

2 Uji Daya Simpan Fungisida Organik Ganor+



Konsentrasi (%)	Tingkat Penghambatan Koloni <i>G. boninense</i> (%)					
	6 BSP*	7 BSP*	8 BSP*	9 BSP*	10 BSP*	12 BSP*
Kontrol	0	0	0	0	0	0
Ganor+ 0.4	100	100	100	100	100	100
Ganor+ 0.6	100	100	100	100	100	100
Ganor+ 0.8	100	100	100	100	100	100
Ganor+ 1.0	100	100	100	100	100	100
Ganor+ 1.2	100	100	100	100	100	100
Ganor+ 1.4	100	100	100	100	100	100
Ganor+ 1.6	100	100	100	100	100	100

*BSP: bulan setelah penyimpanan

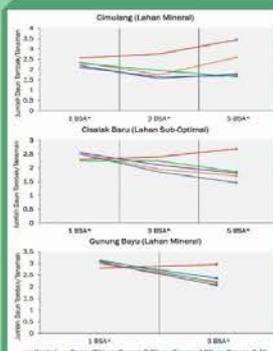
Fungisida organik Ganor+ tidak mengalami penurunan efektivitas penghambatan terhadap koloni *G. boninense* setelah disimpan **1 tahun** didalam wadah tak tembus cahaya dan pada suhu ruang.

3 Pengujian Lapangan Fungisida Organik Ganor+

Pengujian lapangan aplikasi fungisida organik Ganor+ dilakukan pada kebun dengan jenis lahan mineral, sub-optimal, dan gambut. Lokasi pengujian dilakukan di Jawa Barat dan Sumatera Utara.



Aplikasi dilakukan menggunakan metode injeksi batang dengan 2 lubang/ tanaman dan volume aplikasi 100 ml/lubang. Perlakuan yang diuji adalah 3 konsentrasi Ganor+ dibandingkan dengan Ganor lama dan kontrol. Perlakuan juga dikombinasikan dengan interval aplikasi 1 dan 2 bulan sekali.



Terlihat adanya tren **penurunan jumlah daun tombak per tanaman** pada perlakuan Ganor+ di seluruh lokasi pengujian. Analisis statistik juga menunjukkan aplikasi Ganor+ **berpengaruh nyata** terhadap jumlah daun tombak.

Aplikasi Ganor+ di lokasi Labuhan Batu untuk lahan gambut baru memasuki waktu pengamatan 2 BSA, sehingga data belum bisa ditampilkan. Seluruh pengamatan akan dilanjutkan hingga 9 BSA.



Aplikasi fungisida organik Ganor+ juga berpengaruh terhadap perkembangan tubuh buah *G. boninense*. Dalam kurun waktu 1 bulan, tubuh buah *G. boninense* menjadi kering dan menghitam.



4 Pengujian Aktivitas Enzim Lignolitik

Perlakuan	Enzim Lignolitik (U/mL)					
	Lakase		Mangan Peroksidase (MnP)		Lignin Peroksidase (LiP)	
	1* (R ± SD)	2* (R ± SD)	1* (R ± SD)	2* (R ± SD)	1* (R ± SD)	2* (R ± SD)
Kontrol	260,42 ± 17,4	563,66 ± 12,3	723,14 ± 195,1	654,27 ± 66,3	1.836,02 ± 120,1	1.594,98 ± 182,8
Ganor (5%)	366,90 ± 89,1	307,87 ± 34,3	378,79 ± 80,4	470,62 ± 26,4	1.621,86 ± 197,5	1.102,15 ± 158,8
Ganor+ 3.2%	280,09 ± 60,2	218,75 ± 1,2	367,31 ± 45,9	482,09 ± 22,9	1.478,49 ± 120,1	1.039,43 ± 163,1
Ganor+ 4.8%	439,34 ± 51,2	307,87 ± 64,8	355,83 ± 11,5	309,92 ± 11,5	1.442,85 ± 89,6	1.066,31 ± 146,6
Ganor+ 6.4%	478,01 ± 46,5	297,45 ± 14,8	206,61 ± 114,8	229,57 ± 68,9	1.182,80 ± 119,7	1.129,03 ± 111,1

*1: interval aplikasi 1 bulan sekali; 2: interval aplikasi 2 bulan sekali

Perlakuan	Enzim Lignolitik (U/mL)					
	Lakase		Mangan Peroksidase (MnP)		Lignin Peroksidase (LiP)	
	1* (R ± SD)	2* (R ± SD)	1* (R ± SD)	2* (R ± SD)	1* (R ± SD)	2* (R ± SD)
Kontrol	480,32 ± 86,8	329,86 ± 17,4	424,70 ± 103,3	493,57 ± 49,2	4.301,08 ± 106,4	1.941,46 ± 105,1
Ganor (5%)	295,14 ± 17,4	416,67 ± 81,0	378,79 ± 126,3	332,87 ± 11,5	4.077,06 ± 151,3	1.747,31 ± 199,3
Ganor+ 3.2%	381,94 ± 81,0	277,78 ± 23,1	367,31 ± 68,9	309,92 ± 11,5	1.075,27 ± 89,6	1.299,28 ± 182,4
Ganor+ 4.8%	410,88 ± 40,5	196,76 ± 81,0	344,35 ± 68,9	229,57 ± 22,9	1.120,07 ± 151,3	1.045,40 ± 59,7
Ganor+ 6.4%	341,44 ± 28,9	439,81 ± 0,0	309,92 ± 80,3	172,18 ± 57,4	2.150,54 ± 116,8	1.523,30 ± 168,8

*1: interval aplikasi 1 bulan sekali; 2: interval aplikasi 2 bulan sekali

Jumlah enzim lignolitik yang terdeteksi lebih rendah dari ekstrak jaringan pangkal batang kelapa sawit diduga berkorelasi dengan penurunan aktivitas metabolisme *G. boninense*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh BPPDKS melalui Grant Riset Sawit (GRS) tahun 2022 dengan nomor kontrak : PRJ-361/DPKS/2022.

30

30. SAFIRA: SAWIT EFISIEN HARA

Peneliti: Sri Wening, Retno Diah Setiowati, Ikhwan Fadli Pangaribuan, Dian ahma Pratiwi, Eko Noviandi Ginting, Tri Rini Nuringtyas

Pemupukan merupakan salah satu komponen biaya pada budi daya kelapa sawit yang cukup besar, namun adalah faktor penting yang menentukan produktivitas tanaman. Di sisi lain, tidak semua pupuk yang diberikan akan diserap oleh tanaman, karena akan tercuci oleh air hujan atau menguap. Sementara itu, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dapat memberikan dampak buruk terhadap kelestarian lingkungan. Bahan tanaman kelapa sawit yang mampu memanfaatkan hara secara efisien, akan berdampak pada penghematan biaya pemupukan dan terjaganya kesehatan tanah. Nitrogen dan kalium merupakan dua hara utama yang menjadi isu besar dalam pemupukan kelapa sawit. Untuk itu, pada penelitian ini akan diidentifikasi Safira, kelapa sawit yang efisien dalam menggunakan hara nitrogen atau kalium, menggunakan teknik identifikasi yang efektif dan efisien. Teknik identifikasi tersebut memanfaatkan bioteknologi maju berupa marka molekuler yang diperbantukan dalam seleksi dan perakitan bahan tanaman kelapa sawit yang efisien hara nitrogen atau kalium. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mempelajari metabolisme kelapa sawit dalam penggunaan hara, serta untuk mendapatkan metode yang efektif dalam identifikasi tanaman kelapa sawit yang bersifat efisien dalam penggunaan hara nitrogen atau kalium.

Penelitian dilakukan dengan pembuktian ekspresi gen kandidat melalui indikator fenotipik sampel tanaman yang diamati pada uji di pembibitan, serta konstruksi marka molekuler menggunakan sampel dari uji pembibitan tersebut. Pada percobaan di pembibitan, dilakukan pengamatan morfologi, serapan hara dan efisiensi hara pada populasi yang diuji dengan berbagai level dosis

nitrogen atau kalium. Hasil uji di pembibitan telah menunjukkan populasi yang potensial efisien dalam penyerapan dan penggunaan hara nitrogen atau kalium. Analisis metagenomik menunjukkan bahwa keragaman bakteri pada berbagai media tanam populasi yang efisien berhubungan dengan fungsi bakteri-bakteri tersebut pada penggunaan hara.

Kajian metabolomik dilakukan untuk menemukan metabolit yang berbeda pada tanaman yang memiliki tingkat efisiensi nitrogen atau kalium yang berbeda. Ditemukan beberapa senyawa metabolit sekunder pada daun yang berpotensi untuk menjadi biomarka tanaman yang efisien kalium atau nitrogen. Selain itu, dilakukan juga pengembangan marka molekuler berdasarkan hasil kajian transkriptomik dan genomik. Kajian transkriptomik menunjukkan beberapa gen yang memiliki ekspresi yang berbeda pada tanaman yang efisien dan tidak efisien nitrogen atau kalium, saat mengalami cekaman dan tidak mengalami cekaman unsur-unsur hara tersebut. Selanjutnya, polimorfisme DNA pada gen-gen terkait efisiensi penggunaan nitrogen dan kalium dimanfaatkan untuk pengembangan marka DNA. Penelitian akan dilanjutkan dengan identifikasi marka DNA dan validasinya pada sampel yang lebih luas.



SAFIRA: Sawit Efisien Hara

Nomor Kontrak: PRJ-362/DPKS/2022

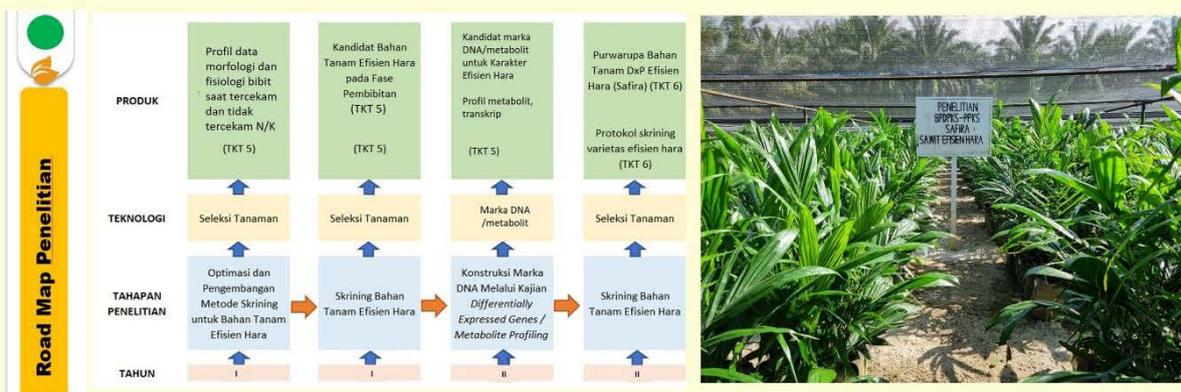
Sri Wening^{1*}, Retno Diah Setiowati¹, Ikhwan Fadli Pangaribuan¹, Dian Rahma Pratiwi¹,

Eko Noviandi Ginting¹, Tri Rini Nuringtyas²

¹Pusat Penelitian Kelapa Sawit, PT Riset Perkebunan Nusantara

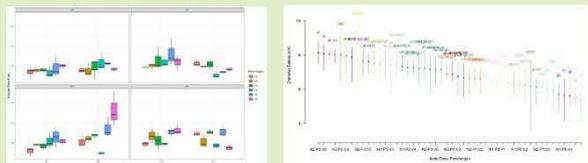
²Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada

*Ketua Tim Peneliti; email: sriwening.sw@gmail.com

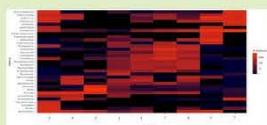


Capaian Hasil

Tahun 1 Kandidat Bahan Tanam Efisien Nitrogen atau Kalium Berdasarkan Profil Data Morfologi, Fisiologi & Analisis hara di Pembibitan



Dari pengamatan morfologi dan fisiologi, telah terpilih populasi yang potensial efisien dalam penggunaan N dan K



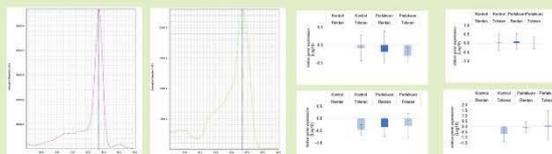
Analisis metagenomik: Keragaman bakteri pada berbagai macam media tanam berhubungan dengan fungsi bakteri-bakteri tersebut terhadap penggunaan hara (Wening et al., 2024).

DAFTAR PUSTAKA:

WENING, S., SETIOWATI, R. D., PRATIWI, D. R., PANGARIBUHAN, I. F., & GINTING, E. N. (2024). Bacterial diversity in different growing mediums of oil palm seedlings associated with potassium use efficiency. *Biodiversity Journal of Biological Diversity*, 25(8), 3386-3393.

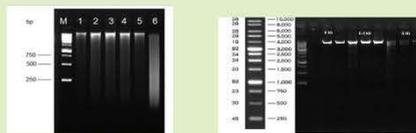
Tahun 2 Pengembangan Marka Metabolit dan Marka DNA Terkait Efisiensi Nitrogen atau Kalium

a. Hasil Analisis Perbedaan Ekspresi Gen



Kajian transkriptomik menunjukkan beberapa gen yang memiliki ekspresi yang berbeda pada tanaman yang efisien dan tidak efisien nitrogen atau kalium, saat mengalami cekaman dan tidak mengalami cekaman unsur-unsur hara tersebut.

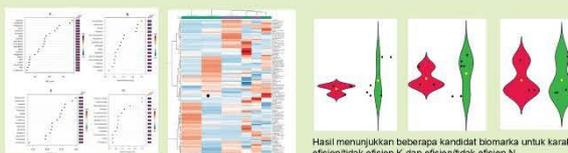
b. Analisis Polimorfisme Sekuen Gen



Hasil elektroforesis DNA sampel pada gel agarosa 1%

Elektroforegram hasil optimasi PCR gen terkait efisiensi hara kelapa sawit pada gel agarosa 1%

c. Analisis Metabolomik



Hasil menunjukkan beberapa kandidat biomarka untuk karakter efisien/ tidak efisien K dan efisien/ tidak efisien N

31

PENGEMBANGAN MARKA MOLEKULER UNTUK KELAPA SAWIT EFISIEN PENYERAPAN NUTRISI FOSFAT

Peneliti: Budi Setiadi Daryono, Sigit Dwi Maryanto, Eka Tarwaca Susila Putra, Diah Rachmawati, Purnomo

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan utama dan menopang kemajuan perekonomian Indonesia. Untuk mendukung keberlanjutan budidaya kelapa sawit diperlukan berbagai faktor pendukung, diantaranya efektifitas dan efisiensi dalam pemupukan. Kekurangan dan kelebihan unsur fosfat dapat menyebabkan terganggunya proses metabolisme pada tanaman sehingga berakibat pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman yang tidak optimal sehingga menurunkan produktifitas. Penelitian ini fokus pada upaya peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi fosfat. Tujuan penelitian ini yaitu pengembangan marka molekuler untuk efisiensi penyerapan nutrisi fosfat pada tanaman kelapa sawit. Peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi fosfat pada tanaman dapat dicapai dengan pemuliaan tanaman melalui perakitan kultivar atau progeni yang lebih efisien nutrisi atau disebut sebagai perbaikan tanaman dengan berbasis genetik. Proses pemuliaan kelapa sawit dapat dipercepat dengan penggunaan marka molekuler. Salah satu kendala dalam pemuliaan kelapa sawit yaitu memiliki siklus hidup yang panjang sehingga diperlukan metode yang tepat dalam pemilihan marka molekuler untuk meminimalkan kesalahan dalam perakitan tanaman. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam metode perancangan marka molekuler dari proses pencarian hingga validasi marka untuk efisiensi nutrisi pada kelapa sawit digunakan teknologi hidroponik dengan media yang terkontrol. Sistem hidroponik ini dapat dikombinasikan dengan metode perancangan marka molekuler lain diantaranya melalui (1) profiling transkriptomik, yaitu pencarian kandidat gen terkait penyerapan nutrisi fosfat berbasis ekspresi gen dengan pendekatan RNAseq, (2) analisis genomik, yaitu

validasi dari kandidat gen sebagai potensi marka berbasis single nucleotide polymorphism (SNP), (3) melakukan asosiasi antara genotip dan fenotip yang diperoleh untuk mendapatkan marka yang tepat dan akurat. Hasil yang diperoleh bahwa sistem hidroponik berbagai variasi dosis perlakuan fosfat (0, 30, 65, 100, dan 300 ppm (Hoagland modifikasi)) dapat digunakan untuk melakukan eksplorasi dan skrining kandidat gen yang dapat dikembangkan menjadi marka molekuler. Profiling transkriptomik menggunakan pendekatan RNAseq mendapatkan 7,351 differential expression gene (DEG) yang teridentifikasi terkait cekaman fosfat pada kelapa sawit. Pengelompokan gen berdasarkan fungsi diperoleh 3 kategori, yaitu 58 sub-kategori terkait fungsional biologi, 44 sub-kategori terkait fungsional molekuler, 6 sub-kategori terkait komponen sel. Terdapat 9 sub-kategori yang berkaitan langsung metabolisme fosfat pada tanaman kelapa sawit, antara lain phosphorus metabolic process, phosphate-containing compound metabolic process, phosphorylation, protein phosphorylation, phosphatase regulator activity, protein phosphatase regulator activity, protein serine/threonine phosphatase complex, phosphatase complex, dan protein phosphatase type 2A complex. Kandidat gen hasil profiling transkriptomik kedepannya (tahun 2) akan diseleksi dan divalidasi sehingga diperoleh marka molekuler terkait efisiensi fosfat.

Pengembangan Marka Molekuler Untuk Kelapa Sawit Efisien Penyerapan Nutrisi Fosfat

Budi Setiadi Daryono, Sigit Dwi Maryanto, Eka Tarwaca Susila Putra, Diah Rachmawati, Purnomo
No Kontrak: PRJ-73/DPKS/2023

Universitas Gadjah Mada

Gedung Pusat UGM, Lantai 3 Sayap Selatan, Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia, 55281



PENDAHULUAN

- ❖ Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan utama dan menopang kemajuan perekonomian Indonesia.
- ❖ Keberlanjutan budidaya kelapa sawit diperlukan berbagai faktor pendukung, diantaranya efektifitas dan efisiensi dalam pemupukan.
- ❖ Kekurangan dan kelebihan unsur fosfat dapat menyebabkan terganggunya proses metabolisme pada tanaman sehingga berakibat pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman yang tidak optimal sehingga menurunkan produktifitas.
- ❖ Penelitian ini fokus pada upaya peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi fosfat dengan pengembangan marka molekuler.

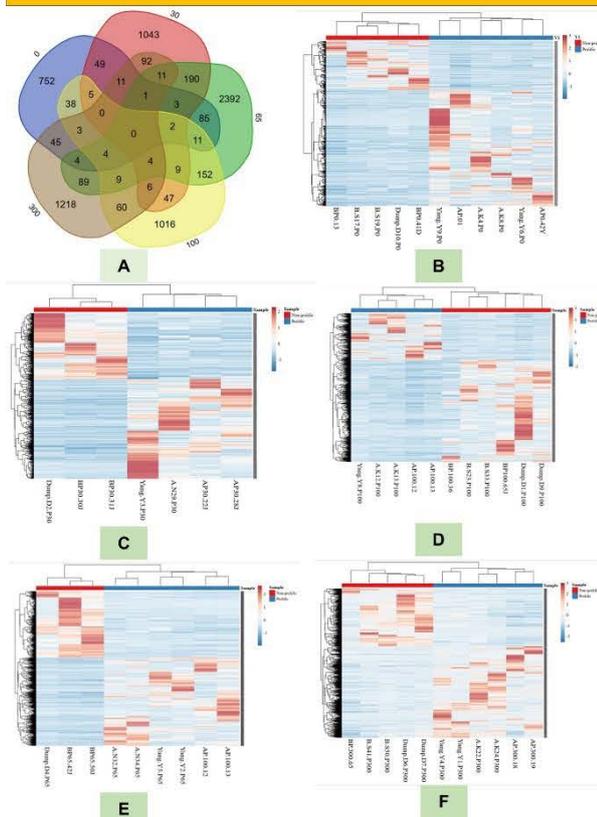
METODE



TUJUAN

1. Mendapatkan metode optimal yang dapat digunakan untuk skrining dan pencarian marka molekuler yang tepat dan akurat.
2. Mendapatkan marka terkait efisien penyerapan nutrisi fosfat pada kelapa sawit.

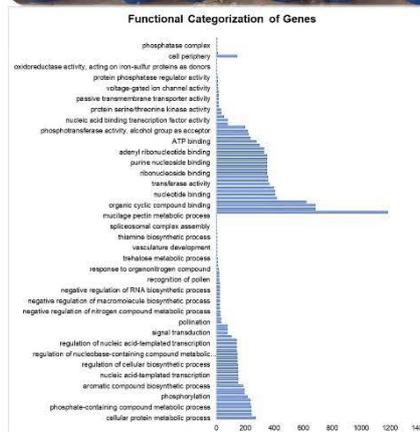
HASIL



Gambar 1. Profiling transkriptomik; A) Diagram Venn Progeni Prolifrik vs Non-prolifrik pada 5 trial level dosis pemupukan fosfat; B) Heatmap pada dosis fosfat 0; C) Heatmap pada dosis fosfat 30; D) Heatmap pada dosis fosfat 65; E) Heatmap pada dosis fosfat 100; F) Heatmap pada dosis fosfat 300



Gambar 2. Trial hidroponik dengan perlakuan berbagai dosis fosfat



Gambar 3. Pengelompokan gen berdasarkan fungsional gen

DISKUSI

- ❖ Eksplorasi gen berbasis transkriptomik melalui pendekatan RNAseq diperoleh 7,351 DEG yang teridentifikasi terkait cekaman fosfat pada kelapa sawit.
- ❖ Pengelompokan gen berdasarkan fungsi diperoleh 3 kategori, yaitu 58 sub-kategori terkait fungsional biologi, 44 sub-kategori terkait fungsional molekuler, 6 sub-kategori terkait komponen sel.
- ❖ Terdapat 9 sub-kategori yang berkaitan langsung metabolisme fosfat pada tanaman kelapa sawit.

KESIMPULAN

1. Metode hidroponik dapat digunakan untuk skrining dan pencarian marka molekuler terkait penyerapan fosfat yang tepat dan akurat.
2. Mendapatkan kandidat marka terkait efisien penyerapan nutrisi fosfat pada kelapa sawit hasil eksplorasi menggunakan pendekatan transkriptomik berbasis RNA seq.

UCAPAN TERIMA KASIH

❑ Zulfikar A. Tanjung, Dian S., Aprilia S., Chesarina, Haris, Ikhsanti, Adib, Allif R., N. Afifah, Elsanda, Ranny, Yusuf dan seluruh anggota tim yang telah berkontribusi.

32

STRATEGI PENGEMBANGAN OBAT ANTI FUNGI SELEKTIF DAN KUAT UNTUK PENGENDALIAN KURATIF SERANGAN GANODERMA BONINENSE RESISTEN FUNGISIDA HEKSAKONOZOLE BERBASIS LIPOPEPTIDA NOVEL TAHAN PANAS DAN UV DARI STREPTOMYCES GBSR1.

Peneliti: Cico Jhon Karunia Simamora, SP., MSi., Dr. Nelly Wahyuni, SSI., MSi., Muhammad Pramulya, SP., MSi., dan Jumiaty, SSI., MSi.

Penyakit Busuk Pangkal Batang pada tanaman kelapa sawit (*Elais guinensis*) disebabkan oleh jamur pelapuk putih *Ganoderma boninense*. Basidium jamur berbentuk kancing putih kecil, dan berkembang menjadi tonjolan-tonjolan yang tampak mengkilap dan berwarna coklat muda sampai gelap. Pada tahap perkembangan ini, jamur telah menghancurkan lebih dari 50% bagian tanaman. Gejala yang ditimbulkan berupa busuk kering dan pada bagian pangkal batang berbentuk tepung dengan busuk lunak. Kondisi ini menyebabkan pondasi tanaman menjadi runtuh, dan menyebabkan kematian. Penyakit busuk pangkal batang *Ganoderma* pada sawit sulit untuk dikendalikan. Hal ini berkaitan dengan pola infeksi, yang sulit diprediksi hingga timbul gejala pada fase penyakit yang tidak dapat disembuhkan kembali.

Infeksi diawali dengan kontak akar tanaman dengan sisa propagule yang terdapat di dalam tanah, sehingga terjadi penetrasi yang lambat, akan tetapi tidak terlihat dari permukaan tanah. Pengendalian yang dilakukan dalam menekan perkembangan penyakit adalah penggunaan fungisida sistemik yang dapat menghambat perkembangan miselia di dalam jaringan tanaman. Akan tetapi pengendalian dengan fungisida masih belum mampu menekan penyakit. Hingga dilakukan berbagai upaya dan strategi termasuk prosedur sanitasi konservatif, praktek budidaya, manipulasi serapan hara, dan kebijakan pengendalian hayati. Namun solusi ini juga masih belum mampu mengendalikan penyakit, Permasalahan resistensi dan sulitnya pengendalian *Ganoderma boninense* pada tanaman sawit perlu dicari alternative pengendalian lain, yaitu salah satunya eksplorasi dan optimasi formulasi

senyawa lipopeptide cyclic asal *Streptomyces* GBSR1 yang efektif dalam menekan serangan di lapangan dan ramah lingkungan.

Lipopeptida cyclic merupakan golongan antifungal kuat yang melalui teknologi enkapsulasi berbasis Succinaldehydic Acid-Chitosan System (SAC-CS) dapat meningkatkan ketahanan terhadap temperature tinggi, paparan UV, dan stabil pada variasi pH lingkungan. Penelitian yang dilakukan pada tahun I (2024), telah berhasil mengidentifikasi isolate *Streptomyces* GBSR1 yang teridentifikasi sebagai *Streptomyces* sampsomii berdasarkan gen penanda 16S rRNA. Berdasarkan pengamatan morfologi sel, isolate memiliki ciri aerial hyphae tipe RF. Uji penghambatan antifungi dengan *Streptomyces* GBSR1 secara invitro mampu menghambat pertumbuhan *Ganoderma* hingga 61%. Kemampuan membunuh senyawa lipopeptida dibuktikan dengan hasil SEM hifa *Ganoderma boninense* yang mengalami kebocoran dan lisis sehingga timbul kematian jaringan miselia. Penelitian masih terus dilanjutkan hingga tahapan ekstraksi, fraksinasi, dan identifikasi golongan lipopeptide berbasis HPLC. Serta pengujian formulasi pada pembibitan dan aplikasi di Perkebunan pada tahun 2025. Pengembangan diarahkan pada optimasi formulasi yang tahan factor degradable lingkungan mudah diserap, distribusi dalam jaringan tanaman, serta efektif membunuh *Ganoderma* di jaringan kelapa sawit.

STRATEGI PENGEMBANGAN OBAT ANTI FUNGI SELEKTIF DAN KUAT UNTUK PENGENDALIAN KURATIF SERANGAN *Ganoderma boninense* RESISTEN FUNGISIDA HEKSAGONAZOLE BERBASIS LIPOPEPTIDA NOVEL TAHAN PANAS DAN UV DARI *Streptomyces* GBSR1.

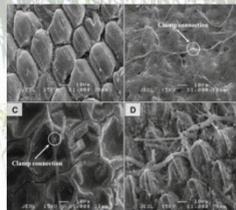
Cico Jhon Karunia Simamora, S.P., M.Si. | Dr. Nelly Wahyuni, S.Si., M.Si. | Muhammad Pramulya, S.P., M.Si | Jumiati, S.Si., M.Si.



LATAR BELAKANG



Busuk pangkal batang sawit yang disebabkan oleh beberapa jamur yaitu salah satunya *Ganoderma boninense*. Menyebabkan pohon gagal berbuah dan bahkan pohon mati, sehingga mengurangi produksi hingga 50%

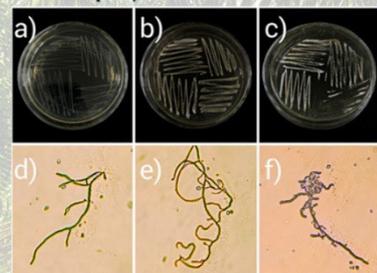


Ganoderma dapat Teresistensi terhadap Heksakonazole Pada penelitian yang belum terpublish berhasil mengisolasi *Streptomyces* GBSR1, yang mampu menghasilkan akumulasi cyclic lipopeptide (ACL) pada supernatant media, dengan kemampuan antifungi *Ganoderma boninense* sebesar 73% secara in vitro. Supernatan yang dihasilkan dilakukan ekstraksi golongan besar lipopeptide di atas es selama 4 jam, sambil divorteks sesekali, kemudian dilakukan penguapan vakum RVC 2-18 CDplus, hingga berbentuk ekstrak pekat. Hasil pengujian ekstrak pekat menggunakan metode difusi cakram mampu menghambat 83±0,4% pertumbuhan miselia *Ganoderma boninense*

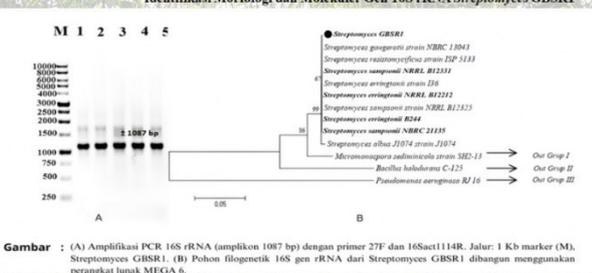
TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan adanya fenomena isolat *Ganoderma boninense* resisten Heksakonazole, serta mengidentifikasi senyawa novel Lipopeptida cyclic yang mempunyai kemampuan penekanan pertumbuhan *Ganoderma boninense* dengan karakter kuat, tahan factor degradable di lingkungan, dan selektif

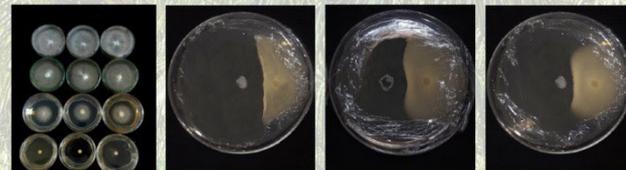
PROGRES PENELITIAN Kultur Streptomyces GBSR1



Identifikasi Morfologi dan Molekuler Gen 16S rRNA Streptomyces GBSR1



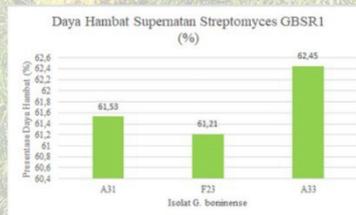
Uji Resistensi 3 Isolat *Ganoderma boninense* Terhadap Heksakonazole



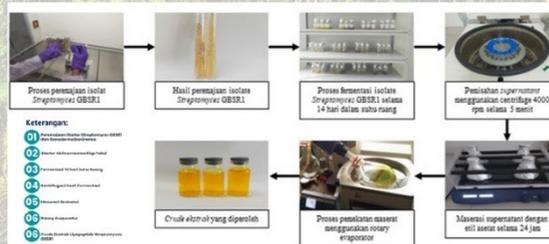
Tabel Hasil Uji Resistensi 3 Isolat *G. boninense* Terhadap Heksakonazole

Isolat <i>G. boninense</i>	Tingkat Penghambat (%)			
	Konsentrasi Heksakonazole			
	5 µg/ml	10 µg/ml	15 µg/ml	20 µg/ml
A31	1,53 ± 0,54 ^a	33,09 ± 0,65 ^{ab}	61,14 ± 3,09 ^{ab}	87,84 ± 3,49 ^a
F23	1,21 ± 0,13 ^a	33,96 ± 0,07 ^b	65,65 ± 1,06 ^b	89,06 ± 0,54 ^a
A33	1,45 ± 0,41 ^a	32,39 ± 0,71 ^a	60,00 ± 1,35 ^a	86,82 ± 0,53 ^a

Uji Invitro Antifungi Supernatan Streptomyces GBSR1 Terhadap *Ganoderma boninense*



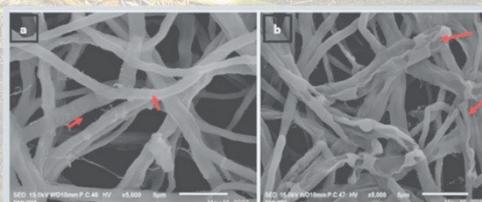
Produksi Lipopeptida dari Streptomyces GBSR1



Analisis Permeabilitas Membran Sel *Ganoderma boninense* Resisten

Isolat	Leaked materials (mg/100mg dry wt of mycelium) ^a				Residual dry wt of <i>G. boninense</i> Mycelium (mg) ^b
	Soluble Protein	Athronin (+)	Ninhydrin (+)	Electrolytes (µmhos)	
Control (water)	0,31	0	0	14	153
<i>G. boninense</i> A31					
0 µg/mL	0,34	0	0	16	144
0,5 µg/mL	0,33	0	0	18	142
1 µg/mL	0,32	0	0	18	148
5 µg/mL	0,37	0	0,11	15	150
25 µg/mL	0,37	0,2	0,13	14	147
<i>G. boninense</i> F23					
0 µg/mL	0,27	0	0	13	132
0,5 µg/mL	0,29	0	0	15	139
1 µg/mL	0,29	0,13	0	14	140
5 µg/mL	0,3	0,18	0	13	143
25 µg/mL	0,34	0,2	0,15	12	144
<i>G. boninense</i> A33					
0 µg/mL	0,31	0	0	14	122
0,5 µg/mL	0,3	0	0	15	130
1 µg/mL	0,34	0	0	13	131
5 µg/mL	0,39	0	0,14	14	127
25 µg/mL	0,38	0,17	0,23	15	129
<i>G. boninense</i> HPI17					
0 µg/mL	2,04	12,28	0,51	107	83
0,5 µg/mL	2,88	13,07	0,53	110	99
1 µg/mL	3,51	18,43	1,24	115	95
5 µg/mL	3,72	21	1,45	116	89
25 µg/mL	4,11	31,02	1,86	125	77

Identifikasi SEM Struktur Hifa Lisis *Ganoderma boninense*



Gambar Pemindaian Scanning Electron Micrograph (SEM) miselia *G. boninense* yang dipapar dengan supernatan Streptomyces GBSR1 (a) Struktur halus dan kompak dengan sambungan penutupi yang khas (panah) pada miselium yang sehat. (b) Miselium yang dikeluarkan dari media yang mengandung supernatan menunjukkan permukaan ditoreti dengan pengkerutan (panah), lubang dan pecah (panah) pada struktur miselium pada (5000x).

33

IFOVIB_G, ROBOT BERBASIS TEKNOLOGI FOTON DAN VIBRASI UNTUK DETEKSI DINI DAN KURATIF SERANGAN GANODERMA BONINENSE PADA KELAPA SAWIT

Peneliti: Maya Shovitri, N.D. Kuswytasari, Tutik Nurhidayati, Aulia M.T. Nasution, Hendro Nurhadi, Mashuri, M. Mustangin dan Galuh Banowati

Pohon kelapa sawit di Indonesia masih terancam serangan jamur *G. boninense* yang menyebar melalui tanah. Jamur ini menyebabkan penyakit busuk pangkal batang (basal stem rot disease) dan busuk batang atas (upper stem rot). Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengenali dan mengendalikan penyebarannya secara biologis, kimiawi, dan mekanis, namun hingga saat ini belum ada yang berhasil mengatasinya secara efisien dan efektif. Penelitian ini dimaksudkan untuk memberi satu alternatif inovasi pengendalian lain, yaitu sebuah robot iFovib_G berbasis teknologi foton dan vibrasi. Robot iFovib_G diharapkan dapat mendeteksi dini dan kurasi dengan menghambat pertumbuhan *G. boninense* di tanah lebih efektif dan efisien.

Teknik pengukuran spektroskopi reflektansi telah mengenali ciri spektra dari biakan murni *G. boninense* di media buatan *in vitro* di rentang VIS. Ketika dilakukan pembuktian konsep deteksi dini, terlihat bahwa pola spektra sampel tanah dari kebun sawit di Marihat-Medan, Rangkas-bitung-Banten dan Krajan-Yogya dan dibandingkan dengan pola spektra *G. boninense*, menunjukkan pola spektra yang sangat jelas berbeda antara tanah yang terkontaminasi dan tidak.

Untuk studi konsep kurasi di skala laboratorium, terbukti bahwa aplikasi kombinasi kitosan, foton dan vibrasi dapat menghambat 33% - 66% pertumbuhan koloni *G. boninense* di cawan Petri setelah 8 hari masa inkubasi. Penghambatan tertinggi (menurunkan hingga 66%) terjadi pada penyemprotan 0,5% kitosan sebanyak 0,5ml, penyinaran foton 24W, 253,7 nm selama 100 detik dan vibrasi 40 kHz selama 5 menit. Kitosan terbukti dapat melemahkan ketahanan miselium jamur, sehingga meningkatkan

sensitifitasnya terhadap perlakuan foton dan getaran. Foton dan getaran diharapkan dapat menghancurkan ketahanan fisik dinding sel miselium sehingga dapat menghambat pertumbuhannya.

Selanjutnya untuk studi konsep kurasi di skala rumah kaca, ketiga kombinasi kitosan, foton dan vibrasi tersebut diaplikasikan ke media tanah bibit kelapa sawit di polybag. Keberhasilan aplikasi kurasi ini akan dideteksi dari pola spektra media tanahnya dibandingkan dengan pola spektra *G. boninense*. Studi ini difokuskan ke tanah tanam, karena dari sayatan anatomi melintang menunjukkan bahwa miselium jamur dari rubber wood block (RWB) belum terlihat menginfeksi masuk ke dalam akar bibit kelapa sawit dari usia 0 hingga 6 bulan. Beberapa pustaka menyebutkan bahwa infeksi miselium terjadi setelah masa inkubasi 16 – 24 bulan.

Ketiga kombinasi kurasi tersebut kemudian dirakit menjadi prototype robot iFovib_G. Kombinasi desain robot darat tanpa awak (Unmanned Ground Vehicle/UGV) dan robot lengan (Arm Robot/ AR) adalah pilihan tepat dalam penelitian ini. UGV dan AR menjadi media pemuat untuk sistem deteksi dini *G. boninense* berbasis spektra, serta sistem kurasi berbasis kitosan, foton (UV) dan getaran (USG). Robot ini dengan konsep UGV mampu beroperasi pada medan yang sesuai dengan kondisi area nursery bibit kelapa sawit tanpa hambatan karena dapat bermanuver secara multi arah (omni directional). Robot juga dilengkapi dengan AR sehingga mampu bergerak fleksibel baik naik turun maupun ke kanan dan kiri. Fleksibilitas gerakan ini memberi kesempatan robot melakukan deteksi dini dan kurasi bibit kelapa sawit di nursery sesuai dengan masa pertumbuhan dan perkembangannya sebelum dipindahkan ke area tanam.

NOMOR KONTRAK : PRJ-75/DPKS/2023

iFovib_G, Robot Berbasis Teknologi Foton dan Vibrasi untuk Deteksi Dini dan Kuratif Serangan *Ganoderma boninense* pada Kelapa Sawit



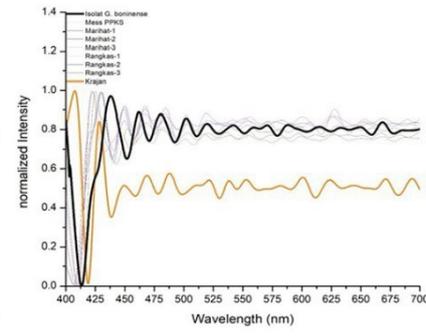
1



- Jamur *G. boninense* tular tanah dapat menyebabkan penyakit busuk pangkal batang dan batang atas.
- Penelitian ini memberi satu alternatif inovasi pengendaliannya dengan sebuah robot iFovib_G berbasis teknologi foton dan vibrasi.
- Robot iFovib_G dapat mendeteksi dini dan kurasi dengan menghambat pertumbuhan *G. boninense* di tanah lebih efektif dan efisien.

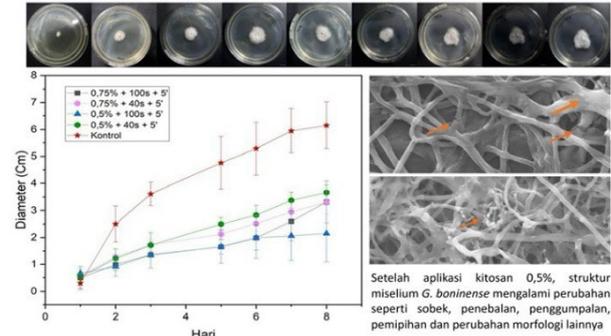
2

- Teknik spektroskopi reflektansi mengenali ciri spektra dari biakan murni *G. boninense* di rentang VIS.
- Pembuktian konsep deteksi dini : Spektra sampel tanah dari kebun sawit di Marihat-Medan, Rangkasbitung-Banten dan Krajan-Yogya bila dibandingkan dengan spektra *G. boninense*, menunjukkan perbedaan pola yang sangat jelas, antara tanah yang terkontaminasi jamur dan tidak.



3

- Pembuktian konsep kurasi di skala laboratorium;
- Aplikasi kombinasi kitosan, foton dan vibrasi dapat menghambat hingga 66% pertumbuhan koloni *G. boninense* di cawan Petri setelah 8 hari masa inkubasi.
- Penghambatan tertinggi terjadi pada penyemprotan 0,5% kitosan sebanyak 0,5ml, penyinaran foton 24W, 253,7 nm selama 100 detik dan vibrasi 40 kHz selama 5 menit.
- Kitosan dilaporkan dapat melemahkan ketahanan miselium jamur, sehingga meningkatkan sensitifitasnya terhadap perlakuan foton dan getaran.
- Foton dan getaran diharapkan dapat menghancurkan ketahanan fisik dinding sel miselium sehingga dapat menghambat pertumbuhannya.



Setelah aplikasi kitosan 0,5%, struktur miselium *G. boninense* mengalami perubahan seperti sobek, penebalan, penggumpalan, pemipihan dan perubahan morfologi lainnya

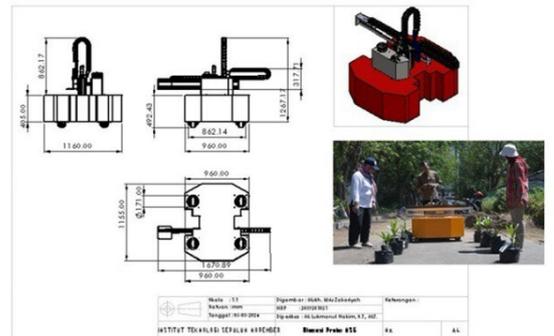
4

- Studi konsep kurasi di skala rumah kaca :
- Ketiga kombinasi kitosan, foton dan vibrasi diaplikasikan ke media tanah bibit kelapa sawit di polybag.
- Studi fokus ke tanah tanam, karena dari sayatan anatomi melintang menunjukkan bahwa miselium jamur dari rubber wood block (RWB) belum terlihat menginfeksi masuk ke dalam akar bibit kelapa sawit dari usia 0 - 6 bulan.
- Keberhasilan aplikasi kurasi ini akan dideteksi dari pola spektra media tanahnya dibandingkan dengan pola spektra *G. boninense*.



5

- Ketiga kombinasi kurasi dirakit menjadi prototype robot iFovib_G.
- Kombinasi desain robot darat tanpa awak (Unmanned Ground Vehicle/UGV) dan robot lengan (Arm Robot/ AR) adalah pilihan tepat.
- UGV dan AR menjadi pemuat sistem deteksi dini berbasis spektra, dan kurasi berbasis kitosan, foton (UV) dan getaran (USG).
- Robot mampu beroperasi pada medan tanpa hambatan karena dapat bermanuver secara multi arah (omni directional). Robot juga mampu bergerak fleksibel naik turun maupun ke kanan dan kiri.
- Fleksibilitas gerakan ini memberi kesempatan robot melakukan deteksi dini dan kurasi bibit kelapa sawit di nursery sesuai dengan masa pertumbuhan dan perkembangannya sebelum dipindahkan ke area tanam.



34

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KURATIF BERBASIS NONSELF-DNA GANODERMA (G-FUNG) UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG

Peneliti: Tjut Ahmad Perdana Rozziasha, Muhammad Abdul Aziz, Galuh Wening Permatasari, Donny Nugroho Kalbuadi, Annisa Aulia Aksa, Deden Dewantara Eris, Riza Arief Putranto

Serangan *Ganoderma boninense*, penyebab penyakit busuk pangkal batang (BPB) pada tanaman kelapa sawit, merupakan masalah utama bagi pelaku industri sawit di dunia. Berbagai upaya pengendalian secara preventif dan kuratif terus dilakukan, namun belum diperoleh hasil yang memuaskan dan aman terhadap lingkungan. Self/Nonself-DNA merupakan paradigma baru untuk pengembangan agensia biokontrol. Efek Self-DNA terhadap organisme pengganggu tanaman sebagai green pesticide, sementara efek Nonself-DNA mirip seperti vaksin yang menginduksi sistem imun tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe produk fungisida organik berbasis Nonself-DNA *Ganoderma* sp. (G-Fung) yang akan diaplikasikan melalui agensia pembawa mikroalgae.

Hasil yang didapatkan saat ini meliputi metode perbanyak kultur *Ganoderma* secara *in vitro* dan scaling-up isolasi DNA skala 50 mL berdasarkan modifikasi dari Orazco-Castillo et al. (1994). Hasil uji antagonis Self-DNA *Ganoderma* secara *in vitro* dengan dosis 50 dan 100 µg/mL dari strain Rejosari menunjukkan penghambatan masing-masing 24% dan 17%. Sementara pada strain Bahjambi, dengan dosis 200 dan 400 µg/mL dapat menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sebesar 10%. Dari hasil screening tiga jenis mikroalgae, *Spirulina* menunjukkan pertumbuhan yang paling baik dengan kandungan nutrisi tertinggi dibandingkan mikroalgae yang lain. Optimasi kultivasi *Spirulina* dengan metode semi continue (outdoor) menghasilkan biomassa sebesar 2.06 gr/L atau 63% lebih tinggi dibandingkan pada kondisi indoor.

Pada percobaan introduksi fragmen DNA *Ganoderma* ke dalam kultur *Spirulina* (*Arthrospira platensis*), dosis fragmented Self/Nonself-DNA yang ditambahkan yaitu 0 mg, 2 mg (1x dosis), dan 4 mg (2x dosis). Deteksi DNA *Ganoderma* dilakukan pada sampel medium cair, biomassa

Spirulina segar dan kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa empat gen penanda *Ganoderma* tidak terdeteksi pada medium cair, sementara GanB2 & GanB3 terdeteksi pada biomassa *Spirulina* segar. Namun, GanB3 tidak menunjukkan konsistensi abundance pita DNA. Dengan demikian, DNA *Ganoderma* diduga mengalami natural uptake pada *Spirulina* dan GanB2 merupakan kandidat gen spesifik *Ganoderma* yang dapat dijadikan sebagai penanda molekuler. Berdasarkan uji antagonis diketahui bahwa aplikasi Self-DNA *Ganoderma* yang diintroduksi ke dalam kultur *Spirulina* menyebabkan penghambatan pertumbuhan *Ganoderma* yang signifikan dibandingkan kontrol, dengan persen penghambatan hingga 35%. Sementara itu, berdasarkan analisis transkriptomik terdapat peningkatan level ekspresi gen ERG11 dan ERG11.1 sebesar 35 dan 8 kali lipat lebih tinggi dibandingkan kontrol, hal tersebut diduga merupakan response pertahanan *Ganoderma* terhadap efek inhibisi pertumbuhan yang ditimbulkan.

Pada percobaan analisis transkriptomik pengaruh aplikasi Self dan Nonself-DNA pada tanaman sawit, diketahui bahwa level ekspresi enam gen target pada organ daun, batang, dan akar secara umum menunjukkan pola penurunan level ekspresi dibandingkan kontrol. Namun demikian, level ekspresi SENESCENCE dan THAUMATIN pada organ daun mengalami peningkatan level ekspresi hingga 65 dan 3 kali lipat dibandingkan kontrol, sementara pada organ batang hingga 11 dan 2 kali lipat lebih tinggi dibandingkan kontrol. Berbeda dengan daun dan batang, pada akar hanya MANNULOSE yang mengalami peningkatan level ekspresi hingga 11 kali lipat dibandingkan kontrol. Dengan demikian dapat diketahui bahwa aplikasi Self dan NonselfDNA menyebabkan perubahan fisiologis pada tanaman sawit baik terkait pertumbuhan maupun ketahanan.

Pengembangan Teknologi Kuratif Berbasis Nonsel-DNA *Ganoderma* (G-fung) Untuk Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang

TAP Rozziansha, MA Aziz, GW Permatasari, DN Kalbuadi, AA Aksa, DD Eris, RA Putranto

Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jl. Brigjend Katamsno No. 51, Kampung Baru, Medan 20158
Corresponding author, email: tap.rozziansha@gmail.com



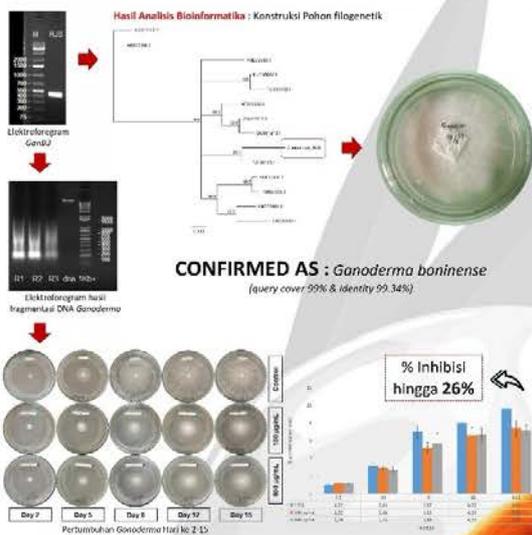
Tujuan

Mengungkap mekanisme inhibisi Self-DNA pada *Ganoderma* sebagai kandidat fungisida organik melalui pendekatan transkriptomik

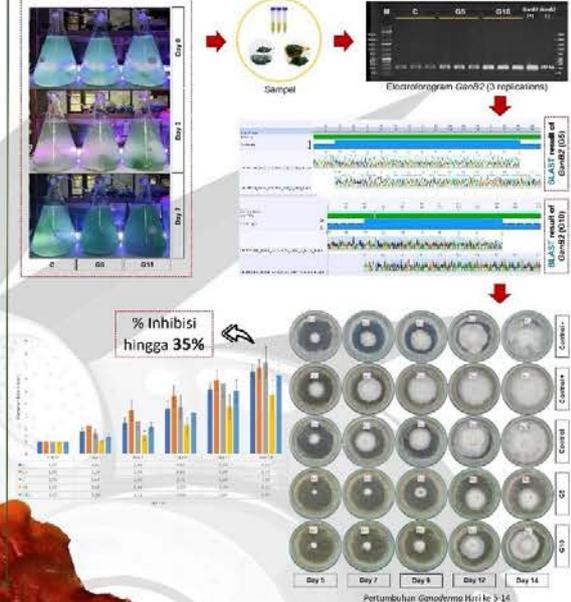
Mengembangkan teknologi produksi fungisida organik berbasis Nonsel-DNA *Ganoderma* menggunakan mikroalga sebagai *carrier*

Capaian Penelitian

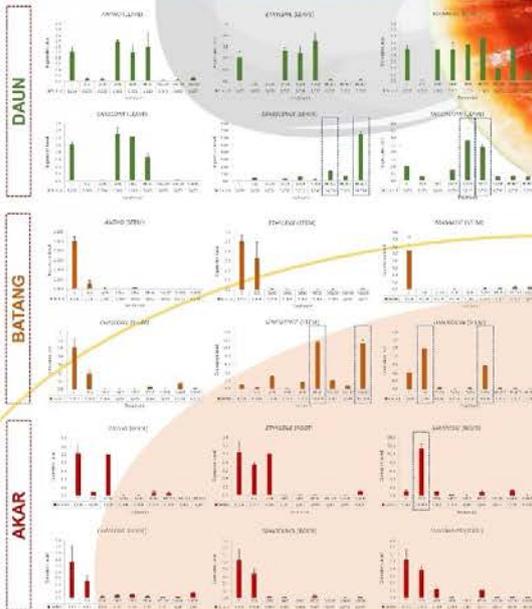
1. Identifikasi Molekuler *Ganoderma* sp. Strain Rejosari Menggunakan Primer *GanB3* & Uji Antagonis



2. Introduksi Self/Nonsel- DNA *Ganoderma* ke Dalam Kultur Spirulina & Uji Antagonis



4. Analisis Transkriptomik Pengaruh Self vs. Nonsel DNA *Ganoderma* Terhadap Response Fisiologis Tanaman Sawit



3. Analisis Transkriptomik Pengaruh Introduksi Self-DNA Terhadap Response Ketahanan *Ganoderma*



Kesimpulan

Self-DNA *Ganoderma* dengan dosis 100 dan 800 ng/μL menunjukkan inhibisi pertumbuhan berturut-turut sebesar 24% dan 26%, secara *in vitro*. Berdasarkan *GanB2*, self-DNA *Ganoderma* berhasil diintroduksi ke Spirulina dengan pengaruh inhibisi pertumbuhan hingga 35%. Berdasarkan analisis transkriptomik, Self-DNA *Ganoderma* yang diintroduksi ke dalam Spirulina menyebabkan peningkatan level ekspresi *ERG11* dan *ERG11.1* selain itu, sejumlah 6 gen target secara umum menunjukkan penurunan level ekspresi baik oleh pengaruh Self maupun Nonsel-DNA, kecuali *SENESCENCE* dan *THAUMATIN* (daun dan batang) serta *MANNANOSE* (akar).

Acknowledgement

Penelitian didanai oleh BDPKS 2023-2024, Kementerian Keuangan, dengan No SPK PRJ-76/DPKS/2023 & 092503/KS-RPN/IX/2023.

35

PEMANFAATAN TETRAGONULA LAEVICEPS SEBAGAI KOMPLEMEN PENYERBUK KELAPA SAWIT DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN INTEGRASINYA UNTUK MENAMBAH PENDAPATAN PETANI SAWIT RAKYAT

Peneliti: Mahardika Gama Pradana, Ciptadi Achmad Yusup, Tjut Ahmad Perdana Rozziansha, Nadzirum Mubin, Windra Priawandiputra, Rika Raffiudin

Salah satu penyebab rendahnya produktivitas kelapa sawit adalah permasalahan fruit set yang tidak optimal pada tanaman muda kelapa sawit. Nilai fruit set berkorelasi dengan nilai bobot buah hingga rendemen minyak. Berbagai faktor mempengaruhi pembentukan fruit set buah kelapa sawit, salah satunya yaitu peran agen penyerbuk terutama dari kelompok serangga. Sampai saat ini, serangga *Elaeidobius kamerunicus* masih menjadi penyerbuk utama kelapa sawit di Indonesia. Selain serangga *E. kamerunicus* telah banyak dilaporkan keberadaan serangga lain yang juga berperan dalam penyerbukan bunga kelapa sawit, di antaranya yaitu beberapa spesies lebah yang menyerbuk bagian permukaan tandan buah. Salah satu jenis lebah yang dilaporkan menyerbuk tandan bunga kelapa sawit yaitu *Tetragonula laeviceps*. Lebah tanpa sengat *T. laeviceps* merupakan salah satu jenis lebah yang umum dibudidayakan untuk diambil produk seperti madu, propolis dan bee pollen yang memiliki nilai ekonomi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari pemanfaatan budidaya lebah *T. laeviceps* sebagai penyerbuk komplemen di areal perkebunan kelapa sawit yang diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas dan menambah nilai ekonomi khususnya bagi petani sawit rakyat. Tahapan kegiatan penelitian yang telah dilakukan meliputi pencatatan keanekaragaman serangga penyerbuk bunga kelapa sawit, aktivitas terbang *T. laeviceps*, serta analisis polen dari sarang lebah yang dibudidayakan di areal perkebunan kelapa sawit.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebanyak delapan morfo spesies serangga berkunjung ke bunga

betina dan bunga jantan kelapa sawit yang sedang mekar. Dari delapan morfo spesies tersebut, lebah tanpa sengat *T. laeviceps* mengunjungi baik bunga jantan maupun betina kelapa sawit yang sedang mekar melalui tangkapan kamera. Aktivitas terbang paling tinggi ditunjukkan oleh *T. laeviceps* pada pukul 12.00 hingga 14.00. Aktivitas tersebut menunjukkan potensi *T. laeviceps* sebagai penyerbuk komplemen dari *E. kamerunicus* dimana kumbang penyerbuk lebih aktif pada pukul 08.00 hingga 10.00. Hal ini dapat dibuktikan melalui analisis fruit set tandan kelapa sawit yang diperoleh dari plot pengamatan.

Hasil analisis polen yang diperoleh dari sarang *T. laeviceps* diketahui sebanyak 7,24% komposisi pot polen berasal dari kelapa sawit. Dari aktivitas mencari makan oleh lebah, data menunjukkan bahwa monokultur kelapa sawit membatasi ketersediaan bunga yang beragam, memaksa lebah terbang lebih jauh untuk mencari makanan. Pengelolaan vegetasi yang berkelanjutan sangat penting untuk menjaga populasi lebah dan mendukung keanekaragaman hayati di sekitar perkebunan kelapa sawit.



PEMANFAATAN *Tetragonula laeviceps* SEBAGAI KOMPLEMEN PENYERBUK KELAPA SAWIT DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN INTEGRASINYA UNTUK MENAMBAH PENDAPATAN PETANI SAWIT RAKYAT



GRANT RISET KS-2023 No: PRJ-77/DPKS/2023

Mahardika Gama Pradana¹, Ciptadi Achmad Yusup¹, Tjut Ahmad Perdana Rozziansha¹, Nadzirum Mubin², Windra Priawandiputra³, Rika Raffiudin³

¹Kelompok Peneliti Proteksi Tanaman, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor

³Departemen Biologi, FMIPA, IPB University, Bogor

EKOLOGI

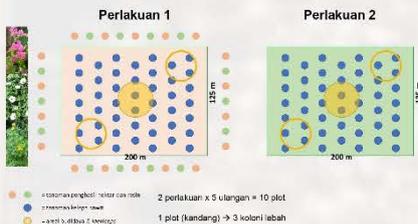
- Memiliki ukuran yang "kecil" → daya jelajah menyerbuk yang tinggi
- Mampu membantu penyerbukan pada beragam jenis tanaman
- Mengunjungi beragam jenis bunga (polen-nektar) tanaman pangan, horti, hutan, dan perkebunan
- Dilaporkan mengunjungi habitat kelapa sawit

EKONOMI

- Tahan terhadap gangguan serta tidak mengganggu aktifitas manusia meskipun sering ditemukan dalam permukiman.
- Potensi dan nilai ekonomi produk → bee pollen (hingga 500.000/kg) propolis mentah (hingga 400.000/kg)
- Nilai gizi produk lebah yang dihasilkan "lebih kaya" karena mengambil sumber nektar dari beragam jenis (multiflora)

TUJUAN

- Menguji efektivitas lebah tanpa sengat *T. laeviceps* sebagai komplemen penyerbuk sehingga berdampak terhadap peningkatan produktivitas kelapa sawit.
- Memberikan penilaian terhadap budidaya *T. laeviceps* di areal kelapa sawit untuk menambah pendapatan petani rakyat.



Aktivitas menyerbuk *T. laeviceps* pada bunga betina kelapa sawit reseptif.

HASIL PENELITIAN

• Sebelum introduksi lebah *T. laeviceps* di areal perlakuan, telah dilakukan pengamatan keanekaragaman serangga pengunjung bunga jantan dan betina kelapa sawit, dengan hasil:

Jenis Serangga	Jumlah individu	
	Bunga betina	Bunga jantan
<i>Elaeodius kamerunicus</i>	42	208
Formicidae sp 1	29	20
<i>Cosmolestes picticeps</i>	4	3
<i>Thrips hawaiiensis</i>	56	36
Hymenoptera sp1	35	3
Diptera sp1	6	0
Dermaptera sp1	0	2
Formicidae sp 2	67	7



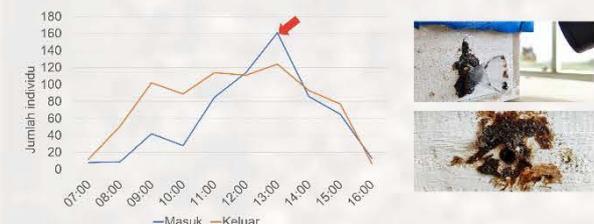
Komposisi pot polen di dalam sarang lebah yang berasal dari kelapa sawit:

Ulangan	Jumlah polen		Total	Komposisi polen kelapa sawit (%)
	Kelapa sawit	Tanaman lain		
1	42	474	516	8,14%
2	61	1139	1200	5,08%
3	102	1098	1200	8,50%
Rata-rata				7,24%



Polen kelapa sawit yang berhasil diidentifikasi menggunakan teknik asetolisis (panah warna kuning).

• Pada areal pengujian **tidak ditemukan** spesies lebah *T. laeviceps* (sebelum introduksi koloni lebah di areal kelapa sawit).



Aktivitas terbang lebah tanpa sengat *T. laeviceps* pada pukul 12.00 hingga 14.00.

Proses pengumpulan data



36

tSISTEM DETEKSI DINI JAMUR GANODERMA BONINENSE PADA KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN SISTEM RADAR SIL (SELF-INJECTION-LOCKED) PORTABLE

Peneliti: Rezki El Arif, Rachmad Setiawan, Eko Agus S., Nada F. H., Josaphat P.

Penyakit basal stem rot (BSR) kronis pada pohon kelapa sawit yang sebagian besar disebabkan oleh jamur *Ganoderma boninense* (*G. boninense*) menghambat produksi minyak sawit. Salah satu indikator bahwa pohon kelapa sawit terinfeksi oleh jamur *G. boninense* adalah batang dan daun kelapa sawit yang menguning. Namun, gejala tersebut dapat diketahui jika jamur telah merusak batang pohon kelapa sawit lebih dari 50%, menandakan bahwa infeksinya parah dan tidak dapat disembuhkan. Meskipun *G. boninense* telah ditetapkan sebagai penyebab utama kematian pada kelapa sawit, strategi diagnostik dan manajemen dini masih belum memadai.

Hingga saat ini menebang pohon merupakan metode yang berguna untuk mencegah penyebaran penyakit BSR ke pohon lain. Oleh karena itu, deteksi dini dan diagnosis infeksi *G. boninense* sangat penting untuk mencegah kehilangan hasil dan mengurangi biaya pengelolaan perkebunan. Motivasi penelitian ini adalah memanfaatkan teknologi radar SIL untuk mendeteksi indikasi awal infeksi *G. boninense* dengan memantau sifat dielektrik pohon kelapa sawit dengan menggunakan teknologi radar self-injection-locked (SIL).

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain teknologi radar Self-Injection-Locked (SIL) untuk mendeteksi tanda-tanda awal infeksi *G. boninense* dengan memantau karakteristik dielektrik pohon kelapa sawit. Teknologi radar SIL memiliki desain sederhana dan praktis, memungkinkan penggunaan sebagai perangkat portabel yang fleksibel, baik pada siang maupun malam hari. Selain itu, sensitivitas radar SIL akan ditingkatkan dengan menambahkan antena slot yang dilengkapi dengan Complementary Slot Ring Resonator (CSRR) untuk

memantau parameter dielektrik pada batang pohon kelapa sawit dan area tanah di sekitarnya. Tambahan informasi yang dimasukkan mencakup luaran prototipe radar portabel dan penggunaan teknologi CSRR untuk pemantauan infeksi jamur *G. boninense* dengan empat tingkat klasifikasi berdasarkan tingkat infeksinya, yakni healthy, mild, moderate, dan severe.

Teknologi radar memiliki sensitivitas tinggi terhadap level air di dalam berbagai wadah, termasuk di dalam pohon kelapa sawit. Salah satu indikasi serangan *G. boninense* pada pohon kelapa sawit adalah kerusakan jaringan xylem, yang mengakibatkan pohon tidak dapat mengalirkan air dari tanah ke seluruh bagian tubuhnya. Jika dibiarkan, kondisi ini akan menyebabkan kematian pohon. Oleh karena itu, kami merancang radar portabel untuk mendeteksi kadar air di dalam pohon guna memantau aktivitas metabolisme pohon. Dengan demikian, kami dapat mengidentifikasi kondisi pohon yang sehat dan pohon yang mengalami kerusakan pada jaringan kambium.

Dalam penelitian ini, telah dilakukan beberapa percobaan untuk mendeteksi kadar air di dalam pohon kelapa sawit yang sehat pada berbagai waktu, yaitu pagi, siang, dan sore. Dari ketiga percobaan tersebut, diketahui bahwa pohon kelapa sawit yang sehat lebih aktif menyerap air dari tanah ketika terpapar sinar matahari. Hal ini menunjukkan bahwa pohon sedang melakukan proses fotosintesis, yang memerlukan air sebagai salah satu komponennya. Penelitian selanjutnya akan membutuhkan pohon kelapa sawit yang terinfeksi jamur *G. boninense*. Secara teoritis, jika pohon terinfeksi jamur *G. boninense*, jaringan xylem akan mengalami kerusakan, sehingga penyaluran air dari akar ke daun tidak dapat berlangsung secara optimal.

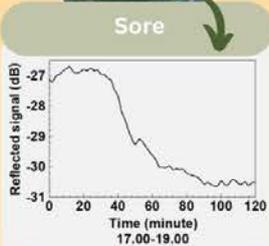
SISTEM DETEKSI DINI JAMUR *GANODERMA BONINENSE* PADA KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN SISTEM RADAR SIL PORTABLE

Rezki El Arif, Rachmad Setiawan, Eko Agus S., Nada F. H., Josaphat P.
NO. PKS: PRJ-78/DPKS/2023

Ringkasan

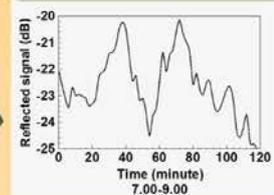
Sistem radar portabel dirancang untuk mendeteksi jamur *Ganoderma boninense* pada tanaman kelapa sawit. Jamur *G. boninense* ini akan dideteksi dengan 2 cara, yakni dengan cara mendeteksi nilai kelistrikan jamur dan pohon kelapa sawit, dan mendeteksi kandungan air di dalam pohon di dua titik untuk mendeteksi kerusakan jaringan *xylem* pada batang.

Experimental setup

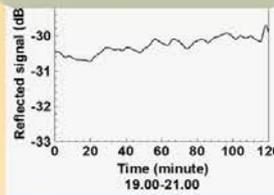


Nilai kandungan air dalam pohon

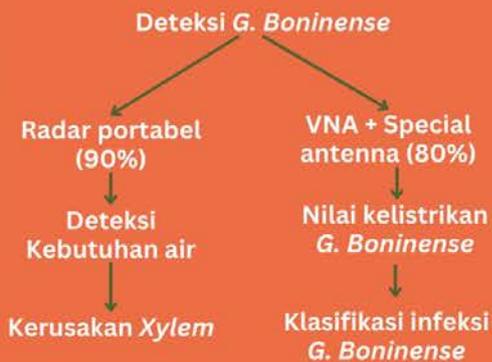
Pagi



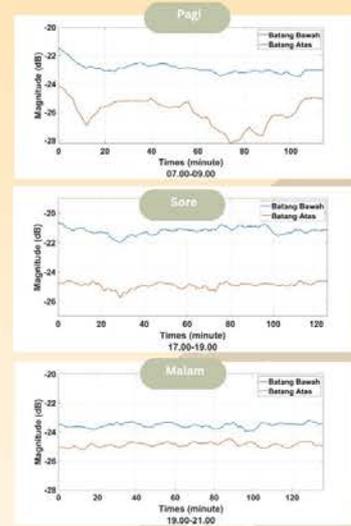
malam



Progress



Experimental Setup



Diskusi singkat

Pada percobaan pendahuluan ini, radar portabel telah didesain untuk mengukur kadar air yang ada didalam batang pohon kelapa sawit sehat yang masih berumur 5 bulan dan 15 tahun.

Dari percobaan ini didapatkan bahwa pohon kelapa sawit aktif melakukan proses metabolisme dan membutuhkan air dari tanah pada saat pohon terkena sinar matahari. Percobaan selanjutnya akan melibatkan pohon kelapa sawit yang sakit akibat infeksi jamur *ganoderma*.



37

PROGRAM PENGAYAAN SUMBER DAYA GENETIK KELAPA SAWIT INDONESIA MELALUI KEGIATAN EKSPLORASI KE TANZANIA DALAM UPAYA MENINGKATKAN KEANEKARAGAMAN MATERIAL GENETIK

Peneliti: Edy Suprianto, Fahmi Wendra Setiostono, Mohamad Kohar, Ricki Susilo, Edyson, Arnen Pasaribu, Roberdi

Program riset ini merupakan riset inisiatif yang diajukan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian dan dilaksanakan oleh PT Riset Perkebunan Nusantara yang ditunjuk sebagai lembaga pengelola riset bekerja sama dengan Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), Konsorsium Plasma Nutfah Kelapa Sawit Indonesia, dan Perhimpunan Ilmu Pemuliaan dan Perbenihan Sawit Indonesia (PIPPSI).

Negara Tanzania dipilih sebagai negara tujuan eksplorasi karena merupakan salah satu center of origins kelapa sawit. Program riset eksplorasi Tanzania dilakukan selama 2 (dua) tahun dengan tahapan kegiatan berupa: (i) Pra Eksplorasi, (ii) Eksplorasi, dan (iii) Pasca Eksplorasi. Kegiatan Pra Eksplorasi telah diinisiasi oleh Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) dan Konsorsium Plasma Nutfah Indonesia melalui negosiasi dengan Pemerintah Tanzania. Kesepakatan antara Tanzania Agricultural Research Institute (TARI) dengan GAPKI telah dituangkan dalam Agreement on Oil Palm Germplasm Collaboration.

Kegiatan Eksplorasi (joint exploration) telah dilaksanakan pada 4 Maret 2024 sampai dengan 26 April 2024 dengan melibatkan 6 (enam) orang Tim Peneliti dari Indonesia dan 10 orang yang mewakili TARI dan Tanzania Plant Health and Pesticide Authority (TPHPA). Eksplorasi dilakukan di 10 wilayah meliputi 5 (lima) wilayah pesisir pantai (coastal) dan 5 wilayah dataran tinggi (highland). Tim Eksplorasi telah berhasil mengumpulkan tandan dari 102 aksesori kelapa sawit. Karakter vegetatif, tandan, dan buah kelapa sawit masing-masing aksesori menunjukkan keragaman yang sangat tinggi. Melalui proses pengolahan tandan kelapa sawit secara manual, telah diperoleh 83.004 butir benih.

Kegiatan Pasca Eksplorasi pada periode Tahap I mencakup pre-border quarantine oleh Badan Karantina Indonesia, penyiapan dokumen izin pemasukan benih hasil eksplorasi, persiapan karantina antara di CABI, dan penggunaan website Germplasm-Sawit sebagai platform untuk mengelola, menyimpan, dan memanfaatkan data dari aksesori kelapa sawit hasil eksplorasi. Hasil verifikasi oleh Tim Badan Karantina Indonesia dalam kunjungan pre-border quarantine di Tanzania dinyatakan bahwa (i) biji sawit yang dikumpulkan dari kegiatan eksplorasi di beberapa wilayah di Tanzania sebanyak 102 kantong/aksesori telah siap diekspor ke Indonesia, (ii) kondisi biji sawit dalam keadaan baik karena disimpan dalam ruang yang terkontrol suhunya (stabil 20 C) di Kantor TMA Bandara Kigoma; (iii) Biji sawit akan dibawa ke Dar Es Salaam melalui perjalanan darat (± 24 jam) dan akan dilakukan sertifikasi oleh pejabat karantina di exit point Bandar Udara Internasional Julius Nyerere tujuan Indonesia melalui Inggris sebagai karantina antara. Untuk mendukung pengelolaan, penyimpanan, dan pemanfaatan data hasil eksplorasi Tanzania telah dibangun website Germplasm-Sawit dan masih dalam taraf uji coba.

Proses pengajuan izin pemasukan benih hasil eksplorasi dilakukan dalam beberapa tahapan mencakup verifikasi administrasi oleh Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian (PPVTTP), rekomendasi dari Badan Karantina Indonesia berupa Persyaratan Karantina Pemasukan Benih SDG asal Tanzania, dan evaluasi dari Badan Standardisasi Instrumen Pertanian terkait kelengkapan proposal. Setelah keseluruhan dokumen dan persyaratan dipenuhi, izin pemasukan benih kelapa sawit hasil eksplorasi Tanzania telah diperoleh melalui Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 1108/Kpts/-PI.800/H/7/2024 tanggal 7 Juli 2024 tentang Izin Pemasukan Sumber Daya Genetik Kelapa Sawit ke Dalam Wilayah Negara Republik Indonesia asal Tanzania.

Program Pengayaan Sumber Daya Genetik Kelapa Sawit Indonesia Melalui Kegiatan Eksplorasi ke Tanzania Dalam Upaya Meningkatkan Keanekaragaman Material Genetik (PRJ-03/DPKS/2024)

Edy Suprianto, Fahmi Wendra Setiostono, Mohamad Kohar, Ricki Susilo, Edyson, Arnen Pasaribu, Roberdi
 Email: rpn@rpn.co.id; edsuprianto@rpn.co.id

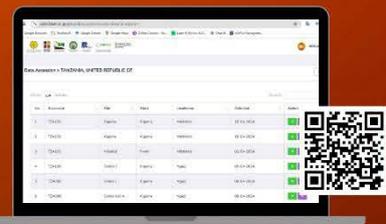
Program riset ini merupakan riset inisiatif yang diajukan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian dan dilaksanakan oleh PT Riset Perkebunan Nusantara yang ditunjuk sebagai lembaga pengelola riset bekerja sama dengan Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), Konsorsium Plasma Nutfah Kelapa Sawit Indonesia, dan Perhimpunan Ilmu Pemuliaan dan Perbenihan Sawit Indonesia (PIPPSI).

Negara Tanzania dipilih sebagai negara tujuan eksplorasi karena merupakan salah satu *center of origins* kelapa sawit. Program riset eksplorasi Tanzania dilakukan selama 2 (dua) tahun dengan tahapan kegiatan berupa: (i) Pra Eksplorasi, (ii) Eksplorasi, dan (iii) Pasca Eksplorasi. Kegiatan Pra Eksplorasi telah diinisiasi oleh Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) dan Konsorsium Plasma Nutfah Indonesia melalui negosiasi dengan Pemerintah Tanzania. Kesepakatan antara *Tanzania Agricultural Research Institute (TARI)* dengan GAPKI telah dituangkan dalam *Agreement on Oil Palm Germplasm Collaboration*.

Kegiatan Eksplorasi

Kegiatan Eksplorasi (*joint exploration*) telah dilaksanakan pada 4 Maret 2024 sampai dengan 26 April 2024 dengan melibatkan 6 (enam) orang Tim Peneliti dari Indonesia dan 10 orang yang mewakili TARI dan Tanzania *Plant Health and Pesticide Authority (TPHPA)*.

Eksplorasi dilakukan di 10 wilayah, meliputi 5 wilayah pesisir Pantai (*coastal*) dan 5 wilayah dataran tinggi (*highland*). Tanaman yang dikoleksi tumbuh pada ketinggian yang cukup berbeda, mulai dari 3 meter di atas permukaan laut (mdpl) di Tanga dan 1142 mdpl di Tabora. Area koleksi berada diantara 40 LS (Kigoma) sampai 110 LS (Ruvuma) dan 290 BT (Kigoma) dan 400 BT (Mtwara). Beberapa area koleksi berbatasan langsung dengan negara lain, seperti Mtwara berbatasan langsung dengan Mozambik, Ruvuma berbatasan dengan Malawi, Tanga berbatasan dengan Kenya, Mbeya dengan Malawi dan Zambia, Katavi berbatasan dengan Kongo, serta Kigoma berbatasan dengan Burundi dan Kongo.



Untuk mendukung pengelolaan, penyimpanan, dan pemanfaatan data hasil eksplorasi Tanzania telah dibangun website *Germplasm-Sawit* yang dibangun oleh by RPN melalui link: <https://palmdatabuh-qa.rpn.co.id/>

State	Area	Jumlah	Nigrescens	Virescens	Dura	Tenera
Mtwara	Coastal	3	3	0	2	1
Lindi	Coastal	2	2	0	2	0
Pwani	Coastal	22	20	2	20	2
Tanga	Coastal	11	7	4	11	0
Morogoro	Coastal	12	10	2	10	2
Sub-Total Coastal		50	42	8	45	5
Ruvuma	Highland	7	4	3	7	0
Mbeya	Highland	8	4	4	6	2
Katavi	Highland	10	8	2	8	2
Tabora	Highland	11	7	4	5	6
Kigoma	Highland	16	11	5	13	3
Sub-Total Highland		52	34	18	39	13
Total		102	76	26	84	18



Tim Eksplorasi telah berhasil mengumpulkan tandan dari 102 aksesori kelapa sawit. Karakter vegetatif, tandan, dan buah kelapa sawit masing-masing aksesori menunjukkan keragaman yang sangat tinggi.



Konsorsium Plasma Nutfah Kelapa Sawit Indonesia

- 1. Pusat Penelitian Kelapa Sawit – PT RPN
- 2. PT Bina Sawit Makmur
- 3. PT Sasin Indonesia
- 4. PT Tunggal Yunus Estate
- 5. PT SMART Tbk
- 6. PT Astra Agro Lestari Tbk
- 7. PT Panca Surya Garden
- 8. PT Sarana Inti Pratama
- 9. PT Musti Mas
- 10. PT Applied Agriculture Research Indonesia
- 11. PT Timbang Deli Indonesia Verdant Bioscience
- 12. PT Benih Tamiang
- 13. PT Bumiitama Gunungjaya Agro
- 14. PT Anugerah Sumber Makmur – Minamas Plantation

Hasil verifikasi oleh Tim Badan Karantina Indonesia dalam kunjungan pre-border quarantine di Tanzania dinyatakan bahwa (i) biji sawit yang dikumpulkan dari kegiatan eksplorasi di beberapa wilayah di Tanzania sebanyak 102 kantong/aksesori telah siap diekspor ke Indonesia, (ii) kondisi biji sawit dalam keadaan baik karena disimpan dalam ruang yang terkontrol suhunya (stabil 20°C) di Kantor TMA Bandara Kigoma; (iii) Biji sawit akan dibawa ke Dar Es Salaam melalui perjalanan darat (±24 jam) dan akan dilakukan sertifikasi oleh pejabat karantina di *exit point* Bandar Udara Internasional Julius Nyerere tujuan Indonesia melalui Inggris sebagai Karantina Antara.



Pangan/Pakan /Kesehatan

38

PENINGKATAN TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT) PRODUKSI GARAM MAGNESIUM ASAM LEMAK DAN VITAMIN E DARI PFAD UNTUK EKSIPIEN PANGAN DAN KOSMETIKA

Peneliti: Dianika Lestari, Muhamad Insanu, Diky Mudhakhir, Ardiyan Harimawan, Megawati Fratiwi, Shifa Mardiani, Salwa Assyifa, Nurul Azizah Atsari, Ghina Rafiasti

Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) atau Distilat Asam Lemak Sawit adalah produk samping proses pemulusan CPO dari unit deodorisasi pada proses produksi minyak goreng. PFAD, yang kaya asam lemak, vitamin E, dan antioksidan, dapat dinetralisasi dengan magnesium oksida untuk menghasilkan garam magnesium asam lemak atau garam Mg-PFAD dan konsentrat antioksidan. Garam Mg-PFAD memiliki fungsi yang sama dengan magnesium stearat, sehingga berpotensi untuk diaplikasikan sebagai bahan excipien dan antioksidan dalam formulasi pangan, kosmetik, dan farmasi pada skala industri. Teknologi produksi yang telah dikembangkan pada penelitian GRS K-16 sebelumnya kemudian diterapkan untuk bahan baku asam stearat untuk memproduksi magnesium stearat. Penelitian GRS K-22 ini bertujuan untuk meningkatkan tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) produksi garam Mg-PFAD dan konsentrat Vitamin E dari PFAD. Secara khusus, penelitian tahun kedua ini berfokus untuk persiapan implementasi produksi magnesium stearat dari asam stearat pada skala komersial dengan tahapan sebagai berikut: 1) uji konsistensi produksi pada skala 1 kg/ batch menggunakan bahan baku asam stearat dari berbagai calon vendor komersial pada kondisi operasi terbaik hasil penelitian tahun pertama; 2) peningkatan skala produksi magnesium stearat dari 1 kg/batch menjadi 1,5 kg/ batch untuk mencapai produksi 5 kg magnesium stearat per hari menggunakan asam stearat terbaik dari tahap pertama; 3) uji spesifikasi komposisi dan baku mutu (Certificate of Analysis) dan uji aplikasi pada tablet obat; 4) uji aplikasi magnesium stearat sebagai bahan baku produk kosmetik pada skala trial industri (8,5 kg produk/ batch). Garam Magnesium Stearat hasil produksi penelitian ini telah diuji angka asam dan spesifikasi standar yang meliputi: susut pengeringan, kadar Mg, bulk density, logam (Cl, S, Pb, As, Ni, Cd), kadar C16 dan C18, angka lempeng total, E.coli, dan salmonella. Garam magnesium stearat juga diuji unjuk kerjanya sebagai pelumas pengempaan dan excipien tablet obat Fenilprolilamin 200 mg, dan dibandingkan dengan

magnesium stearat komersial. Pengujian dilakukan di Uji dilakukan di Laboratorium Teknologi Farmasi Sediaan Solida, Sekolah Farmasi ITB. Berdasarkan hasil uji tersebut menunjukkan bahwa tablet yang dibuat dengan garam Magnesium Stearat penelitian ini mempunyai kualitas sebanding dengan tablet yang menggunakan Magnesium Stearat Komersial, memenuhi standar Eur. Pharmacopoeia (2014), dan memiliki waktu hancur lebih cepat dari tablet mengandung Magnesium Stearat Komersial. Magnesium stearat juga dapat digunakan dalam produk krim dan lotion untuk membuat produk terasa nyaman saat disentuh, memperbaiki daya sebar, dan meningkatkan umur simpan. Pada tahapan ini, produk magnesium stearat dengan spesifikasi terbaik telah digunakan dalam uji produksi Niacinamide Day Cream pada skala kapasitas 8 kg di PT. Permata Senytt Cosmetindo. Magnesium Stearat digunakan pada produk Niacinamide Day Cream dengan konsentrasi sebesar 2%, untuk menggantikan Magnesium Stearat komersial yang saat ini digunakan pada produk tersebut dengan konsentrasi yang sama, dengan kapasitas produksi pada skala trial sebesar 8,5 kg produk. Pengujian dilakukan terhadap produk jadi Niacinamide Day Cream dengan parameter uji seperti, bentuk sediaan, warna, aroma, homogenitas, pH, viskositas, berat jenis. Hasil pengujian kualitas menunjukkan bahwa produk dengan magnesium stearat hasil penelitian ini telah memenuhi syarat produk standar day cream yang ditetapkan. Pengujian dilanjutkan dengan uji stabilitas produk jadi selama 3 bulan, dimana produk akan disimpan pada suhu 40oC dan kelembaban 70% dan dilakukan pengujian kualitas standar secara berkala. Selain itu, penelitian pasar (marketing research) yang dilakukan melalui kerja sama mitra industri (PT. Zeus Kimiatama Indonesia) dilanjutkan dengan mengirimkan sampel produk ke beberapa calon user dari industri kosmetik dan farmasi untuk pengujian kesesuaian produk pada kondisi nyata, sebagai bagian dari tahapan peningkatan kesiapterapan teknologi.

PENINGKATAN TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT) PRODUKSI GARAM MAGNESIUM ASAM LEMAK DAN VITAMIN E DARI PFAD UNTUK EKSIPIEN PANGAN DAN KOSMETIKA

Grant Riset Sawit GRS K-23
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Dr. Ir. Dianika Lestari, S.T., M.T. (Ketua), Dr. apt. Muhammad Insanu, S.Si., M.Si., Dr. Ir. Ardiyan Harimawan, S.T., M.Eng., Dr. apt. Diky Mudhakir, M.Si., Megawati Fratiwi, S.T., M.T., Shifa Mardiani, S.Tr.T., M.T.

HUBUNGI KAMI
 Dianika Lestari
 Email: dianika@itb.ac.id
 Prodi Teknik Kimia dan Teknik Pangan
 Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung

Apa itu Magnesium Asam Lemak?

Garam hasil reaksi asam lemak dengan basa oksida

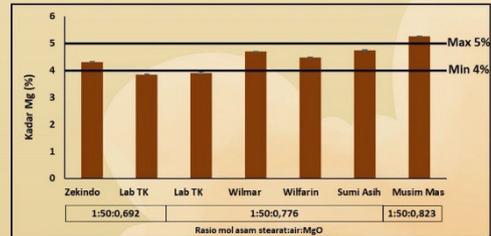
- Eksepien pangan
- Kosmetika
- Vit. E / Antioksidan
- Pelumas pencetak obat

Sistem Pemroses Skala Semi Pilot

- Reaktor
- Kondensor
- Evaporator
- Pompa Vakum



Hasil Uji Produk



Menghasilkan produk dengan spesifikasi yang setara dengan **Mg-Stearat Komersial**

Magnesium PFAD

- Angka Asam 4,6–7,6 mg KOH/g
- 2 – 3,4 %FFA
- Yield: 1,2 kg MgPFAD/kg PFAD

Magnesium Stearat

- Angka Asam 2,92 mg KOH/g
- 1,48 %FFA dan Kadar Mg: 4,4%
- Yield: 1,3 kg MgSt/kg PFAD



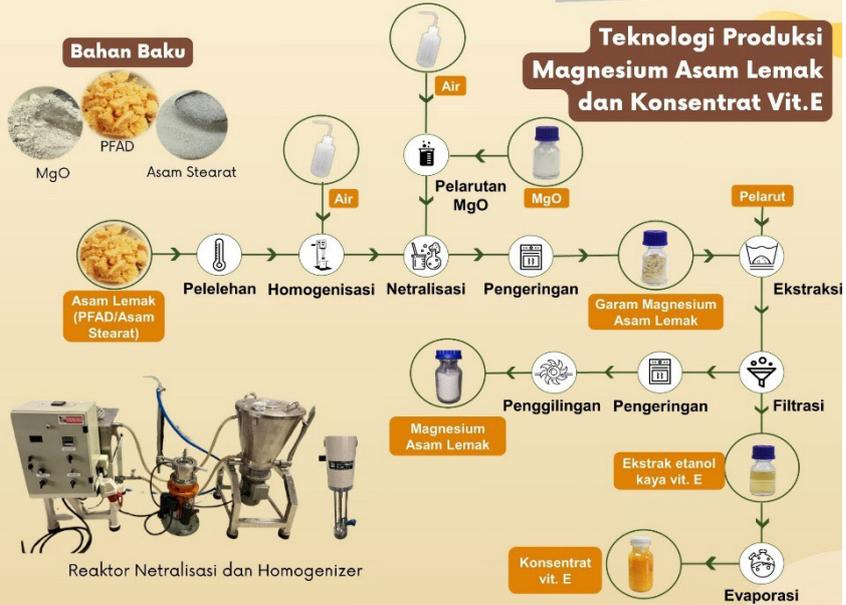
Paten dan Publikasi

1. Sediaan Garam Magnesium Asam Lemak dari Distilat Asam Lemak Sawit untuk Bahan Aditif Pangan dan Nutrasetikal serta Proses Produksinya, IDP000089717, Granted (2023)
2. Reaktor Berpengaduk untuk Produksi Garam Logam Asam Lemak dari Distilat Asam Lemak Sawit untuk Bahan Aditif Pangan dan Nutrasetikal - P00201906361 (Pemeriksaan Substantif)
3. Effect of Neutralization Pretreatment for The Production of Magnesium Salt from PFAD, Presenter dan Publikasi pada The 4th ITB IGSC (2023)
4. Effect of Solvent Ratio and Extraction Temperature on Purity of Vitamin E from PFAD Extract, Presenter dan Publikasi pada Ther 4th ITB IGSC (2023)
5. Best presenter pada Ther 4th ITB International Graduate School Conference (2023)

Bahan Baku



Teknologi Produksi Magnesium Asam Lemak dan Konsentrat Vit. E



Reaktor Netralisasi dan Homogenizer

No	Parameter	Krim Niacinamide dengan Mg-Stearat Produk Lab	Krim Niacinamide dengan Mg-Stearat Komersial	Persyaratan
1	Bentuk Sediaan	Cream	Cream	Cream
2	Warna	Putih	Putih	Putih
3	Aroma	No Fragrance	No Fragrance	No Fragrance
4	Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen
5	pH	6,73	6,99	5,00-7,50
6	Viskositas	46452	48534	40000-55000
7	Berat jenis	0,9765	1,0009	0,900 – 1,100
	Disposisi	Memenuhi Syarat	Memenuhi Syarat	

Konsentrat Vitamin E

- 0,7 – 21 %FFA
- IC50 = 17,1 – 32,8 ppm
- Aktivitas antioksidan sangat kuat
- Rendemen: 160 g konsentrat/kg PFAD

Aplikasi Produk



Riset pemaparan bersama mitra industri
ZEKINDO CHEMICALS

39

KAJIAN POTENSI MNYAK INTI SAWIT MERAH SEBAGAI SUPLEMEN MAKANAN

Peneliti: Dr. Frisda Rimbun Panjaitant; Ilmi Fadhilah Rizki; Manda Edy Mulyono; Brahmani Dewa Bajra; Dr. rer. medic., dr. M. Ichwan M.Sc, Sp. KKLP, Subsp. FOMC.

Penelitian ini memformulasikan salah satu turunan kelapa sawit terbaru, yaitu minyak inti sawit merah (red kernel oil, RKO). RKO merupakan hasil pencampuran secara enzimatik antara red palm super olein yang tinggi oleat dan rendah palmitat (HOLP-RPSO) dengan minyak inti sawit (Palm Kernel Oil, PKO). HOLP-RPSO mengandung fitonutrien yang tinggi, sedangkan PKO kaya akan asam lemak rantai sedang (medium chain fatty acid, MCFA). Pencampuran kedua bahan baku tersebut, menjadikan RKO memiliki kandungan fitonutrien (karoten dan vitamin E) serta tinggi akan MCFA. Setelah dilakukan pengujian aktivitas anti bakteri, formula RKO – C dan RKO – D memiliki efikasi antibakteri yang unggul untuk menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella typhi*.

Penelitian selanjutnya adalah melakukan pengujian toksisitas subkronis selama 90 hari secara *in vivo* (dengan menggunakan hewan uji) untuk menguji keamanan RKO – C dan RKO – D sebelum digunakan, bahkan dikonsumsi oleh manusia. Sebagaimana diketahui bahwa RKO mengandung monolaurin yang berperan sebagai asam lemak utama, dan juga kaya akan karotenoid dan vitamin E. Sinergitas dari seluruh bahan aktif tersebut menunjukkan tidak adanya perubahan signifikan terhadap hewan uji, bahkan memberikan dampak positif. RKO tidak meningkatkan berat badan secara signifikan. Namun adanya peningkatan berat badan tersebut diterjemahkan sebagai peningkatan pertumbuhan seiring dengan penambahan usia hewan uji. RKO tidak hanya mampu mengontrol berat badan namun juga tidak berpengaruh pada bobot organ. Pada data hematologi (profil darah) juga terlihat tidak adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa RKO mampu menjaga profil darah yang sehat.

Hal yang menarik terlihat pada data serum biokimia hewan uji setelah diberikan RKO yaitu penurunan kadar LDH (lactate dehydrogenase) secara signifikan. Meningkatnya kadar LDH sering kali menjadi indikasi kerusakan jaringan, terutama pada hati dan otot, namun RKO berpotensi untuk membantu menjaga integritas sel, sehingga mengurangi pelepasan LDH ke dalam aliran darah. RKO juga secara signifikan mampu menurunkan kadar CK (creatin kinase) pada hewan uji. CK (kreatin kinase) adalah enzim yang memainkan peran penting dalam metabolisme energi, terutama di jaringan otot dan otak, dan peningkatan kadarnya dapat mengindikasikan kerusakan jaringan. Penurunan kadar AST (aspartate aminotransferase) yang signifikan pada hewan uji juga menjadi potensi penting yang dimiliki oleh RKO. AST adalah enzim yang dilepaskan ke aliran darah ketika terjadi kerusakan atau disfungsi hati, dan kadarnya umumnya digunakan sebagai biomarker untuk kesehatan hati. Kemampuan RKO tersebut dipengaruhi oleh adanya karotenoid dan vitamin E (terutama tocotrienol). Kedua fitonutrien tersebut berperan sebagai zat antioksidan yang kuat yang menjaga tubuh dari stres oksidatif, memiliki efek kardioprotektif dan protektif terhadap hepatotoksitas.

Berdasarkan uji toksisitas tersebut, RKO aman untuk dapat dikonsumsi karena tidak menyebabkan adanya perubahan yang signifikan terhadap organ utama, tidak ada dampak yang buruk pada kondisi kesehatan darah dan biokimia darah. Sebaliknya RKO memberikan respon positif terhadap peningkatan kesehatan hewan uji. Selanjutnya, masih perlu adanya pengembangan lanjutan RKO sebagai suplemen makanan terutama sebagai pendamping terapi sebagai penambah gizi pada kasus stunting pada anak.

KAJIAN POTENSI MINYAK INTI SAWIT MERAH SEBAGAI SUPLEMEN MAKANAN

NO KONTRAK: PRJ-363/DPKS/2022

Dr. Frisda Rimbun Panjaitan (*Ketua Peneliti*)

Ilmi Fadhilah Rizki, Manda Edy Mulyono, Brahmani Dewa Bajra, Dr. rer. medic., dr. M. Ichwan (*Anggota Peneliti*)

Tujuan Penelitian

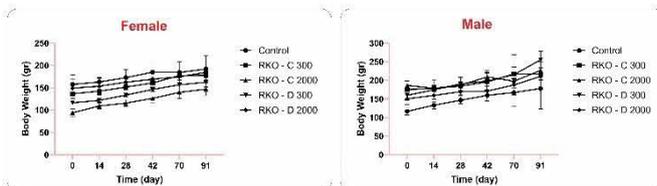
- Menghasilkan produk turunan sawit yang terbaru yaitu dengan menggabungkan minyak inti sawit (PKO) dan red palm super olein yang tinggi oleat dan rendah palmitat sebagai salah satu alternative suplemen makanan
- Melakukan serangkaian pengujian pra-klinis dari produk RKO yang dihasilkan

Hasil Penelitian

Hasil Uji Toksisitas Minyak Inti Sawit Merah (Red Kernel Oil, RKO)

Penelitian selama 90 hari telah dilakukan untuk memastikan toksisitas RKO-C dan RKO-D. Secara umum, RKO terbukti mampu mengontrol berat badan, ukuran organ, dan menjaga kondisi darah tetap normal. Tidak ada perbedaan yang signifikan pada hasil serum biokimia darah. RKO berhasil mempertahankan kesehatan darah. Yang menarik, hasil tes darah hewan uji setelah diberikan RKO menunjukkan penurunan kadar LDH (laktat dehidrogenase), CK (kreatin kinase), dan AST (aspartat aminotransferase). Ketiga parameter ini berhubungan dengan kerusakan hati, jaringan otot, dan otak. Kemampuan RKO dalam menurunkan kadar tersebut diduga karena kandungan karotenoid dan vitamin E (terutama tokotrienol). Kedua fitonutrien ini bertindak sebagai antioksidan kuat yang melindungi tubuh dari stres oksidatif, memiliki efek perlindungan jantung, dan melindungi hati dari kerusakan. Selanjutnya, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut terhadap RKO sebagai suplemen makanan, baik dalam bentuk minyak maupun kapsul lunak. Dengan demikian, RKO nantinya dapat dimanfaatkan sebagai pendamping terapi untuk meningkatkan gizi pada kasus stunting pada anak.

Gambar Capaian Hasil



Parameters	Group Treatment				
	Control	RKO - C (300 mg/kg)	RKO - C (2000 mg/kg)	RKO - D (300 mg/kg)	RKO - D (2000 mg/kg)
Male					
Heart	0,69 ± 0,08	0,87 ± 0,05	1,07 ± 0,15	1,08 ± 0,11	1,20 ± 0,01*
Kidney (R)	0,76 ± 0,08	0,78 ± 0,05	0,76 ± 0,01	0,78 ± 0,09	0,77 ± 0,02
Kidney (L)	0,74 ± 0,06	0,72 ± 0,00	0,77 ± 0,01	0,76 ± 0,00	0,67 ± 0,04
Liver	5,50 ± 0,77	6,27 ± 0,29	6,60 ± 0,38	8,08 ± 1,22	6,60 ± 0,26
Spleen	1,00 ± 0,13	0,99 ± 0,10	1,13 ± 0,30	1,00 ± 0,02	1,02 ± 0,21
Lung	1,57 ± 0,25	2,74 ± 0,58	2,17 ± 0,05	2,12 ± 0,24	1,83 ± 0,09
Female					
Heart	0,76 ± 0,03	0,10 ± 0,15	0,76 ± 0,10	0,86 ± 0,02	0,64 ± 0,07
Kidney (R)	0,67 ± 0,03	0,60 ± 0,04	0,55 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,64 ± 0,01
Kidney (L)	0,69 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,56 ± 0,01	0,58 ± 0,07	0,63 ± 0,02
Liver	6,09 ± 0,39	5,94 ± 0,32	5,22 ± 0,29	5,53 ± 0,61	6,27 ± 0,32
Spleen	0,93 ± 0,10	0,10 ± 0,20	0,96 ± 0,11	0,10 ± 0,10	1,10 ± 0,10
Lung	1,65 ± 0,10	2,11 ± 0,37	1,48 ± 0,11	2,44 ± 1,17	1,73 ± 0,13

Parameters	Group Treatment				
	Control	RKO - C (300 mg/kg)	RKO - C (2000 mg/kg)	RKO - D (300 mg/kg)	RKO - D (2000 mg/kg)
Male					
RBC (10 ¹² /L)	7,16 ± 0,67	7,40 ± 0,13	8,09 ± 0,39	8,84 ± 0,56	7,62 ± 0,53
Haemoglobin (g/dL)	12,07 ± 1,19	12,95 ± 0,35	13,50 ± 0,51	14,45 ± 0,75	13,17 ± 0,41
Hematocrit (%)	40,73 ± 3,53	42,00 ± 0,30	43,00 ± 1,35	45,85 ± 2,25	42,07 ± 1,31
MCV (fL)	56,97 ± 1,33	56,75 ± 0,45	53,23 ± 0,87	51,95 ± 0,75	55,50 ± 2,47
MCHC (g/dL)	29,57 ± 0,64	30,80 ± 0,60	31,37 ± 0,38	31,50 ± 0,10	31,27 ± 0,38
WBC (10 ⁹ /L)	5,29 ± 1,37	5,86 ± 0,77	5,74 ± 0,98	5,33 ± 1,25	6,44 ± 1,23
Neutrophils (10 ³ /μL)	0,90 ± 0,30	1,76 ± 0,14	1,17 ± 0,46	1,62 ± 1,07	1,49 ± 0,37
Lymphocytes (10 ³ /μL)	3,59 ± 0,79	3,10 ± 0,82	3,76 ± 1,32	2,94 ± 0,20	4,18 ± 1,24
Female					
RBC (10 ¹² /L)	6,29 ± 0,56	7,22 ± 0,30	7,21 ± 0,26	7,10 ± 0,42	6,60 ± 0,22
Haemoglobin (g/dL)	11,57 ± 0,82	14,27 ± 0,52	13,67 ± 0,13	13,57 ± 0,95	12,53 ± 0,52
Hematocrit (%)	37,87 ± 2,81	43,70 ± 1,51	42,97 ± 0,66	41,73 ± 2,66	39,97 ± 1,36
MCV (fL)	60,37 ± 0,94	61,97 ± 0,69	59,70 ± 1,93	58,80 ± 0,69	60,63 ± 0,38
MCHC (g/dL)	30,57 ± 0,56	31,87 ± 0,22	31,80 ± 0,21	32,47 ± 0,20*	31,33 ± 0,35
WBC (10 ⁹ /L)	4,13 ± 0,25	3,04 ± 0,24	5,14 ± 0,22	5,00 ± 0,32	4,41 ± 0,57
Neutrophils (10 ³ /μL)	0,48 ± 0,14	1,08 ± 0,37	1,50 ± 0,28	0,97 ± 0,11	0,84 ± 0,29
Lymphocytes (10 ³ /μL)	2,94 ± 0,38	1,32 ± 0,63	2,88 ± 0,43	3,33 ± 0,48	3,07 ± 0,37

Parameters	Group Treatment				
	Control	RKO - C (300 mg/kg)	RKO - C (2000 mg/kg)	RKO - D (300 mg/kg)	RKO - D (2000 mg/kg)
Male					
Trig (mmol/L)	1,14 ± 0,48	0,38 ± 0,11	0,52 ± 0,10	0,72 ± 0,10	0,58 ± 0,05
Chol (mmol/L)	1,00 ± 0,06	1,20 ± 0,20	1,37 ± 0,98	1,30 ± 0,03	1,30 ± 0,64
LDH (U/L)	1547 ± 114,6	249,5 ± 62,50*	141,0 ± 52,01*	590,5 ± 230,5*	492,3 ± 109,7*
CK (U/L)	1124 ± 134,3	178,0 ± 50,00*	127,3 ± 26,12*	446,0 ± 2,00*	464,3 ± 81,87*
Total Protein (g/L)	70,67 ± 1,76	77,50 ± 2,50	72,67 ± 0,88	71,50 ± 1,50	68,00 ± 2,31
Albumin (g/L)	27,33 ± 3,18	28,00 ± 2,00	26,67 ± 0,67	29,00 ± 1,00	27,67 ± 0,88
Uric Acid (umol/L)	76,00 ± 6,25	104,5 ± 18,50	102,7 ± 10,27	121,5 ± 2,50	130,0 ± 13,32
Urea (mmol/L)	4,93 ± 0,59	6,05 ± 0,85	6,53 ± 0,26	5,20 ± 0,40	4,63 ± 0,59
Creatinine (umol/L)	45,33 ± 2,33	62,00 ± 3,00*	64,00 ± 2,31*	66,50 ± 1,50*	61,67 ± 1,33*
ALT (U/L)	74,33 ± 4,49	58,00 ± 6,00	50,00 ± 8,62	51,50 ± 9,50	63,33 ± 2,40
AST (U/L)	199,0 ± 3,61	122,0 ± 2,00*	94,00 ± 2,08*	115,0 ± 3,00*	137,7 ± 4,98*
Glucose (mmol/L)	12,53 ± 1,95	7,45 ± 0,15	12,00 ± 0,26	11,20 ± 0,30	11,40 ± 0,96
Trig (mmol/L)	2,79 ± 1,23	0,80 ± 0,21	0,93 ± 0,11	1,41 ± 0,33	1,71 ± 0,62
Chol (mmol/L)	1,53 ± 0,12	1,80 ± 0,15	1,57 ± 0,03	1,50 ± 0,11	1,30 ± 0,11
LDH (U/L)	1160 ± 179,4	828,0 ± 252,7	688 ± 19,08	487,3 ± 22,40	776 ± 268,0
CK (U/L)	974,7 ± 131,7	483,7 ± 61	392,3 ± 38,77*	328,7 ± 32,17*	707,0 ± 225,8
Total Protein (g/L)	92,67 ± 5,33	72,67 ± 3,67*	76,33 ± 1,45	70,33 ± 1,20*	79,33 ± 5,21
Albumin (g/L)	42,67 ± 2,96	33,00 ± 0,58*	32,67 ± 0,88*	31,33 ± 2,19*	33,67 ± 1,20*
Uric Acid (umol/L)	91,33 ± 10,48	101,7 ± 12,25	61,33 ± 4,37	69,00 ± 4,16	85,33 ± 15,59
Urea (mmol/L)	6,10 ± 0,15	5,93 ± 1,22	5,13 ± 0,26	6,67 ± 0,17	5,70 ± 0,42
Creatinine (umol/L)	58,00 ± 3,46	57,33 ± 1,67	57,67 ± 0,67	59,67 ± 0,88	57,00 ± 3,00
ALT (U/L)	52,67 ± 2,73	38,00 ± 4,51	50,67 ± 2,33	53,00 ± 1,00	60,33 ± 6,17
AST (U/L)	162,3 ± 9,77	119,3 ± 9,91	112,3 ± 2,84	105,3 ± 8,65	142,3 ± 33,49
Glucose (mmol/L)	9,00 ± 1,78	9,57 ± 1,02	12,53 ± 1,04	14,57 ± 0,80	11,13 ± 3,23

40

PRODUKSI TELUR AYAM RAS FUNGSIONAL TINGGI ANTIOKSIDAN DAN RENDAH KOLESTEROL MELALUI PEMBERIAN TEPUNG LUMPUR SAWIT HASIL BIKONVERSI KAPANG NEUROSPORA SP

Peneliti: Asriani Hasanuddin, Rusdi, Minarny Gobel dan Fatmawati Saloko

Produksi minyak sawit kasar (crude palm oil; CPO) Indonesia terus meningkat dan produk samping hasil proses pemerasan menjadi crude palm oil berupa lumpur sawit. Setiap unit produksi crude palm oil dalam pemrosesannya menghasilkan sekitar 10% lumpur sawit. Pemanfaatan dari lumpur sawit masih sangat terbatas sebagai pupuk ataupun dibiarkan menjadi humus karena belum adanya pemanfaatan yang bernilai ekonomis. Di lain pihak lumpur sawit masih mempunyai kandungan gizi yang cukup baik dan bisa dimanfaatkan sebagai pakan fungsional yang kaya akan betakaroten namun dalam pemanfaatannya sebagai pakan unggas menghadapi kendala yaitu serat kasar dan kadar air yang tinggi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengatasi kendala tersebut adalah melalui proses bioteknologi (biokonversi). Terkait dengan hal tersebut, telah dilakukan serangkaian penelitian dengan memanfaatkan potensi limbah lumpur sawit (solid decanter) dengan jalan mengurangi atau menekan kendala yang ada melalui proses biokonversi dengan menggunakan jamur atau kapang *Neurospora SP* sebagai inokulum, sehingga lumpur sawit (solid decanter) yang telah mengalami proses biokonversi akan memberikan kualitas yang lebih baik dan akan menggantikan bahan pakan konvensional yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber bahan pakan lokal untuk ternak unggas khususnya ayam petelur.

Penelitian ini merupakan laporan kemajuan penelitian tahun ke 2 (dua) yang bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan lumpur sawit hasil biokonversi dengan menggunakan kapang *Neurospora sp* dengan konsentrasi 8% (konsentrasi terbaik) pada hasil penelitian tahun pertama, terhadap penampilan dan kualitas telur ayam ras petelur. Perlakuan yang diterapkan dengan menempatkan ayam ke dalam 5 kelompok perlakuan dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 ulangan masing – masing 10 ekor perulangan. Lima kelompok perlakuan merupakan penggunaan level lumpur sawit produk biokonversi dalam ransum yaitu (0, 6, 12, 18 dan 24%). Parameter yang diamati meliputi : Penampilan produksi telur antara lain: konsumsi ransum, produksi telur, massa telur, konversi ransum (FCR), IOFC dan mortalitas ; Karakteristik telur ayam meliputi: bobot telur, indeks albumin,

indeks yolk, bobot albumin, bobot yolk, bobot cangkang, ketebalan cangkang dan warna yolk; Profil Darah antara lain leukosit, limfosit, monosit, eritrosit, Haemoglobin, trombosit, kolesterol, HDL, LDL dan trigliserida. Untuk kandungan beta karoten, antioksidan, kolesterol, profil asam lemak dan asam amino telur masih dalam proses (menyusul kemudian).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan 24% limbah lumpur sawit (solid decanter) yang sudah melalui proses biokonversi didalam ransum dapat mempertahankan/meningkatkan penampilan produksi ayam petelur. Sementara untuk pengaruh terhadap karakteristik telur ayam tidak ada perbedaan yang nyata antar perlakuan pada peubah bobot telur, indeks albumin, indeks yolk, bobot albumin, bobot cangkang; sedangkan ketebalan cangkang dan warna yolk menunjukkan ada perbedaan yang nyata. Untuk kandungan beta karoten dalam kuning telur diperoleh nilai tertinggi pada penggunaan solid decanter 24% (L4) yakni sebesar 4,69 mg/100g dan terendah diperoleh pada perlakuan control (L0) yakni sebesar 1,91 mg/100gr, sementara untuk aktivitas antioksidan diperoleh kecenderungan yang sama yakni nilai tertinggi pada perlakuan L4 yang ditunjukkan dengan nilai IC50 terendah yakni sebesar 82,27 ppm dan aktivitas antioksidan terendah diperoleh pada perlakuan L0 yang diperlihatkan dengan nilai IC50 tertinggi yakni sebesar 163,69 ppm. Hasil analisis terhadap profil darah sebelum pemberian perlakuan lumpur sawit proses biokonversi menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap leukosit, limfosit, monosit, eritrosit, haemoglobin, trombosit, dan HDL sedangkan terhadap kolesterol, LDL dan tergliserida tidak ada perbedaan yang nyata.

Hasil penelitian ini disimpulkan bahwa penggunaan solid decanter hasil biokonversi dengan *Neurospora sp* dalam ransum sampai pada konsentrasi 24% dapat digunakan karena tidak memberikan efek yang negative terhadap semua parameter yang diukur.

41

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI PAKAN TERNAK MELALUI BIOKONVERSI AMPAS NIRA SAWIT OLEH LARVA BSF

Peneliti: Lienda A. Handoyo; Agus Dana Permana; Made Tri Ari Penia Kresnowati; Tanto Pratondo; Daniel Pramudita; Graecia Lugito; Giovanni Arneldi Sumampouw; Reinhardt Anderson; Isna Dea Fauzani

Target peremajaan perkebunan kelapa sawit Indonesia yang sebesar 180.000 hektar per tahun, diestimasi akan menghasilkan sekitar 19,7 juta ton limbah batang sawit per tahun. Limbah batang sawit berpotensi mengganggu lingkungan dan merugikan tanaman muda. Beberapa upaya pemanfaatan antara lain sebagai substitusi kayu tripleks, mebel, dan gula sawit sedang atau telah dilakukan. Produksi gula sawit menghasilkan ampas batang sisa pengepresan (ampas nira sawit), yang berpotensi diolah sebagai media pertumbuhan larva Black Soldier Fly (BSF).

Di lain pihak, larva BSF tidak mampu mencerna lignin dan selulosa yang terdapat dalam batang atau ampas nira sawit, sehingga diperlukan proses untuk menguraikan komponen tersebut menjadi gula sederhana. Larva BSF yang tinggi protein dapat digunakan langsung sebagai pakan ternak atau diolah dalam bentuk tepung, sehingga diharapkan produk ini dapat mengurangi impor pakan Indonesia. Selain itu, larva, pupa dan lalat BSF dapat diolah menjadi produk bernilai tinggi seperti minyak, biofuel, kitin, dan kitosan. Biomassa sisa biokonversi yang disebut kasgot dapat digunakan sebagai kompos yang menjaga kesuburan tanah.

Eksperimen dilakukan dengan memfermentasi ampas nira sawit menggunakan beberapa jamur, seperti *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Phanerochaete chrysosporium* yang bertujuan untuk mendegradasi selulosa dan lignin serta menaikkan C/N ratio. Tetapi proses ini kurang mendukung pertumbuhan larva. Variasi lain yang dilakukan adalah dengan merendam ampas dalam POME atau air selama 1-6 hari. Hasil terbaik dari segi kadar pati dan

gula diperoleh dari perendaman dalam POME 20% selama 4 hari, dengan kadar pati 17,27% dan gula 6,07%. Sebaliknya, perendaman dalam air selama 1 hari menghasilkan kadar pati 15,45% dan gula 6,81%. Selanjutnya, perendaman terbaik ampas nira tersebut kemudian ditambah dengan beberapa bahan seperti solid, Palm Kernel Meal (PKM), umbut, dan Azolla untuk mendapatkan rasio C/N sekitar 29, rentang yang baik bagi pertumbuhan larva.

Efektivitas media pakan yang diberikan pada larva BSF dilihat dari seberapa baik larva mampu mengonsumsi pakan tersebut. Salah satu indikatornya adalah Waste Reduction Index (WRI) yang membandingkan jumlah bahan yang dikonsumsi oleh larva dengan jumlah awal yang disediakan per hari. Semakin tinggi nilai WRI, semakin efisien media pakan dalam mendukung konsumsi larva. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman ampas nira sawit terbaik diperoleh dari perendaman pada ampas nira sawit dengan 20% Palm Oil Mill Effluent (POME) dengan nilai Waste Reduction Index (WRI) sebesar 2,13%. Meskipun demikian, penggunaan air sebagai media perendaman juga memberikan hasil yang cukup baik dengan WRI sebesar 1,8%, sehingga air dapat menjadi alternatif jika POME tidak tersedia. Kombinasi ampas nira sawit, PKM, solid, dan Azolla menghasilkan WRI tertinggi sebesar 4,63%.



PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI PAKAN TERNAK MELALUI BIOKONVERSI AMPAS NIRA SAWIT OLEH LARVA BSF



Lienda A. Handoyo; Agus Dana Permana; Made Tri Ari Penia Kresnowati; Tanto Pratondo; Daniel Pramudita; Graecia Lugito; Giovanni Arneldi Sumampouw; Reinhardt Anderson; Isna Dea Fauzani

Latar Belakang

1



Tujuan

2

Memperoleh rancangan teknologi biokonversi ampas nira sawit menggunakan larva BSF untuk menghasilkan pakan ternak dan produk-produk turunan lainnya.

Metodologi

3

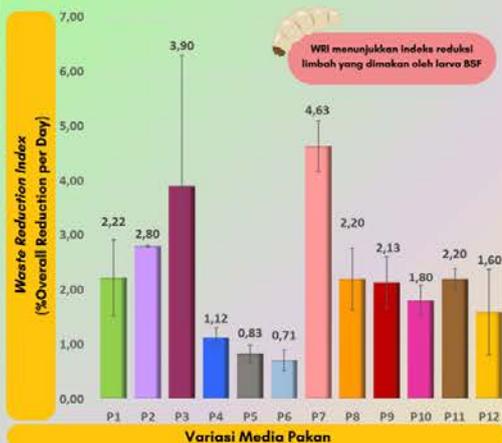


4

Hasil Penelitian

Keterangan

- P1 Ampas Nira Sawit (ANS)
- P2 PKM
- P3 Solid (residu/limbah padat produksi minyak sawit)
- P4 Azolla
- P5 ANS direndam larutan Enzim 1%
- P6 ANS direndam larutan pH 10
- P7 ANS+PKM+Solid+Azolla perbandingan 5:1:1:1
- P8 ANS+Umbut[9:1] perendaman 20%POME 2hari
- P9 ANS perendaman 20% POME 4 hari
- P10 ANS air 100% 4 hari
- P11 Umbut perendaman 20% POME 2 hari
- P12 Batang Segar



Data C/N

ANS	112.8	Umbut	30-80
PKM	21	Azolla	10
Solid	9.8	POME 20%	6.81

5

Kesimpulan

- Perendaman ampas nira sawit terbaik menggunakan POME (P9) dengan WRI 2,13%. Air (P10) juga efektif dengan WRI 1,8%, sehingga air bisa menjadi alternatif jika POME tidak tersedia.
- Solid dan Palm Kernel Meal (PKM) yang tersedia di sekitar perkebunan sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan.
- Perlakuan efektif untuk konsumsi ampas nira sawit oleh larva BSF adalah variasi kombinasi (P7) dengan WRI sebesar 4,63%.

Pembiasaan maggot skala pilot yang dilakukan di SITH ITB



42

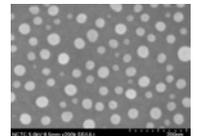
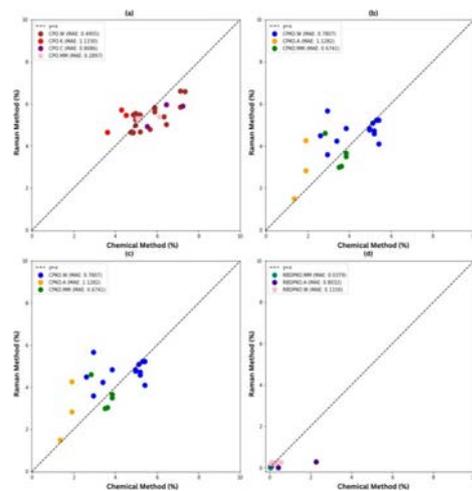
PENENTUAN KUALITAS HINGGA PENENTUAN KANDUNGAN KONTAMINAN PADAMINYAK SAWIT MENGGUNAKAN SURFACE ENHANCED RAMAN SPECTROSCOPY (SERS) DAN KEMOMETRI

Peneliti: Prof. Dr.-Ing. Drs. Ir. Mitra Djamal, IPU, ASEAN Eng; Dr. Eng. Herman, M.S. dkk

Penentuan kualitas minyak sawit umumnya dilakukan melalui pengukuran parameter-parameter seperti asam lemak bebas (FFA), kadar air dan kotoran, bilangan yodium, dan DOBI (Deterioration of Bleachability Index). Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa minyak sawit yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, baik untuk keperluan konsumsi langsung maupun untuk bahan baku industri lainnya. Namun, metode pengujian konvensional seringkali memerlukan waktu yang lama dan persiapan sampel yang kompleks.

Sebagai alternatif, spektroskopi Raman telah berkembang menjadi metode analisis yang cepat dan non-destruktif untuk penentuan kualitas minyak sawit. Spektroskopi Raman mampu memberikan informasi mendalam mengenai struktur molekul dalam sampel minyak sawit, yang memungkinkan identifikasi cepat terhadap perubahan kualitas berdasarkan analisis spektrum. SERS (Surface Enhanced Raman Spectroscopy) adalah teknik peningkatan intensitas Raman untuk mengatasi kelemahan hamburan Raman dengan faktor peningkatan mencapai 10¹⁴ sampai 10¹⁵. Di penelitian ini, kami mengusulkan untuk menggunakan PLS (Partial Least Square) untuk mengeksplorasi kualitas minyak yang tidak diketahui. PLS dapat memodelkan hubungan antara parameter kualitas minyak dan spektrum Raman. Salah satu parameter terkait kualitas yang umum digunakan adalah kandungan asam lemak bebas (FFA), dengan PLS, kita dapat memprediksi konsentrasi FFA dengan mempelajari beberapa prediktor seperti spektrum. PLS mengurangi dimensionalitas data spektral tetapi juga mempertahankan informasi utama dari data tersebut. Hasil model PLS terlihat pada gambar disamping. Dari gambar

dapat dilihat perbandingan perbedaan kadar FFA yang berbeda pada CPO, CPKO, dan RBDPKO yang diperoleh melalui chemical method (AOCS) dan spektroskopi Raman. Gambar dibawah menunjukkan penggunaan SERS dan spektroskopi Raman dan SERS yang kami kembangkan.





PENENTUAN KUALITAS HINGGA PENENTUAN KANDUNGAN KONTAMINAN PADA MINYAK SAWIT MENGGUNAKAN SURFACE ENHANCED RAMAN SPECTROSCOPY (SERS) DAN KEMOMETRI



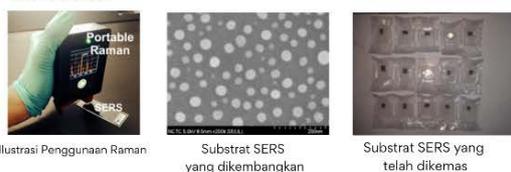
PROF. DR.-ING.DRS. IR. MITRA DJAMAL, IPU, ASEAN ENG., DR. ENG. HERMAN, M.S., R.RER.NAT. SPARISOMA VIRIDI, M.SI., ANITA ALNI, PH.D., DR. NINA SITI AMINAH, M.SI.

PENDAHULUAN

Penentuan kualitas minyak sawit umumnya dilakukan melalui pengukuran parameter-parameter seperti asam lemak bebas (FFA), kadar air dan kotoran, bilangan yodium, dan DOBI (Deterioration of Bleachability Index). Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa minyak sawit yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, baik untuk keperluan konsumsi langsung maupun untuk bahan baku industri lainnya. Namun, metode pengujian konvensional seringkali memerlukan waktu yang lama dan persiapan sampel yang kompleks.

Sebagai alternatif, spektroskopi Raman telah berkembang menjadi metode analisis yang cepat dan non-destruktif untuk penentuan kualitas minyak sawit. Spektroskopi Raman mampu memberikan informasi mendalam mengenai struktur molekul dalam sampel minyak sawit, yang memungkinkan identifikasi cepat terhadap perubahan kualitas berdasarkan analisis spektrum. SERS (Surface Enhanced Raman Spectroscopy) adalah teknik peningkatan intensitas Raman untuk mengatasi kelemahan hamburan Raman dengan faktor peningkatan mencapai 10¹⁴ sampai 10¹⁵. Gambar dibawah menunjukkan penggunaan SERS dan spektroskopi Raman dan SERS yang kami kembangkan.

METODE



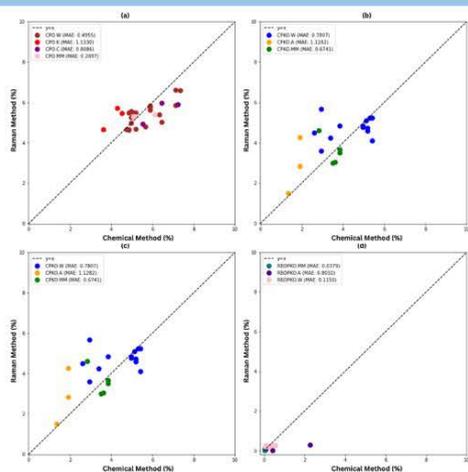
Ilustrasi Penggunaan Raman

Substrat SERS yang dikembangkan

Substrat SERS yang telah dikemas

Di penelitian ini, kami mengusulkan untuk menggunakan PLS (Partial Least Square) untuk mengeksplorasi kualitas minyak yang tidak diketahui. PLS dapat memodelkan hubungan antara parameter kualitas minyak dan spektrum Raman. Salah satu parameter terkait kualitas yang umum digunakan adalah kandungan asam lemak bebas (FFA), dengan PLS, kita dapat memprediksi konsentrasi FFA dengan mempelajari beberapa prediktor seperti spektrum. PLS mengurangi dimensionalitas data spektral tetapi juga mempertahankan informasi utama dari data tersebut. Hasil model PLS terlihat pada gambar disamping. Dari gambar dapat dilihat perbandingan perbedaan kadar FFA yang berbeda pada CPO, CPKO, dan RBDPKO yang diperoleh melalui chemical method (AOCS) dan spektroskopi Raman

HASIL PENELITIAN



PLS calibration plot constructed of FFA from CPO (a), CPKO (b), RBDPO (c), and RBDPKO (d).

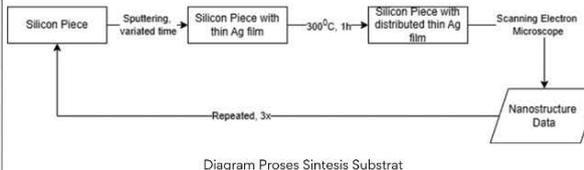


Diagram Proses Sintesis Substrat



ANALISIS

Spektrum Raman menunjukkan bahwa CPO dan CPKO mengandung berbagai asam lemak, namun komposisinya berbeda, terlihat dari perbedaan posisi dan intensitas puncak. Puncak sekitar 1150-1200 cm⁻¹ dan 1500 cm⁻¹ pada spektrum Raman CPO berhubungan dengan getaran regangan ikatan rangkap pada rantai poliena di karotenoid yang memberi warna merah pada CPO. Di industri, CPO dan CPKO diproses lebih lanjut menjadi RBDPO dan RBDPKO melalui refining, bleaching, dan deodorizing untuk menghilangkan kotoran dan mengurangi asam lemak bebas. Akibatnya, spektrum Raman RBDPO dan RBDPKO lebih bersih dengan puncak yang lebih sedikit dibandingkan CPO dan CPKO. Kami kemudian mengusulkan penggunaan PLS untuk memprediksi konsentrasi FFA sebagai atribut kualitas minyak, dengan MAE terendah 0,0379 untuk RBDPKO. Sayangnya, beberapa MAE yang tinggi menunjukkan perlunya evaluasi model untuk meningkatkan akurasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, ditemukan bahwa CPO dan CPKO sama-sama mengandung berbagai asam lemak, namun spektrum Raman CPO menunjukkan adanya karotenoid yang tidak ditemukan pada CPKO. Di industri, CPO dan CPKO diproses lebih lanjut menjadi produk lain seperti RBDPO dan RBDPKO melalui refining, bleaching, dan deodorizing untuk menghilangkan kotoran dan mengurangi asam lemak bebas. Akibatnya, spektrum Raman dari kedua produk ini lebih bersih dan memiliki puncak tambahan yang lebih sedikit dibandingkan CPO dan CPKO. PLS dan FFA dapat digunakan untuk mengevaluasi model guna meningkatkan akurasi dan relevansi prediksi.

43

RAPID DETECTION KIT BERBASIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS (MIPs) UNTUK DETERMINASI SELEKTIF KONTAMINAN 3-MCPD DAN GLISIDOL PADA REFINED PALM OIL

Peneliti: Syiffa Fauzia, Andreas, Yosi Aristiawan, Hendris Hendarsyah Kurniawan, Eriawan Rismana, Susi Kusumaningrum, Maya Damayanti Rahayu

3-Monokloropropana-1,2-diol (3-MCPD) dan glisidol (G) merupakan kontaminan yang umum ditemukan pada minyak hasil pemurnian (refinasi). Dari sekian banyak produk minyak refinasi, jumlah kontaminan 3-MCPD dan glisidol pada minyak kelapa sawit adalah yang terbanyak. Dampaknya, produk pangan olahan yang dalam proses pembuatannya menggunakan minyak kelapa sawit diduga mengandung kedua kontaminan tersebut. Dalam produk refinasi minyak kelapa sawit, kedua kontaminan tersebut ditemukan dalam bentuk bebas dan ester asam lemaknya (3-MCPDE dan GE). Kontaminan tersebut terbentuk dalam proses deodorisasi untuk menghilangkan bau, rasa, dan warna yang tidak diinginkan pada minyak kelapa sawit yang melibatkan suhu tinggi (>250oC), kondisi vakum dan adanya ion klorida. Berdasarkan hasil pengujian toksisitas secara in-vivo diketahui bahwa 3-MCPD menyebabkan kerusakan pada organ ginjal dan sistem reproduksi, sedangkan glisidol dapat menyebabkan kanker. Dengan tingginya tingkat konsumsi minyak kelapa sawit oleh masyarakat Indonesia, penjaminan keamanan dan kualitas minyak kelapa sawit menjadi hal yang perlu diperhatikan. Metode deteksi cepat dengan tingkat akurasi setara dengan metode analisa laboratorium yang sudah tersedia, diharapkan dapat menjadi alternatif pengambilan keputusan dalam pengendalian kualitas minyak kelapa sawit di Indonesia. Oleh karena itu dalam kegiatan penelitian ini akan dikembangkan suatu sistem deteksi berbasis Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) untuk determinasi selektif kontaminan 3-MCPD dan glisidol pada minyak kelapa sawit hasil refinasi. Sistem deteksi yang akan dikembangkan berdasarkan interaksi 3-MCPD dan glisidol yang menyebabkan perubahan warna (rapid test kit) serta

kemampuannya memberikan sinyal secara elektrokimia (screen printing carbon electrode). Kegiatan penelitian ini direncanakan dilakukan dalam 2 tahun, dimana tahun pertama akan fokus pada sintesis MIPs yang meliputi optimasi diikuti dengan karakterisasi dan evaluasi kinerja MIPs-3-MCPD/G. Pada penelitian MIP/floresen diperoleh adanya perubahan panjang gelombang emisi dan intensitas pada MIP. Intensitas floresen MIP yang telah menyerap senyawa target mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa 3-MCPD dan glisidol telah terserap dan memberikan efek turn off terhadap probe floresen. Perubahan warna yang dapat diamati pada saat MIP menyerap 3-MCPD, warna larutan yang didispersikan MIP berubah dari merah muda menjadi biru dengan respon perubahan warna dalam waktu yang singkat. Sedangkan dengan penambahan glisidol, perubahan warna pada larutan yang terdispersi MIP berubah dari kehitaman menjadi kekuningan dengan respon setelah pemanasan selama 1 jam pada suhu 80 oC. Untuk MIP/SPE, Orientasi sintesis MIP 3-MCPD-(PMAA-g-PEGDMA) dan MIP 3-MCPD-polieugenol-(PMAA-g-PEGDMA) telah berhasil dilakukan melalui proses polimerisasi radikal bebas menggunakan AIBN pada campuran 3-MCPD, polieugenol, MAA dan EGDMA. Serbuk kedua MIP telah dikarakterisasi secara FTIR dan menunjukkan adanya puncak absorpsi khas PMAA pada bilangan gelombang 3450, 1720, 1260, 1150, dan 590 cm⁻¹ serta polieugenol pada bilangan gelombang 1600, 1300 – 1400 dan 757 cm⁻¹ dan 3-MCPD puncak pada bilangan gelombang 1454, 1387, 989 dan 757 cm⁻¹. Selanjutnya MIP ini akan digunakan sebagai bahan untuk detektor 3-MCPD dengan metode voltammetry atau potensiometri.

RAPID DETECTION KIT BERBASIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS (MIPs) UNTUK DETERMINASI SELEKTIF KONTAMINAN 3-MCPD DAN GLISIDOL PADA REFINED PALM OIL



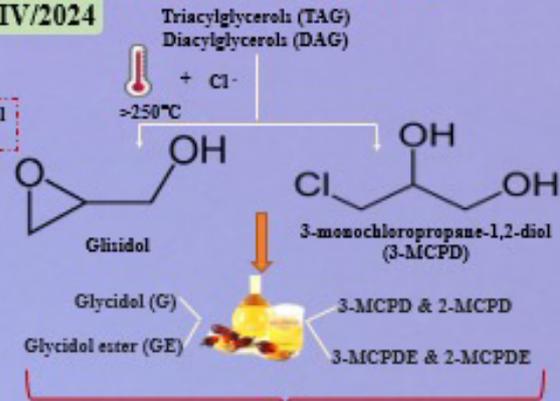
Nomor kontrak: PRJ-25.1/DPKS/DIT.IV/2024

Latar Belakang

Tahapan pemurnian minyak sawit:

1. Degumming
2. Deacidification
3. Deodorization

Menginisiasi terbentuknya glisidol dan 3-MCPD



Teknik dan menyebabkan penolakan ekspor minyak sawit

Tujuan Penelitian

Tahapan pemurnian minyak sawit:

- ✓ Menghasilkan material untuk deteksi cepat berbasis MIPs untuk determinasi selektif kontaminan 3-MCPD dan glisidol dalam refined palm oil
- ✓ Melakukan evaluasi performa dan scale up rapid test kit dan SPCE berbasis MIPs untuk determinasi 3-MCPD dan glisidol dalam refined palm oil.

Sensor Elektrokimia

Hasil Penelitian

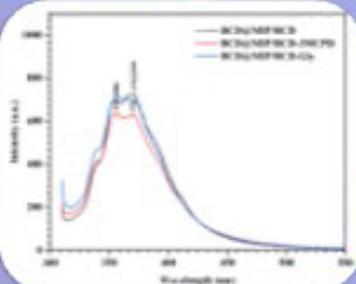
Sensor Floresen



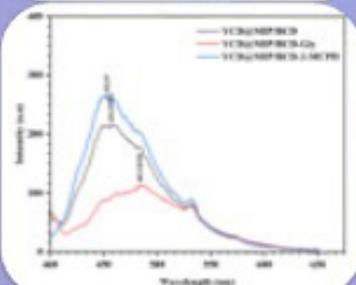
Cambar 1. YCD@MIP@CCD selektif dan sebelum ditambahkan senyawa target



Cambar 2. CCD@MIP@CCD selektif dan sebelum ditambahkan senyawa target



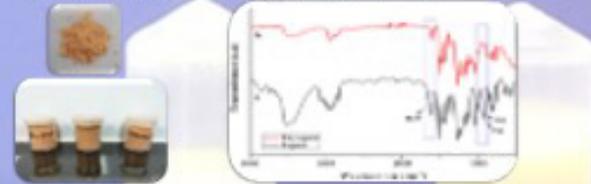
Cambar 3. Selektivitas Sensor CCD@MIP@CCD selektif dan sebelum ditambahkan senyawa target.



Cambar 4. Selektivitas Sensor YCD@MIP@CCD selektif dan sebelum ditambahkan senyawa target.

S. Poesia, A. Andras, Y. Anilawati, H. Kurniawan, S. Kusuma, S. Kusumaningrum, M. Kabaya
Badan Riset dan Inovasi Nasional, BRIN
sulfidiasia@brin.ac.id

A. Sintesis dan karakterisasi spektrofotometri FTIR Polielektrolit

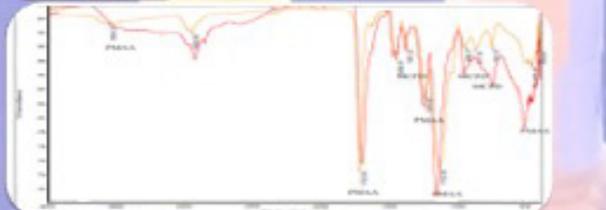


Cambar 1. Polielektrolit dan spektrum FTIR dari (a) eugenol dan (b) polielektrolit

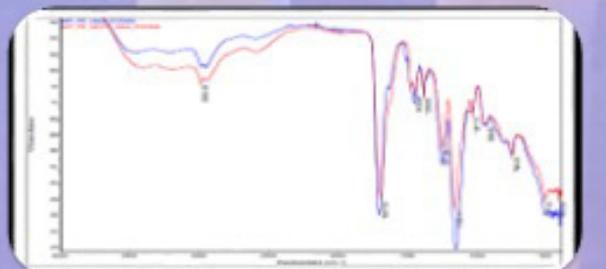
B. Sintesis dan karakterisasi spektrofotometri FTIR Polielektrolit



Cambar 2. Spektra FTIR MIP-(FMAA₂-*p*-TEGDMA), MIP Polielektrolit-(FMAA₂-*p*-TEGDMA) dan MIP 3-MCPD-Polielektrolit-(FMAA₂-*p*-TEGDMA)



Cambar 3. Spektra FTIR MIP-(FMAA₂-*p*-TEGDMA) dan MIP 3-MCPD-(FMAA₂-*p*-TEGDMA)



Cambar 4. Spektra FTIR MIP 3-MCPD-polielektrolit (FMAA₂-*p*-TEGDMA) dan MIP polielektrolit (FMAA₂-*p*-TEGDMA)

44

PENGEMBANGAN NANOPARTIKEL KARBON DARI LIMBAH KELAPA SAWIT (*ELAEIS GUNEENSIS*) SEBAGAI BAHAN AEROSOL BERTANDA TECHNETIUM-99M (99MTC) DALAM PENCITRAAN VENTILASI PARU UNTUK DIAGNOSA EMBOLI PARU

Peneliti: Indra Saptiama, Miftakul Munir, Marlina, Alfian Mahardika Forentin, Teguh Ariyanto, Kurnia Sari Setio

Aerosol karbon bertanda Technetium-99m (99mTc) memegang peranan penting dalam pencitraan ventilasi paru untuk penegakkan diagnosis emboli paru dan penyakit paru-paru lainnya. Aerosol ini biasanya diproduksi dari generator aerosol 99mTc yang tersedia secara komersial dan banyak digunakan seluruh dunia. Penggunaan limbah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sebagai bahan baku nanopartikel karbon untuk produksi aerosol bertanda 99mTc diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi produk ini serta mengurangi ketergantungan kedokteran nuklir di Indonesia terhadap produk dari luar negeri. Teknologi produksi nanopartikel karbon dari limbah kelapa sawit dan limbah agrikultur lainnya telah banyak dikembangkan untuk aplikasi di berbagai bidang, seperti elektronika. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber karbon dapat dilakukan dengan metode yang sederhana, seperti pemanasan pada suhu yang sangat tinggi (500–1000°C). Selain itu, kandungan karbon yang tinggi dapat menjadi keunggulan ekonomi dalam pengembangan nanopartikel karbon dari limbah kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan nanopartikel karbon dari limbah kelapa sawit sebagai bahan aerosol bertanda radioisotop 99mTc untuk pencitraan ventilasi paru.

Pada tahun pertama (2023), nanopartikel karbon sawit telah berhasil diperoleh dengan sifat aerodinamis yang masih perlu ditingkatkan yakni MMAD = 6,62 µm (< 2 µm), FPF = 45,55 % (> 40%), dan EF = 76,40% (>90%). Penandaan nanopartikel karbon dengan 99mTc sudah sangat baik dengan perolehan persentasi penandaan sebesar 96,69% dengan kemurnian radiokimia di atas 99%. Hasil uji in vitro, karbon sawit bertanda 99mTc terikat lebih banyak pada sel A549 (28-30%) dan TIG-1 (40-48%) dibandingkan 99mTc saja (<1%). Hal ini perlu dipelajari lebih jauh terkait ineraksi karbon dengan sel paru.

Pada tahun kedua (2024), optimasi pembuatan nano partikel karbon dilakukan dengan metode dry-wet. Berdasarkan hasil SEM dan BET, karakteristik partikel karbon, ukuran dan luas permukaan, masih belum mendapatkan hasil yang optimal dibandingkan hasil yang diperoleh pada tahun pertama. Luas permukaan yang optimal dengan metode ini mencapai 420 m²/g. Selain itu, optimasi formula serbuk pembawa mannitol dan parameter proses spray dryer juga dilakukan untuk memperoleh serbuk nano partikel karbon sawit yang memiliki sifat aerodinamis lebih baik. Formula serbuk inhalasi terbaik dari hasil optimasi ini diperoleh dengan densitas bulk 0,34 g cm⁻¹; kandungan lembab 7,93 %, ukuran partikel geometris 8,86 ± 0,09 µm dengan rentang 1,45 – 8,75 µm; EF 26,06%; dan FPF 16,98%. Sifat aerodinamis yang dihasilkan masih belum optimal dimana EF dan FPF yang diharapkan masing-masing di atas 90% dan 40%. Oleh karena itu, optimasi pembuatan nanopartikel karbon sawit masih dilanjutkan. Hasil sitotoksisitas in vitro di lung epithelial cell line dengan menggunakan sel TIG-1 yang mewakili sel normal paru menunjukkan tidak ditemukan adanya sitototoksisitas.

Selanjutnya, uji praklinis atau uji in vivo penghantaran ke dalam paru-paru tikus akan dilakukan dengan cara aerosolisasi nanopartikel karbon bertanda 99mTc menggunakan udara bertekanan, kemudian dilanjutkan dengan pencitraan menggunakan kamera gamma. Produk ini akan menjadi inisiasi pemanfaatan cangkang kelapa sawit di Indonesia untuk aplikasi kesehatan dengan menggunakan teknologi nuklir dan diharapkan kedepannya berkontribusi untuk meningkatkan pelayanan mutu kesehatan masyarakat Indonesia.

Harnessing Dry Powder Inhalation for Technetium-99m Labeled Carbon Pulmonary Delivery: A Proof of Concept for Lung Ventilation Scintigraphy

I Septiama¹, M Munir¹, KSS Putri², Marlina¹, AM Forentin¹, M Subechi¹, T Ariyanto³

1. Research Center for Radioisotope Radiopharmaceutical and Biodosimetry Technology, Research Organization for Nuclear Energy, National Research and Innovation Agency (BRIN)
2. Faculty of Pharmacy, University of Indonesia
3. Department of chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Gadjah Mada

1 INTRODUCTION

Pulmonary embolism is obstruction of artery in the lung that lead to lung tissue damage. Study reported the prevalence of embolism in Europe, America, and Australia is 75-269 cases in 100.000 people. Diagnosis of embolism is essential to stratify the risk and decide the appropriate treatment. Lung scintigraphy using nuclear technique is one of the important diagnosis methods for embolism, in which Technetium-99m (99mTc) nanoparticles is required. The preparation of novel 99mTc nanoparticles from palm kernel shell waste will be advantageous and increasing the economic value of such waste.

2 METHODS

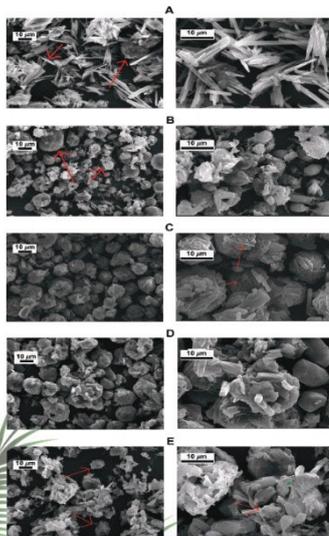
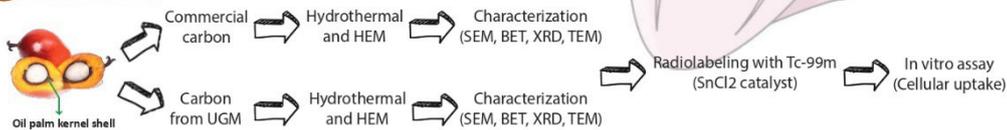


Fig. xx. SEM images of spray-dried powder F1-F5 (a-e) at magnification of 1000x and 2500

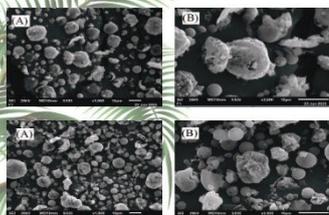


Fig. xx. SEM images of the combination of spray-dried powder and carbon particles at a magnification of 1000x and 2500

Table XX. The physical characteristics of spray-dried powder

Formula	Yield (%)	Moisture content (%)	Bulk density (g/cm ³)	Geometric particle size d ₅₀ (µm)	Aerodynamic particle distribution		
					MMAD (µm)	EF (%)	FPF (%)
F1	53.23	1.79	0.48	16.00	10.29 ± 0.61	44.08 ± 2.26	15.93 ± 1.81
F2	76.65	1.79	0.32	13.80	10.45 ± 1.67	53.2 ± 1.70	30.41 ± 2.75
F3	55.10	1.23	0.36	15.60	9.95 ± 0.66	39.8 ± 2.55	23.12 ± 0.06
F4	44.95	1.09	0.55	17.10	10.19 ± 0.03	34.5 ± 0.06	11.11 ± 1.99
F5	79.82	1.76	0.30	9.27	6.95 ± 1.29	62.4 ± 7.92	44.82 ± 9.31

Table xx. The physical characteristics of the combination of spray-dried powder and carbon particles

Formula	Aerodynamic particle distribution		
	MMAD (µm)	EF (%)	FPF (%)
Activated Carbon Powder	8.31 ± 2.31	27.99 ± 0.71	28.34 ± 0.61
F1 (1:1)	8.76 ± 0.45	46.6 ± 5.37	31.22 ± 1.86
F2 (1:2)	5.91 ± 1.01	56.2 ± 28.57	51.11 ± 7.86

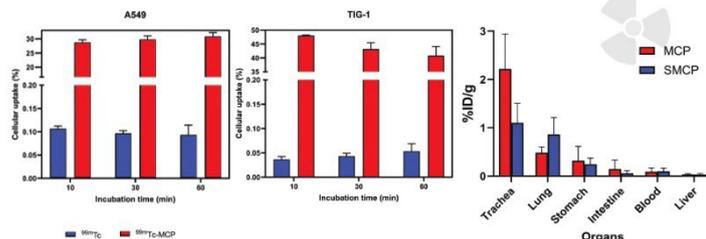


Fig. xx. Cellular uptake of Tc-99m and Tc-99m-carbon in A549 and TIG-1 cells

Fig. xx. The in vivo aerosolization of micro-carbon particles (MCP) and the combination of MCP and spray-dried powder (SMCP)

3 CONCLUSION

The Tc-99m-labeled carbon microparticles combined with spray-dried mannitol has potential as diagnostic agent for lung ventilation scintigraphy.



45

NANOEMULSI SUPERVITAMIN E KAYA TOKOTRIENOL SEBAGAI IMUNOTERAPI UNTUK KANKER HASIL EKSTRAKSI SELEKTIF SISTEM DUA FASA DARI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT (NANOVITE)

Peneliti: Asep Bayu, Siti Irma Rahmawati, A'liyatur Rosyidah, Dwi Wahyu Indriani, Peni Ahmadi dan Masteria Yunovilsa Putra

Kelapa sawit adalah sumber alami utama tokotrienol dibandingkan tanaman minyak nabati lainnya karena komponen utama vitamin E kelapa sawit adalah tokotrienol (70-83%). Khasiatnya yang lebih baik dibandingkan vitamin E tokoferol dan bahkan tokotrienol sintesis menjadikan tokotrienol memiliki nilai ekonomi sangat tinggi. Pengolahan kelapa sawit menjadi crude palm oil (CPO) dan turunannya mengakumulasi tokotrienol ke dalam distilat asam lemak (palm fatty acid distillate, PFAD) yang merupakan produk samping pengolahan kelapa sawit. PFAD umumnya digunakan untuk produksi sabun, namun, kandungan vitamin E-nya (0,1-4,0%) yang kaya tokotrienol (43% γ -tokotrienol, 24% α -tokotrienol, 11% δ -tokotrienol, 21% α -tokoferol, 1% γ -tokoferol dan 1% δ -tokoferol) berpotensi meningkatkan nilai tambah industri oleofood sawit.

Ekstraksi vitamin E tokotrienol dari PFAD umumnya terdiri dari beberapa tahap dan memerlukan energi tinggi pada proses distilasi molekular. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap perolehan, kemurnian dan biaya investasi/produksi tokotrienol sawit. Selain itu, vitamin E memiliki keterbatasan bioavailabilitas dalam tubuh karena kelarutannya yang rendah dalam cairan usus sehingga berpengaruh pada efikasi aktivitas biologis yang diharapkan. Modifikasi sifat kelarutannya diperlukan dalam bentuk sistem penghantaran (delivery system) enkapsulasi berbasis air (emulsi) yang sesuai dengan kondisi lingkungan protik saluran pencernaan. Baru-baru ini, teknik ekstraksi system dua fasa menggunakan pelarut eutektik (deep eutectic solvent, DES) secara selektif ($\eta = 80-95\%$) mampu memisahkan tokoferol dari model asam lemak dalam suhu ≥ 100 °C. Pengurangan ukuran partikel emulsinya juga diharapkan meningkatkan stabilitas dan aksesibilitas dalam membran sel. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji modifikasi sifat penghantaran tokotrienol dalam bentuk

nanoemulsi dan pengembangan teknik ekstraksi tokotrienol berbasis pelarut DES.

Hasil penelitian menunjukkan PFAD memiliki karakteristik padat pada suhu ruang dengan kadar air rendah (0,16-0,17%), cair pada suhu sekitar 60-65 oC dan terdegradasi pada suhu 125 oC dengan separuh komponennya terdekomposisi pada suhu berkisar 250 oC. Pengujian kromatografi gas (GC) menunjukkan kandungan utamanya berupa asam lemak (~90%-w) dengan komponen utama palmitat (43%) dan oleat (38%) dan bilangan asam lemak serta penyabunan serta iodine berturut turut 89,61 \pm 1,12% dan 207,16 \pm 1,28 mg KOH g⁻¹. Kromatografi cair-spektrometri massa (LC-MS) tokotrienol PFAD didominasi oleh isomer γ/β - (62%) dan α - (31%). Pelarut DES berbasis betaine monohidrat dan asam propionat menghasilkan nilai efisiensi ekstraksi tokotrienol sebesar 41-70% pada suhu ruang selama 3 jam. Ekstrak tokotrienol tidak menunjukkan toksisitas secara in vitro terhadap sel makrofag RAW 264.7 hingga konsentrasi 100 ppm. Meskipun pelarut cairan ionik imidazolium menghasilkan efisiensi yang tinggi (55-75%), ekstrak tokotrienolnya menunjukkan toksisitas mulai konsentrasi 50 ppm. Formula tokotrienol berbasis kelapa sawit (5% v/v) dan tween 80% (v/v) dengan waktu sonikasi 20 menit menghasilkan nanoemulsi berbentuk bulat (~64 nm) dengan karakteristik, efisiensi enkapsulasi tinggi (98%), indeks polidispersitas sebesar 0,2, nilai zeta potential -19 mV, stabilitas kinetik/termodinamik yang baik dan jangka waktu penyimpanan panjang (60 hari). Aktifitas antioksidan dengan metode DPPH (IC50 8 ppm) dan sitotoksitas terhadap sel kanker melanoma B16F0 (IC50 21 ppm) lebih baik dibandingkan tokotrienol komersial (IC50 14 ppm dan 217 ppm) serta nanoemulsi tokotrienol berbasis minyak kanola.

Nanoemulsi Supervitamin E kaya Tokotrienol sebagai Immunoterapi untuk Kanker Hasil Ekstraksi Selektif Sistem Dua Fasa dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (NANOVITE)

Asep Bayu, Siti Irma Rahmawati, A'Iyatur Rosyidah, Dwi Wahyu Indriani, Peni Ahmadi, Masteria Yunovilsa Putra
 Research Center for Vaccine and Drugs, National Research and Innovation Agency (BRIN)
 Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno, Jalan Raya Jakarta Bogor KM 46, Cibinong, Bogor, West Java
 E-mail: asepbayu@yahoo.co.id / asep044@brin.go.id

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Vitamin E Content	Tocotrienol
Soybean 10-14-w%	Trace
Maize 7-10-w%	2-25%
Cottonseed 6-10-w%	n.f.
Sunflower 5-8-w%	Trace
Rapeseed 4-7-w%	-
Groundnut 2-5-w%	-
Palm oil 0.1-1w%	70-83%

IDENTIFIKASI MASALAH

- Kelapa sawit adalah sumber alami utama tokotrienol.
- Tokotrienol terakumulasi pada distilat asam lemak (PFAD) (43% γ -tokotrienol, 24% α -tokotrienol, 11% δ -tokotrienol, 21% α -tokoferol, 1% γ -tokoferol dan 1% δ -tokoferol)
- Teknik ekstraksi tokotrienol menggunakan distilasi molekular yang memerlukan energi ($1,3 \times 10^6$ atm, 120-160 °C) dan biaya investasi tinggi.
- Bioavailabilitas tokotrienol di dalam usus rendah sehingga kurang efektif pada metabolisme tubuh

RUMUSAN MASALAH

PALM FATTY ACID DISTILLATES
 -FFA (80-92% w)
 -Oleocidin (14% w)
 -Vitamin E (0.6-1% w) (tocotrienol 70-83%)
 -Cholesterol (0.4% w)
 -Squalene (0.8% w)

TOKOTRIENOL
 • High recovery (80-95%)
 • narrow evaporation (120-140 °C)
 • 1.3 x 10⁶ atm
 • high quality and operational cost

TOKOTRIENOL
 • high recovery (80-95%)
 • mild operation (room C_2 atm)

• Pelarut eutektik (*deep eutectic solvent*, DES) mampu mengekstraksi tokoferol secara selektif (80-95%) pada kondisi lunak (suhu ruang, tekanan atmosfer), namun kinerjanya untuk ekstraksi tokotrienol belum diketahui.

• Modifikasi tokotrienol diperlukan untuk meningkatkan bioavailabilitas dan stabilitas dalam bentuk sistem penghantaran (*delivery system*) enkapsulasi berbasis air (emulsi) serta pengurangan ukuran partikel emulsinya

TUJUAN

- mengembangkan teknik dua fasa/pelarut eutektik (DES) untuk ekstraksi tokotrienol dari PFAD
 - mengembangkan nanoemulsi Vitamin E kaya tokotrienol dan evaluasi bioaktivitasnya sebagai imunomodulator untuk terapi kanker
-

METODOLOGI PENELITIAN

KARAKTERISASI PFAD

- Kadar air (AOCS- official method Aa 3-38, Thermogravimetric Analysis)
- Kadar asam lemak bebas (AOCS official method Aa 6-38)
- Komposisi asam lemak (Kromatografi Gas – Spektrometri Massa)
- Nilai bilangan penyabunan (AOCS official method Cd 3-25)
- Nilai bilangan peroksida (AOCS official method Cd 8-53)



SINTESIS NANOEMULSI TOKOTRIENOL



UJI EFIKASI NANOEMULSI TOKOTRIENOL SECARA IN VITRO

- Uji antioksidan DPPH dan ABTS
- Sitotoksitas terhadap sel kanker
- Toksisitas secara *in vivo*

sel makrofage RAW 264.7
 sel kanker

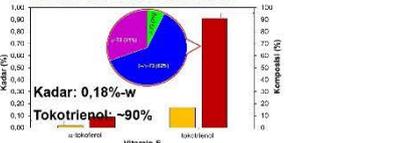
Wahana et al., 2020b

CAPAIAN HASIL

KARAKTERISTIK PFAD

Parameter	Unit	Hasil
Penampakan fisik		semisolid
Kadar air	%-w	0,16-0,17
Kadar asam lemak bebas	%	89,61
Bilangan penyabunan	mgKOH/g	207,160

KADAR VITAMIN E PADA PFAD



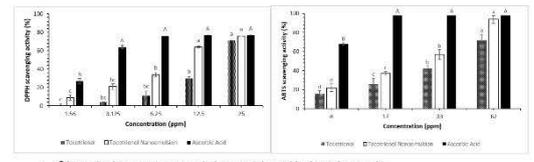
EFISIENSI TOKOTRIENOL

Yield	TS	T	RT
TBABr / 1,2-propanediol	48	50	50
TBABr / propionic acid	48	50	50
TBABr / acetic acid	48	50	50
TEACl / 1,2-propanediol	48	50	50
TEACl / asam propionat	48	50	50
Betaine monohidrat / propionic acid	50	50	50
Betaine monohidrat / giserol	50	50	50
Betaine monohidrat / 1,2-propanediol	50	50	50
ChCl / lactose monohydrate	50	50	50
ChCl / maltose	50	50	50
ChCl / glucose monohydrate	50	50	50
ChCl / giserol	50	50	50
ChCl / 1,2-propanediol	50	50	50
ChCl / giserol	50	50	50
ChCl / m-cresol	50	50	50
ChCl / o-cresol	50	50	50
ChCl / p-cresol	50	50	50
ChCl / malonic acid	50	50	50
ChCl / oxalic acid dihydrate	50	50	50
ChCl / propionic acid	50	50	50
ChCl / acetic acid	50	50	50

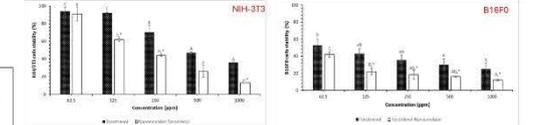
KARAKTERISTIK NANOVITE

- Ukuran partikel
- Gugus fungsional
- Stabilitas nanoemulsi

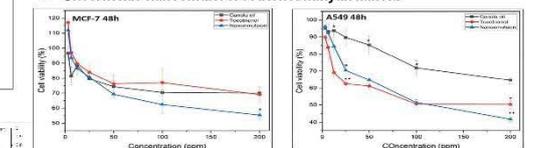
Aktivitas Antioksidan



Sitotoksitas nanoemulsi tokotrienol/minyak sawit



Sitotoksitas nanoemulsi tokotrienol/minyak kanola



PENGEMBANGAN SDM SAWIT

- Dian Maria Ulfa (Mahasiswa S3 Farmasi – Univ. Indonesia)
- Dewi Rahmawati (Mahasiswa S3 Farmasi - Univ. Pancasila)
- Ahmad Fariduddin Aththar (Mahasiswa S1 – Univ. Brawijaya)

Pasca Panen /Pengolahan

46

RANCANG BANGUN PABRIK MINYAK SAWIT MINI MOBILE TANPA PEREBUSAN

Peneliti: Dr.Ir. Adi Ruswanto, M.P.IPM, Dr. Ir. Hermantoro, M.S.IPU, Dr. Sri Gunawan, S.P., M.P., IPU, Ir. Purwanto Wirutomo, Arief Panca Putra, S.TP., M.Si

Pabrik pengolahan minyak sawit atau POM (Palm Oil Mill) lebih dari 100 tahun masih menggunakan metode konvensional untuk mengolah TBS (Tandan Buah Segar) menjadi minyak sawit mentah atau CPO (Crude Palm Oil) dan pabrik pengolahan minyak sawit masih didominasi oleh perkebunan besar milik swasta maupun perusahaan milik negara. Beberapa kekurangan pabrik minyak sawit konvensional adalah menggunakan uap panas (steam) yang kurang ramah lingkungan, suhu dan tekanan tinggi berpotensi menghasilkan efek GRK (Gas Rumah Kaca). Disamping itu pabrik minyak sawit konvensional memiliki tahapan prosesnya yang panjang, kurang efisien. Untuk itu diperlukan metode dan teknologi baru dalam pengolahan TBS menjadi CPO yang ramah lingkungan, prosesnya lebih singkat, kapasitas lebih kecil, efektif dengan hasil rendemen dan kualitasnya sesuai target, tandan kosong dekat dengan kebun lebih efisien. Metode penelitian ini adalah rancang bangun pengolahan minyak sawit menggunakan udara panas suhu rendah tanpa uap panas (steamless) yang dapat menurunkan potensi GRK dan dapat dirancang dengan kapasitas 1.000 Kg/Jam serta Mobile artinya dapat berpindah tempat dengan menyesuaikan kondisi lapangan. Periset memberikan teknologi ini dengan nama PMSTP (Pabrik Minyak Sawit Mini Mobile Tanpa Perebusan) atau No Steam Palm Oil Technology. Prinsip metode ini adalah TBS dipipil dengan mesin Thresher. Kemudian brondolan dipanaskan dimesin Conveyor Heating System yang dialiri udara panas dengan suhu konstan rata-rata 80oC, kemudian brondolan masuk pada unit Demesokarper untuk memisahkan antara Mesocarp dan Nut. Mesokarp yang diperoleh dilakukan pengepresan, minyak yang diperoleh kemudian disaring menggunakan Vibrating Screen dan

dilanjutkan ke Filter Press yang akan menghasilkan minyak sawit mentah CPO. Hasil riset adalah sudah mencapai 85% terdiri dari desain metode PMSTP, fabrikasi mesin dan alat serta uji coba, modifikasi alsin dan merakit menjadi unit PMSTP serta uji coba unit PMSTP. Diperoleh hasil bahwa tingkat keberhasilan proses threshing untuk membrondolan buah sawit sebesar 85% pada tingkat kemasakan Fraksi 3 restan 2 hari. Target dari riset ini adalah Thresher mampu memisahkan brondolan minimal 90%, rendemen tinggi (minimal 25 %) kualitas CPO sesuai SNI.t



AKADEMI KOMUNITAS
PERKEBUNAN
YOGYAKARTA



**PABRIK MINYAK SAWIT
MINI MOBILE
TANPA PEREBUSAN**

Sustainable Palm Oil Mill
Technology

KARYA INOVATIF
PERISET AKPY-STIPER
YANG DI BIAYAI OLEH GRS-BDPKKS
TAHUN 2022

No-SPOT
(No Steam Palm Oil Technology)

Prototype No-SPOT



Mesin Pembondol



Filter Press



Conveyor Heating System



Mesin Demesocarper



Single Screw Press



Vibrating Screen

KEUNGGULAN

1

Teknologi yang ramah lingkungan

2

Lebih murah dan terjangkau petani

3

Efisien dan hemat energi

4

Mobile dan kapasitas (1 Ton/Jam)

Tim Riset

Dr. Ir. Adi Ruswanto, M.P., IPM - Dr. Ir. Hermantoro, M.S., IPU. - Dr. Sri Gunawan, S.P., M.P., IPU
Ir. Purwanto Wirutomo - Arief Panca Putra, S.TP., M.Si

47

IMPLEMENTASI MESIN DIESEL DUAL FUEL (DDF) UNTUK OPTIMASI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DIESEL PADA KENDARAAN DIESEL PENGANGKUT HASIL PANEN SAWIT

Peneliti: Mohammad Khoirul Effendi; Ph.D, Prof. Bambang Sudarmanta; dan Feby Agung Pamuji, Ph.D

Untuk menjaga kualitas minyak sawit, maka pengiriman Tandan Buah Segar (TBS) ke pabrik pengolahan kelapa sawit sebaiknya dilakukan dalam waktu kurang 24 jam. Kegiatan ini umumnya menggunakan kendaraan bermesin diesel karena sudah terbukti dan teruji performanya untuk digunakan pada kondisi jalan yang berat, lembek dan berbatu. Adanya Peraturan Menteri ESDM yang melarang pemakaian BBM bersubsidi untuk kendaraan industri perkebunan mulai 1 September 2012, serta kenaikan harga minyak mentah dunia, perlu segera mendapatkan mitigasi supaya biaya operasional kendaraan pengangkut TBS bisa ditekan sehingga tidak berimbas pada menurunkan kesejahteraan petani sawit.

Salah satu solusi yang bisa diterapkan untuk menurunkan biaya operasional kendaraan pengangkut TBS adalah dengan menggunakan teknologi Diesel Dual Fuel (DDF). Penggunaan DDF pada mesin diesel ini memungkinkan mesin diesel tersebut bisa menggunakan dua jenis bahan bakar sekaligus yaitu diesel fuel dan gas, sehingga bisa menurunkan biaya operasional kendaraan, menjaga performa dan menurunkan emisi gas buang kendaraan diesel saat dioperasikan.

Akan tetapi dalam implementasinya, umumnya peralatan DDF yang digunakan oleh Indonesia ini 100% masih di-import, sehingga harga pembelian menjadi sangat mahal (US\$ 10.000/unit), kurang sesuai dengan kondisi alam Indonesia, serta after-sales yang mahal dan lama.

Oleh karena itu proposal GRS ini diajukan untuk mengembangkan ECU mesin DDF sehingga mampu menghemat penggunaan bahan bakar diesel sehingga biaya operasional kendaraan pengangkut lebih murah, ECU mesin DDF dibuat dengan harga yang lebih murah dengan performa minimal sama dengan performa ECU import, emisi gas buang yang lebih baik, bisa disetting sesuai dengan kondisi lingkungan Indonesia, serta keterjaminan aftersales.

ECU mesin DDF tersebut sudah kami ujikan pada kendaraan diesel 14 HP menggunakan gas CNG dengan hasil sebagai berikut: substitusi max gas CNG sebesar 67%, penurunan daya efektif maksimum sebesar 10%, dan pengurangan maksimum emisi gas buang berupa partikulat matter sebesar 35%.



IMPLEMENTASI MESIN DIESEL DUAL FUEL (DDF) UNTUK OPTIMASI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DIESEL PADA KENDARAAN DIESEL PENGANGKUT HASIL PANEN SAWIT

No kontrak : PRJ-81/DPKS/2023

LATAR BELAKANG

- A Kenaikan harga BBM solar
- B Peraturan Menteri ESDM yang melarang pemakaian BBM bersubsidi untuk kendaraan industri perkebunan mulai 1 September 2022



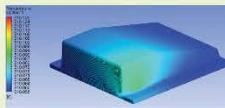
HASIL PENGUJIAN

- Dari hasil pengujian menggunakan dynotest maka didapatkan hasil sbb :
- A Substitusi gas CNG max pada mesin DDF sebesar 67%
 - B Penurunan daya efektif maksimum sebesar 10%
 - C Pengurangan partikulat matter maksimum sebesar 35%

HASIL ALAT



ECU DDF: Berfungsi mengontrol volume gas CNG yang dimasukkan ke dalam mesin DDF



Simulasi optimasi desain casing ECU menggunakan ANSYS sehingga bisa

- Melepaskan panas sebaik mungkin
- Meredam getaran sebaik mungkin
- Waterproof

APLIKASI DEKSTOP



Aplikasi Desktop: Berfungsi melakukan mapping volume gas CPG yang dimasukkan ke dalam mesin DDF berdasarkan variasi nilai RPM dan TPS

TUJUAN

Membuat Electronic Control Unit (ECU) Diesel Dual Fuel (DDF) yang memungkinkan kendaraan diesel pengangkut sawit untuk bisa menggunakan dua jenis bahan bakar sekaligus, yaitu bahan bakar diesel dan gas (CNG, LPG dll)

MANFAAT

- A Kendaraan diesel pengangkut sawit bekerja lebih ekonomis
- B Performa power yang lebih tinggi
- C Tune-able dengan kondisi lingkungan Indonesia
- D Emisi gas buang yang rendah
- E TKDN Tinggi

SPESIFIKASI

- A Menggunakan processor STM32F103C8T6
- B Bisa mengatur waktu injeksi gas hingga 0.01 ms
- C Bisa mengatur waktu injeksi dengan variasi RPM dan TPS menggunakan software flutter

TIM PENELITI



M. Khoirul E., Ph.D. Prof. Bambang S. Feby A. P., Ph.D

#SAWIT BAIK

CONTACT PERSON

M. Khoirul Effendi, Ph.D
 081216446161
 khoirul_effendi@me.its.ac.id

Terimakasih Kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPD PKS)

48

EGREK DIGITAL: PENINGKATAN EFISIENSI PANEN DAN SUBSTITUSI IMPOR

Peneliti: Erwin Widodo, Widyastuti, Retno Widyaningrum, Berlian Al Kindhi, Ratna Sari Dewi, Fitri Nuraini Setiowati

Penelitian "Egrek Digital: Peningkatan Efisiensi Panen dan Substitusi Impor" merupakan sebuah upaya untuk mengembangkan egrek digital terintegrasi yang mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas panen kelapa sawit. Penelitian ini melibatkan kolaborasi antara tiga departemen pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan PT.Smarttech. Selama satu tahun terakhir, penelitian telah mencapai kemajuan signifikan dalam berbagai aspek.

Pertama, pada aspek desain dan manufaktur bilah egrek, tim egrek digital telah merancang dan memproduksi beberapa versi bilah egrek dengan mempertimbangkan standar SNI, masukan dari uji coba lapangan, dan pemilihan material yang optimal. Uji coba lapangan telah dilakukan di berbagai lokasi, termasuk Blitar, Banten, Kalimantan, hingga Sumatera. Upaya ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja bilah egrek sehingga dapat bekerja secara optimal pada kondisi nyata. Selama penelitian berlangsung, telah dicoba pula bilah dengan material Japanese Spring Steel, HSS, dan chainsaw steel. Saat ini versi iterasi kelima prototipe bilah mampu secara efektif memotong pelepah dan tangkai TBS dengan 2 hingga 5 kali tarikan. Hasil ini akan terus diperbaiki, untuk memastikan egrek dapat bersaing dengan kompetitif dengan produk komersial.

Kedua, berkaitan dengan desain dan manufaktur galah egrek. Desain galah egrek telah mengalami beberapa revisi hingga versi ketiga, dengan fokus pada pengurangan berat, peningkatan kekuatan, dan kemudahan penggunaan. Material galah telah diubah menjadi aluminium untuk mengurangi berat. Mekanisme teleskopik dan berbagai jenis klem juga telah diuji untuk mengoptimalkan dampaknya terhadap fungsionalitas galah.

Ketiga, pada pengembangan ripeness detector, tim egrek digital telah merancang perangkat lunak dan

antarmuka pengguna untuk ripeness detector telah dikembangkan dan diuji. Versi ketujuh pengembangan ripeness detector dirancang dengan mengintegrasikan kamera CCTV yang terhubung secara wireless ke perangkat android untuk memproses gambar secara realtime menggunakan model AI (Artificial Intelligence). Adapun model AI telah dilatih menggunakan sejumlah dataset yang dikumpulkan selama pengujian alfa mampu mendeteksi kematangan TBS dengan tingkat akurasi hingga 90%.

Selama penelitian ini berlangsung, telah dilakukan pula beberapa pengujian laboratorium. Di antaranya adalah uji struktur material digunakan untuk mengevaluasi serta menentukan struktur dan spesifikasi material terbaik yang dapat dimanfaatkan sebagai material utama bilah egrek. Selain itu, dilakukan pula pengukuran gaya yang dibutuhkan untuk memotong pelepah dengan variabel sudut potong θ , material, dan proses manufakturnya. Selain itu, uji coba lapangan juga dilakukan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan egrek digital, termasuk bilah, galah, dan ripeness detector. Masukan dari pemanen TBS dan stakeholder perkebunan lain selalu dikompilasi untuk perbaikan lebih lanjut.

Berdasarkan kemajuan yang dilakukan saat ini, fokus penelitian pada tahun kedua akan diarahkan pada penyempurnaan prototype berdasarkan masukan dari uji coba lapangan dan uji lab yang telah dilakukan. Selain itu, akan dilakukan pula pengembangan model bisnis yang berkelanjutan, persiapan publikasi, dan pendaftaran HKI juga sebagai upaya komersialisasi produk egrek digital. Penelitian "Egrek Digital" telah menunjukkan adanya sebuah kemajuan yang signifikan selama satu tahun terakhir. Dengan terus melakukan penyempurnaan dan pengembangan, diharapkan egrek digital dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas panen kelapa sawit di Indonesia.

EGREK MERAH PUTIH untuk SAWIT BAIK



Egrek Digital

Peningkatan Efisiensi Panen dan Substitusi Impor Egrek Nasional



Erwin Widodo, Widyastuti, Retno Widyaningrum, Berlian Al Kindhi, Ratna Sari Dewi, Fitri Nuraini Setiowati

Temuan Masalah

Rasio Produksi/Luas lahan Indonesia lebih rendah dibanding negara pesaing (**2.937 Ton/Ha**)

+/- 67% egrek yang beredar di pasaran adalah **imported dari Malaysia**

Target Penelitian (tahun ke-1)

mengevaluasi serta **mengidentifikasi** kebutuhan operator pemanenan perkebunan kelapa sawit

perancangan **prototipe alat bantu panen** kelapa sawit dengan fokus pengembangan pada desain **bilah** dan **galah**, **material** serta fitur **ripeness detector**

Pengujian alfa pulau Jawa:

Malang selatan, Blitar, Banten



Fokus Uji: Kebutuhan pemanen area Jawa, Keandalan Egrek Digital, Training Data

Pengujian alfa Kalimantan dan Sumatera:

Pelaihari dan Siak



Fokus Uji: Kebutuhan pemanen area Kalimantan dan Sumatera, Training Data

Pengujian laboratorium:

Laboratorium MMT dan PT. Smarttech 2007

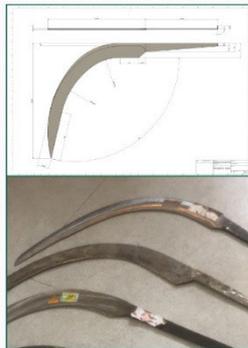


Fokus Uji: Kebutuhan gaya terhadap sudut O, Uji Kualitas Material Egrek

Hasil: Progress penelitian kami



Egrek digital merupakan produk alat bantu panen kelapa sawit terintegrasi yang terdiri dari bilah, galah, dan pendeteksi kematangan.



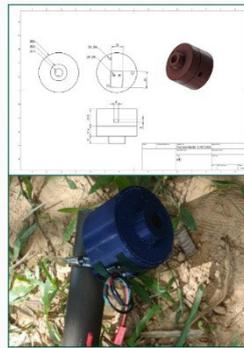
Bilah v5: Bilah dengan desain sesuai SNI dan morfologi yang seamless. disempurnakan dengan standar manufaktur yang terbaik

Spesifikasi: Desain yang sesuai dengan SNI, material *Japanese Spring Steel* (JSS)



Galah v3: Galah serta berbagai aksesoris klem untuk memaksimalkan fleksibilitas selama pemanenan berlangsung

Spesifikasi: Bahan utama aluminium, dengan pilihan opsi aksesoris klem penghubung dan klem bilah modular



Ripeness Detector v6: Pendeteksi kematangan kelapa sawit dengan fokus portabilitas dan kemudahan penggunaan alat di lapangan

Spesifikasi: Menggunakan kamera CCTV terhubung secara wireless ke perangkat android.

Pendeteksian dengan tingkat akurasi **90 %**

Fitur **Ripeness detector** mampu mendeteksi kematangan TBS hingga 90% akurasi. Memungkinkan peningkatan signifikan pada pemanenan kelapa sawit

Egrek Digital: bagian dari penelitian GRS sawit 2023–2025

Target Selanjutnya (tahun ke-2)

EGREK DIGITAL akan dikembangkan lebih komprehensif pada tahun kedua penelitian:

- Pengurusan HAKI dan sertifikasi
- Penyusunan model bisnis Egrek digital
- Product launching Egrek Digital

49

ELECTRIC WHEEL BARROW: SEBAGAI ALAT ANGKUT TBS PETANI

Peneliti: Dr. Lila Yuwana, dkk

Dalam kurun waktu 6 bulan setelah tanda tangan kontrak GRS 2023 (sebelum monev), tim kami telah menyelesaikan pembuatan 2 (dua) produk gerobak listrik. Telah berhasil diuji coba di kampus untuk mengangkut beban seberat 100 kg. Untuk jalan mendatar, tinggal memutar handle gas saja dan mengarahkan gerobak listrik, tanpa mengeluarkan usaha untuk mendorong, walaupun dijalankan pada perkebunan. Namun untuk dataran yang miring, masih memerlukan usaha untuk mendorong. Hal ini sejalan dengan hasil uji lapangan di perkebunan Instiper di Semarang, dimana untuk mendorong bidang miring sampai dengan 40o dilakukan tanpa mengeluarkan usaha. Lebih lanjut, dari uji laboratorium untuk tes kelelahan, diperoleh bahwa gerobak listrik telah mengurangi tenaga petani sawit secara signifikan untuk mengangkut dan mendorong TBS di perkebunan sawit. Gambar Gerobak Listrik yang dihasilkan pada 6 bulan pertama riset dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Dua gerobak listrik yang dihasilkan dalam 6 bulan pertama riset.

Selanjutnya, setelah monev I tahun ke-1, tim periset mendapat banyak masukan untuk pengembangan gerobak listrik agar dapat dimanfaatkan lebih banyak. Diantaranya, bak gerobak dapat dibuat berperforasi, jarak rem cakram dengan tanah dibuat lebih tinggi, dan dapat digunakan untuk alat transportasi petani sawit. Dari tim periset, gerobak listrik akan dikembangkan agar dapat ditarik motor untuk membawa dari rumah ke perkebunan yang jaraknya

relatif jauh serta mampu membawa beban sekitar 100 kg lebih di lintasan miring.

Dengan pemilihan motor 24 V 500 W, untuk torsi besar namun kecepatan masih relatif cepat untuk didorong, gerobak listrik yang diproduksi setelah Monev I Tahun ke-1 (Gambar 2) telah berhasil meningkatkan performanya secara signifikan. Dengan gerobak listrik ini, kita dapat mengangkut beban berat meskipun pada bidang miring tanpa mengeluarkan usaha. Dalam menanggapi tantangan dari para reviewer pada monev I, tim periset telah merevisi desain dari gerobak listrik. Sebagai contoh, roda diubah ke ring 14 semi trail. Bak gerobak dibuat berperforasi dengan penutup sehingga dapat diatur sesuai kebutuhan. Telah dibuat piranti portable seperti skuter yang memungkinkan seseorang dapat naik di atasnya dan dapat ditarik oleh gerobak listrik. Dan juga, gerobak listrik dibuat pengait fleksibel yang memungkinkan gerobak listrik dapat ditarik oleh motor.

Untuk tahun ke-2, gerobak listrik akan dilengkapi sistem IoT yang memungkinkan gerobak listrik dapat mengirim sinyal 4G sehingga data jarak yang ditempuh, berat yang diangkut, durasi waktu pergerakan dapat disimpan di database dan dapat dipantau secara online lewat web maupun handphone. Tentu saja akan dikembangkan lebih lanjut menindaklanjuti saran dari para reviewer pada Monev II Tahun ke-1 yang akan datang.



Gambar 2. Gerobak listrik yang diproduksi setelah Monev I Tahun ke-1.



ELECTRIC WHEEL BARROW: ALAT BANTU ANGKUT TBS PETANI



Alat angkut TBS



Transportasi sederhana

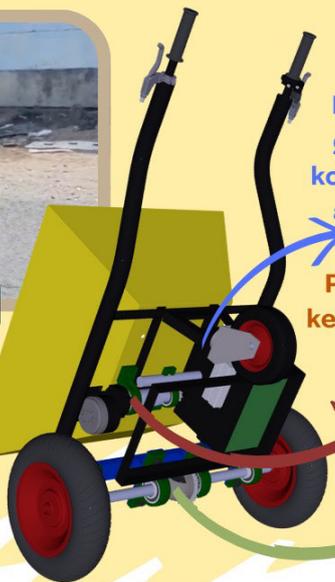


Pengait ke motor

Spesifikasi

- Motor DC Brushed 24 V, 500 W
- **Kopling Elektronik**
- **Kontroler Motor 24 V, maju dan mundur**
- Baterai Li 24 V, 22 Ah
- Kerangka Besi Baja Galvanis
- Rem Hidrolik Cakram Double
- Roda Semi Trail R. 14
- **Bak plat tertutup dan perforasi**
- **Gardan untuk 2 roda depan**
- **Daya jelajah ~ 39 km (sekali charge)**

INOVASI



Kontroler dilengkapi untuk gerak maju-mundur, serta kopling elektronik agar motor aman ketika ditarik motor

Pemilihan motor (torsi kuat-kecepatan masih relatif cepat) agar kuat sebagai alat transportasi sederhana

Gardan (diferensial), untuk mempermudah manuver ketika belok



<https://its.id/ewb-perisai2024>

lila@its.ac.id

<https://www.its.ac.id/psf/id/>

DRPM - ITS, Surabaya

Tim:



Lila Yuwana
Theoretical and Applied Physics ; Instrumentation



Sutikno
Mechanical Engineering



Yudha Prasetyawan
Industrial Engineering



Taufiq Fajar N
Mechanical and Naval System

50

DESAIN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PENGUMPUL BRONDOLAN BUAH SAWIT BERBASIS MECHATRONICS DENGAN SISTEM DETEKSI DAN KLASIFIKASI KONDISI BUAH BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Peneliti: Prof. Dr. Ir. Indrabayu S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM., ASEAN Eng.

Pemanenan kelapa sawit melibatkan beberapa aktivitas, seperti pemotongan Tandan Buah Sawit (TBS) dan pengumpulan Brondolan Buah Sawit (BBS). Meskipun alat seperti Dodos, Egrek, roller, spike collector, keranjang, dan mesin vakum telah digunakan untuk mengurangi beban kerja pekerja dalam mengumpulkan BBS, namun penggunaan alat-alat tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada buah sawit dan meningkatkan kandungan Asam Lemak Bebas selama penyimpanan, yang pada akhirnya dapat menurunkan kualitas Buah Sawit yang telah dipanen. Selain itu, penggunaan mesin memerlukan bahan bakar dan beberapa pekerja, yang memerlukan usaha setidaknya tiga kali lipat lebih banyak daripada cara manual untuk menghasilkan hasil yang sama. Pada tahun pertama penelitian, fokus utama adalah desain dan konstruksi robot remote control dengan sistem rocker bogie serta robot arm yang dilengkapi dengan sistem vacuum untuk mengumpulkan brondolan buah sawit.

Rangka robot dan robot arm dibuat dari profil aluminium, dengan roda yang digerakkan oleh brushless DC motor ber-torsi tinggi untuk stabilitas di medan sulit. Robot arm menggunakan servo ber-torsi tinggi yang terhubung dengan sistem vacuum untuk menghisap buah sawit, sementara robot dilengkapi dengan kontainer dan mesin vacuum di. Sistem navigasi terdiri dari kamera, depth camera, dan LiDAR untuk deteksi lingkungan dan penghindaran rintangan. Setelah proses desain selesai, prototipe robot dirakit dan diuji untuk memastikan semua komponen mekanis dan sensor berfungsi dengan baik, yang menjadi dasar untuk optimalisasi kinerja dan pengembangan sistem di tahun kedua penelitian. Rangka robot dan sistem rocker bogie dirancang menggunakan profil aluminium yang kuat namun ringan, dipilih karena

kemampuannya mendistribusikan beban dengan baik dan kemudahan dalam perakitan. Untuk mendukung pergerakan di medan yang tidak rata, seperti perkebunan sawit, digunakan brushless DC motor ber-torsi tinggi, serta roda besar yang sesuai dengan sistem rocker bogie, memastikan robot dapat bermanuver dengan stabil di berbagai jenis medan.

Sistem kendali robot menggunakan mikrokontroler seperti Arduino dan Jetson Orin sebagai pusat pengendali utama yang mengatur motor, sensor, dan robot arm. Brushless DC motor yang menggerakkan roda dikendalikan oleh driver motor, sementara servo torsi tinggi untuk robot arm dioperasikan melalui sinyal PWM untuk gerakan presisi. Kendali manual dilakukan menggunakan radio remote control, yang memungkinkan kontrol penuh atas pergerakan robot, robot arm, dan sistem vacuum. Penelitian ini juga dilakukan perancangan robot roller yang dilengkapi dengan mekanisme roller untuk mengumpulkan brondolan sawit saat bergerak melewati area perkebunan. Roller tersebut dirancang untuk menggelinding di atas tanah dan secara otomatis mengangkat brondolan yang ditemuinya ke dalam kontainer robot. Pada tahapan pengembangan sistem deteksi dan klasifikasi brondolan buah sawit, Sistem AI di Jetson Orin Nano dirancang untuk mendeteksi dan mengestimasi jarak brondolan sawit. Kamera digunakan untuk mengambil gambar yang menjadi input bagi algoritma computer vision dan deep learning. Gambar ini diproses untuk mendeteksi keberadaan dan mengestimasi jarak brondolan sawit. Depth camera digunakan untuk membantu mengukur jarak brondolan secara akurat berdasarkan data visual yang diperoleh. Tahapan ini menjadi awal untuk penelitian yang akan dilakukan pada tahun berikutnya yakni integrasi artificial intelligencen pada proses pengumpulan brondolan buah sawit.



DESAIN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PENGUMPUL BRONDOLAN BUAH SAWIT BERBASIS MECHATRONICS DENGAN SISTEM DETEKSI DAN KLASIFIKASI KONDISI BUAH BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE

NO. KONTRAK : PRJ-84/DPKS/2023



LATAR BELAKANG



Area Perkebunan Kelapa Sawit

Luas Wilayah 14,62 Hektar, Menghasilkan 45,12 Juta Ton Crude Palm Oil (CPO) (Badan Pusat Statistik, 2022)



Resiko Musculoskeletal Disorder (MSD)

Pengumpulan manual menuntut solusi efisien untuk mitigasi stres fisik dan risiko kesehatan pekerja.

Teo Xuan Yu et al, 2021
10.1038/s41598-021-94268-4



Potensi Ekonomi Kelapa Sawit

Industri kelapa sawit Indonesia menawarkan peluang ekonomi melalui ekspor, penciptaan lapangan kerja, pengembangan produk, dan pariwisata edukatif.



TUJUAN PENELITIAN

1 Merancang dan membangun sistem mekatronik, Remote Controlled Robot, yang efektif dan efisien dalam mengumpulkan brondolan buah sawit secara otomatis. Sistem ini akan dilengkapi dengan perangkat mekanik dan elektronik seperti roda, motor, sensor, dan kamera untuk mendeteksi dan memilih brondolan buah sawit secara otomatis.



2 Mengembangkan teknologi AI yang dapat mengklasifikasikan brondolan buah sawit secara otomatis. Sistem ini akan dilengkapi dengan algoritma pemrosesan citra dan pengenalan pola untuk mengklasifikasikan brondolan buah sawit berdasarkan kondisi atau kematangannya.



3 Menguji dan memvalidasi sistem mekatronik yang telah dibangun untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dalam memetik dan mengklasifikasikan brondolan buah sawit secara otomatis. Pengujian akan dilakukan di lapangan pada perkebunan kelapa sawit dan akan melibatkan perbandingan hasil kerja antara sistem mekatronik yang dibangun dengan metode manual yang biasa dilakukan.

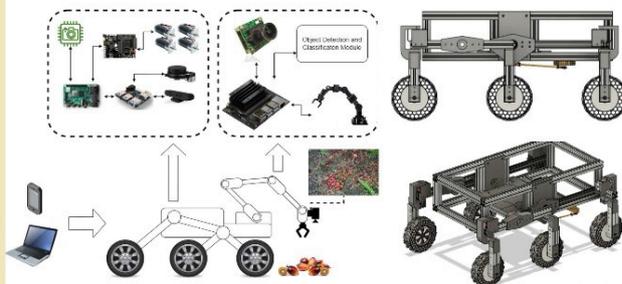


CAPAIAN PENELITIAN

Pada tahun pertama penelitian, fokus utama adalah desain dan konstruksi robot remote control dengan sistem rocker bogie serta robot arm yang dilengkapi dengan sistem vacuum untuk mengumpulkan brondolan buah sawit.

Rangka robot dan robot arm dibuat dari profil aluminium, dengan roda yang digerakkan oleh brushless DC motor ber-torsi tinggi untuk stabilitas di medan sulit. Robot arm menggunakan servo ber-torsi tinggi yang terhubung dengan sistem vacuum untuk menghisap buah sawit, sementara robot dilengkapi dengan kontainer dan mesin vacuum di atasnya untuk mengumpulkan buah secara otomatis.

Sistem navigasi terdiri dari kamera, depth camera, dan LIDAR untuk deteksi lingkungan dan penghindaran rintangan. Setelah desain selesai, prototipe robot dirakit dan diuji untuk memastikan semua komponen mekanis dan sensor berfungsi dengan baik, yang menjadi dasar untuk optimalisasi kinerja dan pengembangan sistem otonom di tahun kedua penelitian.



HASIL PENELITIAN



Rangka robot dan sistem rocker bogie dirancang menggunakan profil aluminium yang kuat namun ringan, dipilih karena kemampuannya mendistribusikan beban dengan baik dan kemudahan dalam perakitan. Untuk mendukung pergerakan di medan yang tidak rata, seperti perkebunan sawit, digunakan brushless DC motor ber-torsi tinggi, serta roda besar yang sesuai dengan sistem rocker bogie, memastikan robot dapat bermanuver dengan stabil di berbagai jenis medan.



Penelitian ini juga mencakup perancangan robot roller yang dilengkapi dengan mekanisme roller untuk mengumpulkan brondolan sawit saat bergerak melewati area perkebunan. Roller tersebut dirancang untuk menggelinding di atas tanah dan secara otomatis mengangkat brondolan yang ditemuinya ke dalam kontainer robot.



Sistem kendali robot menggunakan mikrokontroler seperti Arduino atau Jetson Orin sebagai pusat pengendali utama yang mengatur motor, sensor, dan robot arm. Brushless DC motor yang menggerakkan roda dikendalikan oleh driver motor, sementara servo torsi tinggi untuk robot arm dioperasikan melalui sinyal PWM untuk gerakan presisi. Kendali manual dilakukan menggunakan radio remote control, yang memungkinkan kontrol penuh atas pergerakan robot, robot arm, dan sistem vacuum.



Sistem AI di Jetson Orin Nano dirancang untuk mendeteksi dan mengestimasi jarak brondolan sawit. Kamera digunakan untuk mengambil gambar yang menjadi input bagi algoritma computer vision dan deep learning. Gambar ini diproses untuk mendeteksi keberadaan dan mengestimasi jarak brondolan sawit. Depth camera digunakan untuk membantu mengukur jarak brondolan secara akurat berdasarkan data visual yang diperoleh.

51

APLIKASI DRONE SEBAGAI PEMOTONG PELEDAH DAN BUAH KELAPA SAWIT

Peneliti: Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc; Prof. Ir. Salengke, M.Sc., Ph.D;
Dr. Adul Azis, STP., M.Si; Ahmad Fauzan Adzima, S.P., MT.; Lukman Kasim, ST., MT.;
Rudi, ST., MT.

Dewasa ini, perkembangan teknologi yang sangat pesat di era globalisasi telah memberikan banyak manfaat dalam kemajuan diberbagai aspek dan sektor kehidupan manusia. Perkembangan teknologi saat ini dapat membantu menyelesaikan pekerjaan yang merupakan hal yang keharusan dalam kehidupan. Salah satunya adalah sektor pertanian yang merupakan sektor yang sangat membutuhkan perkembangan teknologi.

Salah satu inovasi teknologi yang berkembang pesat di era globalisasi saat ini adalah Drone. Drone atau Pesawat Tanpa Awak/Unmanned Aerial Vehicles (UAV) merupakan pesawat terbang yang mampu terbang tanpa pilot dan penumpang di dalamnya. Pengendalian drone dilakukan dari jarak jauh dengan gelombang radio dengan rute yang telah ditentukan. Drone sering dilengkapi dengan aksesoris yang digunakan untuk pengawasan dan pemantauan.

Penelitian ini adalah menganalisa potensi pada sektor pertanian melalui pemanfaatan teknologi untuk membantu para petani dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam bertani. Seperti contoh pada pertanian buah kelapa sawit. Dalam perkembangan kelapa sawit di Indonesia, pemerintah terus melakukan penyempurnaan terhadap pengembangan pola perkebunan kelapa sawit. Hal tersebut dilakukan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan perkebunan, terutama bagi petani pengelola dan mampu bersaing dengan harga pasar di era modern.

Pemanfaatan teknologi drone dalam pertanian telah membawa inovasi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Sebagai contohnya pemantauan tanaman, penyemprotan pestisida, penaburan benih, hingga pemetaan lahan yang presisi. Selain itu, pemanfaatan teknologi drone di sektor pertanian juga sangat relevan untuk perkebunan kelapa sawit. Di perkebunan kelapa sawit, drone juga bisa dimodifikasi untuk tugas yang lebih spesifik, seperti pemotongan

pelepah dan buah. Oleh karena itu, kami melakukan penelitian ini untuk mengembangkan drone yang dilengkapi dengan alat pemotong khusus, guna mempermudah proses pemanenan dan perawatan kelapa sawit. Teknologi ini diharapkan mampu mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual serta meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional di perkebunan.

Pada tahap pertama, penelitian ini sementara berfokus pada pengujian alat pemotong tanpa menggunakan drone. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat pemotong secara mandiri sebelum nantinya diintegrasikan dengan drone. Fokusnya adalah untuk menilai efektivitas alat pemotong dalam memotong pelepah dan buah kelapa sawit secara efisien serta mengidentifikasi potensi perbaikan yang diperlukan untuk optimalisasi pada tahap berikutnya. Modifikasi melibatkan penambahan sistem pemotong yang awalnya menggunakan chainsaw, dirancang untuk memotong pelepah dan buah kelapa sawit secara efisien. Meskipun dalam pengujian skala laboratorium chainsaw menunjukkan kinerja yang baik dalam hal kecepatan dan akurasi pemotongan, saat diuji di lapangan, muncul beberapa kendala. Kesulitan dalam manuver dan efisiensi yang berkurang pada tanaman dengan kondisi berbeda, terutama terkait posisi pelepah dan buah, menjadi tantangan.

Untuk mengatasi kendala ini, direkomendasikan untuk mengganti chainsaw dengan alat pemotong yang lebih praktis, seperti dodos dan anggrek. Alat-alat ini lebih sesuai karena dapat menyesuaikan dengan berbagai kondisi tanaman, termasuk kelapa sawit yang tingginya lebih dari 2,5 meter. Penggunaan alat ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemotongan, mempercepat proses panen, dan menjaga kualitas hasil panen yang optimal.



APLIKASI *DRONE* SEBAGAI PEMOTONG PELEPAH DAN BUAH KELAPA SAWIT

No. Kontrak : PRJ-85/DPKS/2023

Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc | Prof. Ir. Salengke, M.Sc., Ph.D | Dr. Abdul Azis, STP., M.Si
Ahmad Fauzan Adzima, S.P., MT. | Lukman Kasim, ST., MT. | Rudi, ST., MT.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun *Prototype Drone* pemotong pelepah dan buah kelapa sawit. Penerapan teknologi *drone* pada sektor pertanian, khususnya perkebunan kelapa sawit diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian kelapa sawit di Indonesia

Capaian Hasil

Bulan - 1

Desain alat pemotong (*chainsaw*)



Bulan - 3

Rancang bangun linear aktuator dan sensor



Bulan - 5

Pengujian lab dan lapangan alat pemotong (*chainsaw*)



Bulan - 7

Pengujian lapangan alat pemotong (*aggrek dan dodos*)



Penanganan Limbah /Lingkungan

52

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KONVERSI TERINTEGRASI UNTUK PENGOLAHAN PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DAN PRODUKSI BAHAN BERNILAI TAMBAH DENGAN BIOMASSA MIKROALGA

Peneliti: Dr. Ardiyan Harimawan, Prof. Dr. Tjandra Setiadi, Dr. Awalina Satya, Drs. Tjandra Christmadha, M.Phil, Dr. Helen Julian, Prof. Dr. Nina Artanti, Dr. Ade Andriani, Ir. Ika A.Satya, Rosidah Rosidah, M.Si

Pembuangan Palm Oil Mill Effluent (POME) secara langsung dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan gangguan estetika yang cukup serius. Selain itu, POME yang telah diolah pun seringkali belum dapat dibuang ke lingkungan karena belum memenuhi baku mutu. Pada penelitian ini, penerapan konsep biokonversi menggunakan mikroalga/ sianobakterium yang dikombinasikan dengan teknologi pengolahan air limbah (phycoremediation) Integrated Membrane BioReactor-Membrane PhotoBioReactor (MBR-MPBR) diaplikasikan untuk pengolahan POME. Kondisi operasi dan parameter kinerja proses dimonitor secara real-time. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan volume kerja reaktor maksimal 30 L untuk memperoleh kondisi operasi optimum. Selanjutnya, operasi dilakukan pada skala pilot dengan volume kerja reaktor sebesar 300 L kondisi operasi optimum.

Mikroalga yang dikultivasi dengan system terintegrasi ini adalah *Spirulina platensis* dan *Scenedesmus dimorphus* yang merupakan mikroalga lokal Indonesia. Proses aklimatisasi dilakukan secara optimum dalam medium kultivasi yang mengandung 90% POME. Teknologi integratif yang inovatif ini digunakan untuk menghilangkan komponen-komponen cemaran yang terkandung dalam POME, antara lain warna, bahan organik, padatan tersuspensi, dan senyawa-senyawa berbasis nitrogen dan fosfor.

Berdasarkan hasil penelitian pada tahapan proses aklimatisasi, sianobakterium *Spirulina platensis* terpilih sebagai mikroalga yang digunakan pada proses phycoremediation karena mampu menghasilkan produk samping lebih beragam dibandingkan *Scenedesmus dimorphus*. Produk samping yang diperoleh dari biomassa sianobakterium *Spirulina platensis* (dalam % bobot kering) adalah karbohidrat (11%), protein (86%), total lipid (2,4%), fikosianin (1,7 %), klorofil (0,1 %) dan karoten (0,7 %). Produk samping tersebut berpotensi untuk dapat digunakan

sebagai bahan pewarna alami pada makanan beku ataupun pangan fungsional dan bahan fortifikasi pada pakan ikan ataupun ternak. Namun, untuk mengoptimalkan produktivitas biomassa, produk samping dan biaya operasional, dilakukan penelitian lanjutan dengan konfigurasi dan kondisi operasi sistem PBR maupun MPBR.

Penelitian lanjutan dengan mengoperasikan PBR dengan variasi volume kerja 14,7-36,9 Liter sedangkan MPBR dengan variasi dilution rate sebesar 0,2-0,5 per hari. Secara keseluruhan kinerja terbaik didapat dari operasi MPBR pada dilution rate sebesar 0,3 per hari. Nilai COD turun dengan cukup signifikan namun masih perlu penurunan COD lebih lanjut. Persen removal tertinggi pada MPBR 03, hari ke-9, sebesar 57% (3083 ppm). Total N turun sebesar 70% sedangkan TP turun sebesar 80%. Nilai Kalsium di retentat mengalami penurunan sebesar 30-40% selama operasi.

Biomassa *Spirulina* yang dipanen dari MPBR dengan variasi dilution rate 0,3 dan 0,5 per hari menunjukkan nilai yang cukup stabil, terutama pada hari ke 4-9. MPBR 0,3 per hari menunjukkan perolehan biomassa yang terbaik di hari ke-9, yaitu 0,6 g/L. MPBR 0,5 per hari menghasilkan lebih banyak fikobiliprotein dan lipid daripada MPBR 0,3 per hari. Sedangkan MPBR 0,3 per hari menghasilkan lebih banyak protein, karoten dan klorofil-a daripada MPBR 0,5 per hari.

Penelitian ini merupakan bentuk kolaborasi tim peneliti dari Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung (ITB) dan Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) di bidang teknologi fotobioreaktor untuk kultivasi mikroalga. Pusat Riset yang merupakan kolaborator penelitian ini adalah Laboratorium Rekayasa Bioproses-Teknik Kimia ITB, Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air-BRIN, Pusat Riset Kimia Maju -BRIN, serta Pusat Riset Mikrobiologi Terapan-BRIN. Penelitian ini dilakukan untuk mewujudkan penerapan ekonomi sirkular (circular economy) berbasis industri kelapa sawit dengan mengandalkan sumberdaya lokal.



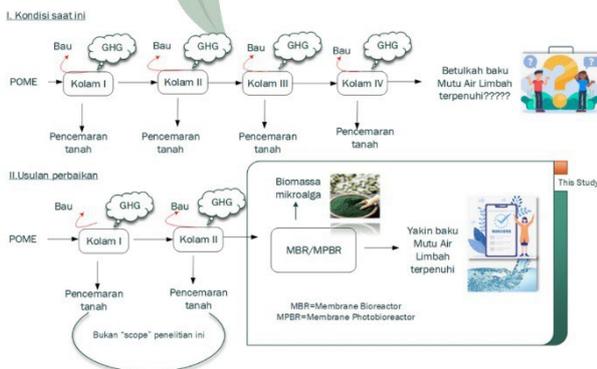
Pengembangan Teknologi Konversi Terintegrasi untuk Pengolahan POME dan Produksi Bahan Bernilai Tambah dengan Biomassa Mikroalga

Dr. Ardiyan Harimawan | Prof. Dr. Tjandra Setiadi | Prof. Dr. Awalina Satya | Prof. Drs. Tjandra Christmadha, M. Phil | Dr. Helen Julian | Prof. Nina Artanti | Dr. Ade Andriani | Dr. Ir. Ika A. Satya | Rosidah, S.Si.

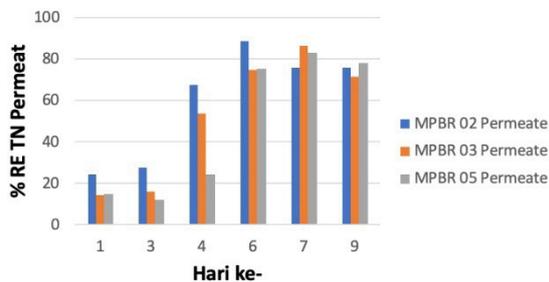
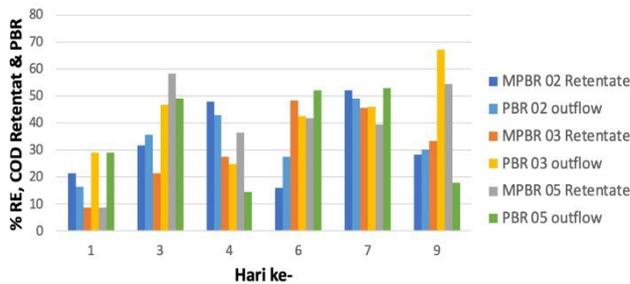
Gangguan terhadap lingkungan maupun estetika yang cukup serius dapat ditimbulkan oleh *Palm Oil Mill Effluent* (POME) jika dibuang langsung ke lingkungan perairan umum.

Pemanfaatan Mikroalga dalam Pengolahan POME :

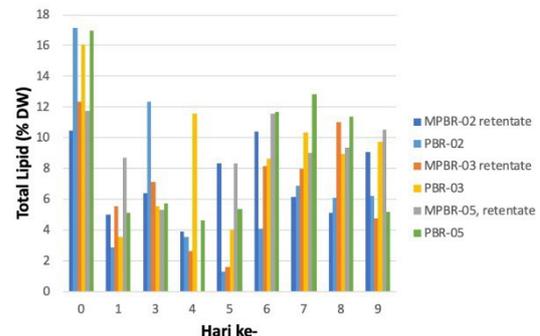
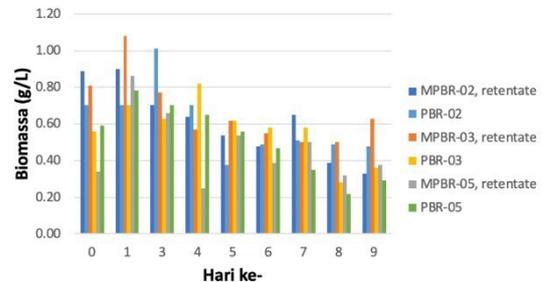
Spirulina plantensis dan *Scenedesmus dimorphus* dari Indonesia sudah teraklimatisasi secara optimum dalam medium kultivasi berbahan dasar 90 % POME.



Pengolahan Air Limbah



Produksi Biomassa



- Pengaruh *dilution rate* (0.2, 0.3, dan 0.5 / hari) terhadap kinerja MPBR dan PBR.
- Nilai BOD tidak turun dengan signifikan. Nilai COD turun dengan cukup signifikan. Masih perlu penurunan COD lebih lanjut.
- Pada hari ke-9, Total Nitrogen turun sebesar 70%, Total Phosphor turun sebesar 80%.

- MPBR menghasilkan lebih banyak biomassa daripada PBR.
- Biomassa yang dipanen dari MPBR-03 dan MPBR-05 menunjukkan nilai yang cukup stabil, terutama pada hari ke-4-9. MPBR-03 menunjukkan perolehan biomassa yang terbaik di hari ke-9, yaitu 0,6 g/L.
- MPBR-03 menghasilkan lebih banyak protein, karoten dan klorofil-a daripada MPBR 05.

53

PEMBUATAN PURWARUPA SISTEM PENYEDIA ENERGI LISTRIK TERINTEGRASI (BATERAI & SUPERKAPASITOR) DARI LIMBAH KELAPA SAWIT

Peneliti: Prof. Ir. Tirto Prakoso dan Tim Peneliti

Tahap I dari riset pembuatan nanocarbon dari limbah kelapa sawit telah berhasil membuat karbon aktif, graphene termodifikasi dan carbon nanotube (CNT) dengan luas permukaan dan ukuran pori yang sesuai untuk aplikasi sebagai elektroda, dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang kelapa sawit (CKS), dan Palm Oil Mill Effluent (POME). Tahap II telah berhasil meningkatkan rendemen dari karbon aktif, graphene, dan CNT dari limbah kelapa sawit, melalui proses-proses yang reproducible.

Riset selanjutnya pada tahun 2022-2024 difokuskan pada peningkatan tingkat kesiapterapan teknologi produksi nanokarbon dengan memvalidasi engineering design produksi nanokarbon skala komersial. Selain itu, pada riset ini dihasilkan purwarupa modul stack superkapasitor dan baterai seng-udara terintegrasi. Produk purwarupa modul superkapasitor dan baterai seng-udara diaplikasikan untuk kendaraan sepeda listrik.

Untuk memperoleh kapasitansi per satuan sel yang tinggi, dilakukan fabrikasi superkapasitor maupun baterai seng-udara dalam bentuk pouch cell. Kinerja sel superkapasitor menunjukkan nilai kapasitansi 90 F, tegangan 1,2 V, dan arus 900 mA dengan waktu charge-discharge 60 detik. Adapun sel baterai seng-udara memberikan tegangan 1,05 V pada arus kerja 10 mA/cm² dengan waktu discharge 1 jam.

Simulasi elektro-termal pouch cell superkapasitor telah dilakukan untuk mengetahui profil tegangan/arus dan panas yang dihasilkan oleh superkapasitor selama proses charge-discharge untuk sel tunggal dan modul. Model

elektrokimia dan termal dengan nilai parameter yang sesuai dan difusivitas elektrolit (D) $3,36 \times 10^{-12}$ m²/s serta konduktivitas termal elektroda (kel) 1,74 W/m K dapat menggambarkan perilaku elektrokimia dan termal sel superkapasitor. Simulasi termal menunjukkan bahwa jumlah sel dalam modul berpengaruh terhadap temperatur maksimum modul. Hasil simulasi termal modul superkapasitor yang tersusun atas 100 sel menunjukkan nilai temperatur maksimum masih di bawah temperatur yang dipersyaratkan ($T < 60$ °C), sehingga tidak membutuhkan sistem pendingin.

Desain dan fabrikasi modul superkapasitor telah dilakukan yang menghasilkan tegangan 72 V dan kapasitansi 90 Farad yang disusun secara seri. Aplikasi modul superkapasitor diterapkan untuk sepeda listrik yang digunakan sebagai pendukung perangkat penyedia energi listrik yang dihubungkan secara paralel dengan baterai sepeda listrik. Hasil pengujian fungsi superkapasitor dalam sepeda listrik menunjukkan kinerja yang baik dengan memberikan peningkatan akselerasi 5-10% pada beban daya puncak.

Fabrikasi modul baterai seng-udara telah dilakukan dan menghasilkan tegangan hingga 24 V dan kapasitas maksimum 500 mAh per gram logam seng yang digunakan. Akan tetapi optimasi masih perlu dilakukan untuk meningkatkan kinerja pengisian ulang daya dan ketahanan pemakaian baterai jangka panjang.

PEMBUATAN PURWARUPA SISTEM PENYEDIA ENERGI LISTRIK (BATERAI & SUPERKAPASITOR) DARI LIMBAH KELAPA SAWIT



Prof. Dr. Tirta Prakoso | Dr. Hary Devianto | Dr. Isdiriyani Nurdin | Dr. Pramujo Widiatmoko

Dr. Heri Rustamaji | Pramahadi Febriyanto, M.T. | Ira Febrianty Sukmana, S.Si., M.T. | Hera Rahma Fitri, S.Si., M.T. | Neng Sri Muktiyatul, S.Si.

Sistem penyimpanan energi merupakan bagian integral dari kendaraan listrik. Sampai saat ini, baterai adalah salah satu dari penyimpanan energi yang paling banyak digunakan. Namun demikian, baterai memiliki beberapa kelemahan, termasuk daya rapat rendah, masa pakai baterai yang pendek, dan biaya tinggi. Untuk menghindari permasalahan tersebut, dikembangkan sistem penyedia energi listrik terintegrasi (SPET), yang menggabungkan fungsionalitas superkapasitor dan baterai. Pada penelitian ini, limbah kelapa sawit dimanfaatkan menjadi nanokarbon untuk bahan baku material elektroda baterai dan superkapasitor.

METODOLOGI



Preparasi sampel



Aktivasi dan Karbonisasi



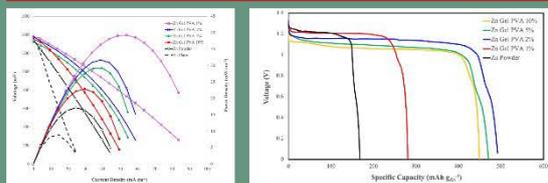
Fabrikasi Baterai & SC



Analisis Fisik & Elektrokimia

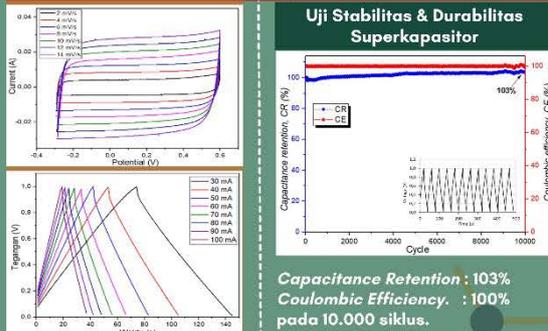
HASIL PENELITIAN

Baterai Zinc-Air



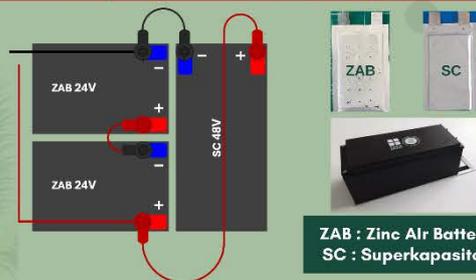
Maximum Specific Capacity ~ 500 mAh/ gram Zinc

Superkapasitor



Capacitance Retention: 103%
Coulombic Efficiency: 100%
pada 10.000 siklus.

Integrasi Baterai dan Superkapasitor



ZAB : Zinc Air Battery
SC : Superkapasitor

APLIKASI PADA KENDARAAN LISTRIK



PUBLIKASI

Publikasi

<https://shorturl.at/eAmea>



Patent



KESIMPULAN

Fabrikasi baterai *zinc-air* dan modul superkapasitor 72 V dan 90 F yang diaplikasikan pada sepeda listrik menunjukkan kinerja yang baik dan dapat meningkatkan akselerasi 5-10% pada beban daya puncak.

54

PENGEMBANGAN PRODUK SILIKA NANO PARTIKEL BERBASIS ABU BOILER CANGKANG SAWIT (PALM KERNEL SHELL ASH) UNTUK APLIKASI BIOMEDIK

Peneliti: Aniek Sri Handayani, Ratnawati, Athanasia Amanda Septevani dan Johanes Eko Adi Prasetyanto

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar dunia, tahun 2021 produksi sawit Indonesia mencapai 46,88 juta ton, dari produksi tersebut dihasilkan limbah padat sebesar 53%. Diantara limbah padat tersebut, cangkang sawit yang dihasilkan dari produksi CPO sebesar 20% diperkirakan mencapai 9,376 juta ton per tahun. Sebagian besar cangkang sawit telah digunakan untuk bahan bakar boiler, briket, pakan ternak dan bahan pengerasan jalan. Sebagai bahan bakar boiler dihasilkan abu sebanyak 3,9%, dan memiliki kandungan silika sebesar 27,62-61,1%. Hal yang menarik untuk dikembangkan untuk berbagai produk.

Karya inovasi produk Silika nanopartikel yang didanai BDPKKS K-22 telah membuktikan secara ilmiah bahwa limbah abu boiler cangkang sawit masih memiliki nilai tambah melalui kombinasi metode mekanik dan kimia (ekstraksi sol-gel Abu boiler). Dari berbagai sumber bahan abu (Aceh, Medan, Lampung dan Pontianak) dihasilkan produk nanosilika dengan kemurnian optimum 97,44% dengan kadar SiO₂ 98,85% dan ukuran partikel 20-50 nm. Produk nanosilika yang dihasilkan telah dapat memenuhi kualifikasi aplikasi bahan kimia (bahan cat dan molecular sieve) dan food and Beverage (anti caking & flow agent, thickener & clarifying agent, drying & clearing agent). Sedangkan silika nanopartikel untuk aplikasi biomedik masih belum memenuhi karakteristiknya, meskipun untuk ukuran partikel dari metode sol-gel menggunakan surfaktan CTAB dihasilkan ukuran partikel 25-50 nm, tetapi dari kemurniannya belum memenuhi dan masih harus dilakukan separasi sampai kemurnian mencapai 99,98%.

Ekstraksi silika pada Abu Boiler Cangkang sawit yang bercampur dengan serat dipilih karena limbah cangkang sawit yang melimpah, sebagai bahan bakar boiler dihasilkan Abu boiler sebesar 366 juta ton per tahun. Dari hasil karakterisasi beberapa sumber abu boiler diperoleh kadar silika sebesar 27,62 – 61,1%, melalui ekstraksi sol-gel dihasilkan yield sebesar 11,25% dengan kadar SiO₂ 98,85%

bersifat amorf. Untuk meningkatkan kemurnian silika nanopartikel sampai dengan 99,8% melalui calsinasi pada rentang suhu 450-800oC, pada suhu tersebut mineral lain telah hilang dan tersisa senyawa Phospor 0,33% dan Calsium 0,621%, serta ion lain sebesar 598 ppm (Cl : 271 ppm, K₂O: 190,2 ppm dan TiO₂ : 137,2 ppm).

Silika nanopartikel dengan kemurnian 98,85% telah diuji cobakan untuk produk pasta gigi sebagai bahan abrasive stain gigi, Dari kombinasi morfologi tersebut memiliki sifat abrasive pada bahan campuran pasta gigi dengan komposisi 5-30% nanosilika. pasta gigi yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI dengan nomor sertifikat SIG.LHP.VIII.2024.300846101. selain diaplikasikan untuk pasta gigi juga dilakukan terhadap sunscreen, dental implant dan dental block. Sedangkan Uji kinerja terhadap DDS masih memerlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kemurnian SiO₂ 99,98%.

Produksi silika nanopartikel melalui metode sol-gel untuk skala industry telah dievaluasi secara teknis dan ekonomis. Beberapa parameter parameter digunakan diantaranya kumulatif net present value (CNPV), Break Even Point (BEP), Pay Back Periode (PBP) dihitung berdasarkan perhitungan matematik menggunakan aplikasi Excel. Estimasi proyek juga dilengkapi dengan perhitungan dari kondisi ideal sampai dengan kondisi terburuk yang mungkin terjadi seperti perubahan pajak, utilitas, tenaga kerja sampai dengan kenaikan harga jual. Dari Analisa Teknik diperoleh hasil sintesa silika nanopartikel dPt dilakukan dengan peralatan yang tersedia dengan harga murah. Sedangkan kelayakan ekonomi diperoleh hasil dan produksi Silika nanopartikel memberikan keuntungan hingga 51%.

Proyek ini layak untuk disetujui karena pada kondisi ideal Pay Back Periode (PBP) dapat dicapai pada tahun ke 3, Net Cash Flow Present Value (NCFPV) memberikan hasil positif hingga tahun ke 30.



PENGEMBANGAN PRODUK SILIKA NANOPARTIKEL BERBASIS ABU BOILER UNTUK APLIKASI BIOMEDIK

ANIEK SRI HANDAYANI, RATNAWATI, A.A.SEPTEVANI, Y.EKO.ADI PRASETYANTO



SILIKA NANOPARTIKEL DARI ABU BOILER



46,88 JUTA TON PRODUKSI SAWIT INDONESIA (2021)



9,376 JUTA TON LIMBAH CANGKANG SAWIT (2021)



PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SEBAGAI BB BOILER, MENGHASILKAN ABU BOILER 3,9%



ABU BOILER MENYEBABKAN MASALAH LINGKUNGAN



60-89,91% SILIKA DALAM ABU BOILER CANGKANG SAWIT

EKSTRAKSI SILIKA NANOPARTIKEL METODE LEACHING



Limbah Biomassa Sawit



Pembakaran di Boiler



Abu Boiler



Pretreatment Pembakaran suhu 750 C



Treatment HCl



Sodium Silikat



Silika Nanopartikel

PRODUK HASIL



PROTOTYPE ABRASIVE SILICA
Spesifikasi Produk
Purity SiO₂ : 98,8%
Particle Size 25 - 50 nm

NomorKontrak: PRJ-354/DPKS/2022

APLIKASI : PASTA GIGI



Hasil Uji SNI 12-3524-1995
pH = 10.34
Arsen = Negative
Merkuri = Negative
Kadmium = Negative
Timbal = Negative
Kapang Kamir = Negative
Staphylococcus aureus = Negative
Pseudomonas aeruginosa = Negative

This work was funded by Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BDPKS) 2022-2024 | Contact Person : +62 812-8784-2050

55

OPTIMASI PRODUKSI KOKAS KOMERSIAL BERBASIS LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI REDUKTOR PELEBURAN BESI RAMAH LINGKUNGAN

Peneliti: Asful Hariyadi, S.T., M.Eng, Dr. Moch. Purwanto dan Fikan Mubarak Rohimsyah, S.T., M.Sc.

Indonesia menghadapi tantangan dalam meningkatkan produksi baja guna mendukung sektor strategis nasional, seperti infrastruktur, manufaktur, dan konstruksi. Pemerintah telah menargetkan peningkatan produksi baja nasional menjadi 10 juta ton per tahun melalui RIPIN 2015-2025, dengan memanfaatkan cadangan mineral laterit domestik. Namun, produksi baja sangat bergantung pada kokas sebagai reduktan karbon di Blast Furnace (BF) dan Rotary Kiln Electric Furnace (RKEF). Kokas metalurgi, yang dibuat dari batubara peringkat tinggi masih diimpor oleh Indonesia, dan harganya terus meningkat akibat tingginya permintaan global. Pemanfaatan biomassa menjadi solusi potensial untuk mengurangi emisi CO₂ dengan konsep carbon neutral. Penelitian ini bertujuan mengkaji penggunaan Cangkang Kelapa Sawit (CKS) sebagai biokokas melalui proses rekayasa termokimia. CKS dipilih karena kandungan lignoselulosa yang tinggi, struktur yang keras, dan nilai kalori yang tinggi (>4000 cal/g), menjadikannya kandidat yang layak dibanding biomassa lain. Karbonisasi dilakukan menggunakan reaktor tipe Retort Furnace dengan kapasitas produksi 10 kg per proses, untuk mengevaluasi potensi CKS sebagai biokokas dan penggunaannya dalam reduksi bijih hematit (Fe₂O₃).

Metodologi penelitian terdiri dari tiga tahap utama: modifikasi karbonisasi, karakterisasi biokokas, dan pengujian reduksi hematit. Pada tahap karbonisasi, CKS dikarbonisasi pada suhu 400°C, 600°C, 700 dan 800°C dalam kondisi kedap oksigen dengan laju pemanasan 10°C/menit selama rentang waktu 1-2 jam. Dalam upaya untuk optimasi degradasi lignin dan morfologi pori maka dilakukan impregnasi KOH 1%. Produk yang dihasilkan pada tahap ini ada 2 jenis yakni pulvurized char dengan ukuran karbon ± 200 mesh yang ditargetkan secara komersial digunakan untuk aplikasi RKEF serta briket biokokas untuk pemenuhan sifat mekanik untuk aplikasi BF. Proses briquetting dengan binder tar lalu re-karbonisasi pada suhu rendah (200-400 °C).

Berdasarkan karakterisasi biokokas, dilakukan berbagai analisis diperoleh produksi biochar terbaik dihasilkan pada proses karbonisasi 600 oC selama 2 jam dengan yield karbon sebesar 23%. Hasil proksimat menunjukkan bahwa biochar mengandung karbon tetap

tertinggi sebesar 86,66%, sementara kandungan volatil menurun hingga kurang dari 10% dan tidak terdeteksi adanya sulfur. Analisis ultimat juga menunjukkan peningkatan kadar karbon serta penurunan oksigen dan hidrogen, mencerminkan peningkatan kualitas biokokas sebagai reduktan. Nilai kalori karbon yang dihasilkan sebesar 7.180 kcal/kg. Analisis XRD menunjukkan bahwa terdapat puncak difraksi pada 2θ sekitar 26,5° dan 43°, yang mengindikasikan kehadiran struktur grafit amorf, karakteristik yang diinginkan dalam material reduktan. Sedangkan pada penginderaan melalui SEM menunjukkan peningkatan porositas pada permukaan karbon seiring peningkatan suhu karbonisasi. Spektrum FTIR menunjukkan adanya penurunan signifikan pada intensitas puncak gugus fungsi oksigen seperti C-O dan C=O setelah karbonisasi, yang mengindikasikan pengurangan senyawa volatil dan peningkatan konsentrasi karbon aromatik yang stabil. Sedangkan pada produk briket biokokas, hasil terbaik diperoleh pada perlakuan re- karbonisasi suhu 250 oC selama 1 jam. Karakteristik mekanik meliputi kekuatan mekanik material sebesar 12,4 MPa dengan nilai FSI sebesar 6,5. Pada tahap pengujian reduksi dilakukan dengan mencampurkan biokokas dan bijih hematit dalam rasio stoikiometri, kemudian diuji pada suhu 800- 1000°C dalam reaktor tabung dengan atmosfer gas N₂. Reduksi dilakukan selama 60, 90, dan 120 menit. Hasil XRD pada produk akhir reduksi menunjukkan transformasi fasa bijih hematit menjadi wustite (FeO) pada puncak difraksi sekitar 35,5° dan 41°, serta terbentuknya besi metalik (Fe) pada puncak sekitar 44,7°. Pada suhu 1000°C selama 120 menit, tingkat reduksi hematit menjadi besi mencapai 84,2%, menunjukkan bahwa biokokas dari CKS, khususnya yang dikarbonisasi pada suhu 600°C, efektif sebagai reduktan dalam proses ini. Lebih lanjut, kualitas biokokas yang dihasilkan pada suhu karbonisasi 600°C telah memenuhi spesifikasi teknis merujuk ASTM D3176. Selain itu, hasil pengujian juga mendekati spesifikasi reduktan yang disyaratkan oleh American Iron and Steel Institute (AISI 2006). Dengan demikian, biokokas dari CKS berpotensi memenuhi standar komersial dan dapat diimplementasikan sebagai alternatif kokas dalam industri besi dan baja.

OPTIMASI PRODUKSI KOKAS KOMERSIAL BERBASIS LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI REDUKTOR BESI RAMAH LINGKUNGAN

Ir. Asful Hariyadi, S.T., M.Eng ; Dr. Moch Purwanto ; Fikan Mubarak Rohimsyah, S.T., M.Sc



Indonesia menghadapi tantangan dalam meningkatkan produksi baja guna mendukung sektor strategis nasional, seperti infrastruktur, manufaktur, dan konstruksi. Pemerintah telah menargetkan peningkatan produksi baja nasional melalui RIPIN 2015-2025, dengan memanfaatkan cadangan mineral laterit domestik. Namun, produksi

bergantung pada kokas yang dibuat dari batubara peringkat tinggi yang pemenuhannya masih diimpor dan harganya terus meningkat akibat tingginya permintaan global. Pemanfaatan biomassa menjadi solusi potensial untuk mengurangi emisi CO₂ dengan konsep carbon neutral. Penelitian ini bertujuan mengkaji penggunaan Cangkang Kelapa Sawit (CKS) sebagai biokokas melalui proses REKAYASA TERMOKIMIA.

TUJUAN

Melakukan rekayasa teknik untuk memperoleh spesifikasi kokas yang sesuai dengan kokas komersial berstandar SNI

Hemat Biaya
Biaya pemakaian cangkang sawit lebih murah

Stok Mencukupi
Indonesia memiliki 6,9 juta lahan sawit

Mengurangi Polusi Udara
Kandungan karbon sulfur yang terkandung relatif lebih rendah mendukung konsep net zero emission

Pelestarian Sumber Daya Alam
Sumber daya yang dapat diperbarui

Potensi bahan baku
Kadar lignin tinggi (>40%) dengan kalori bahan mentah tinggi (>4000 kcal/g)

Mengevaluasi uji kinerja dan kualitas bio-kokas yang dihasilkan dan membandingkannya dengan kokas komersial pada proses reduksi mineral logam.

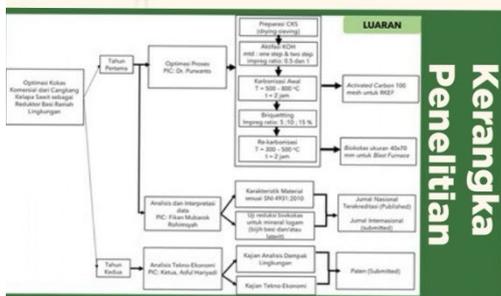


Produk yang Dihasilkan



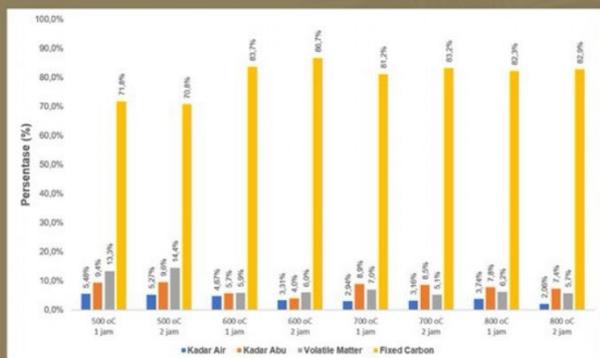
Parameter	Satuan	Bio-Kokas	Nilai Kokas (SNI 4931:2010)	Kokas (AISI)
Proximate				
Moisture	%adb	1,53	<12	<3
Fixed Carbon	%adb	86,86	>70	85 - 88
Volatile Matter	%adb	3,64	<22	7,8 - 11
Ash	%adb	7,97	<15	<9
Total Sulfur	%adb	0,52	<1	<1
Karakteristik Fisik				
Ukuran	mm	40 x 70	40 - 70	50 - 80
Kuat Tekan	Mpa	14,56	>10	>10
Densitas Bulk	kg/m ³	680	-	400 - 500
Karakteristik Khusus				
Gross Caloric Value	kal/g	7.134	> 6.000	6.800 - 7.169
Free Swelling Index	-	6,5	-	>6

Spesifikasi Bio-Kokas (Briket) untuk Blast Furnace

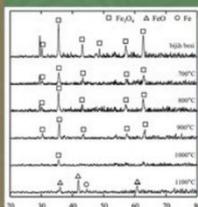


Hasil Penelitian

Analisis Proximate



Analisis Komposisi Kimia terbaik diperoleh pada T = 600°C ; t = 120 menit dengan FC > 85% dan Nilai Kalori 7.180 kcal/kg.

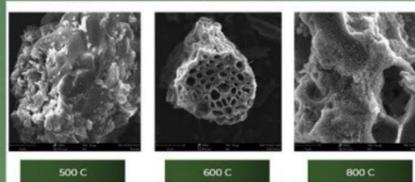


Analisis XRD

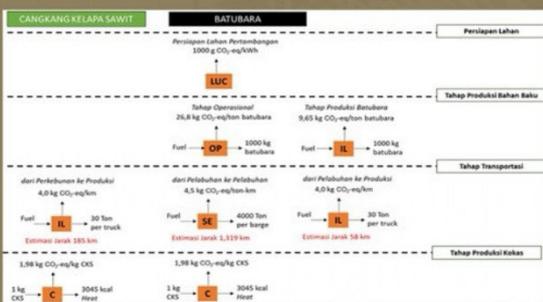
Hasil interpretasi XRD pada produk akhir reduksi menunjukkan transformasi fasa bijih hematit menjadi wustite (FeO) pada puncak difraksi sekitar 35,5° dan 41°, serta terbentuknya besi metalik (Fe) pada puncak sekitar 44,7°. Pada suhu 1000°C selama 120 menit, tingkat reduksi hematit menjadi besi mencapai 84,2%.

Analisis SEM

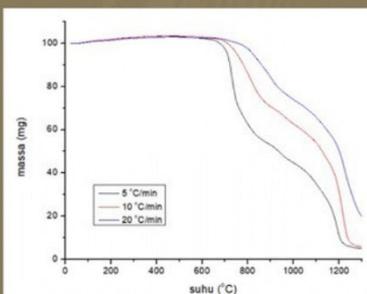
Morfologi permukaan material karbon meningkat dengan struktur mikropori seiring dengan peningkatan suhu karbonisasi, dengan SBET = 703,62 m²/g (T=600°C, t=2 jam)



Analisis Siklus Hidup



Analisis TGA



Mekanisme Reaksi Reduksi Bijih Hematit :

Hematit (Fe₂O₃) ke Magnetit (Fe₃O₄) pada T = 600 - 800 °C
 $Fe_2O_3 + C = CO + CO_2 + Fe_3O_4$
 Magnetit (Fe₃O₄) ke Wüstit (FeO) pada T = 800 - 1100 °C
 $Fe_3O_4 + C = CO_2 + FeO$
 $CO_2 + C = CO$
 Wüstit (FeO) ke Besi (Fe) pada T > 1100 °C
 $FeO + C = CO_2 + Fe$

Kesimpulan

Lebih lanjut, kualitas biokokas yang dihasilkan pada suhu karbonisasi 600°C telah memenuhi spesifikasi teknis merujuk ASTM D3176. Selain itu, hasil pengujian juga mendekati spesifikasi reduktan yang disyaratkan oleh AISI 2006. Dengan demikian, biokokas dari CKS berpotensi memenuhi standar komersial dan dapat diimplementasikan sebagai alternatif kokas dalam industri besi dan baja.

56

BIODELIGNIFIKASI CEPAT TKKS UNTUK PRODUKSI ASAM FULVAT SEBAGAI IMMUNOMODULATOR POTENSIAL

Peneliti: Firda Dimawarnita, M.T (Ketua); Yora Faramitha, M.Sc; Donny Nugroho Kalbuadi, M.Si; Indah Puspita Sari, M.Si; Haryo T Prakoso, M.Agr.Env; Prof. Dr. Ir. I Komang Gede Wiryawan; Dr. Silmi Mariya; drh. Fitriya Nur Annisa Dewi, PhD; Dedi Prasetyo, M.Si;

Asam fulvat (AF) dapat diekstraksi dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Metode ekstraksi AF dengan menggunakan microwave extractor sangat dianjurkan karena: (i) ramah lingkungan, (ii) efisien, (iii) dapat menghasilkan yield AF sampai 63% dan (iv) tidak menghasilkan limbah yang berbahaya. Senyawa AF memiliki aplikasi yang luas, salah satunya dibidang kesehatan sebagai obat penyakit degeneratif, seperti diabetes, TBC, asma, gangguan pencernaan, anemia, eksim, patah tulang, dan juga sebagai immunomodulator. Di lain pihak, berbagai teknologi biodekomposisi telah dikembangkan namun masih belum mampu mengatasi masalah panjangnya waktu, sehingga dibutuhkan areal yang luas dan biaya tinggi. Sebuah terobosan untuk mengolah TKKS diusulkan dengan pendekatan biomimetic proses pencernaan ruminansia dengan empat tahapan utama, yaitu peroksidasi, asidulasi, biodekomposisi, dan pematangan. Proses bio-fisiko-kimia diterapkan dalam kondisi semi anaerobik di dalam bioreaktor berpengaduk kontinyu.

Berdasarkan hasil uji ANOVA proses dekomposisi cepat TKKS menggunakan 2 faktor dengan 14 perlakuan, yaitu jenis pelarut dan waktu delignifikasi terhadap kadar lignin, hemiselulosa, dan α -selulosa menunjukkan bahwa setiap taraf perlakuan memberikan hasil yang berbeda nyata. Kadar lignin terendah bernilai 0,91% didapat dari perlakuan PAA 25%, waktu reaksi 60 menit. Kadar hemiselulosa tertinggi bernilai 43,36% pada perlakuan PAA 25%, waktu reaksi 15 menit. Kemudian kadar selulosa tertinggi bernilai 73% pada perlakuan PAA 50%, waktu reaksi 30 menit. Hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan PAA 25%. Berdasarkan hasil tersebut akan diuji coba lebih lanjut menggunakan perlakuan enzimatis untuk mempercepat proses dekomposisi.

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan terjadi perbedaan gugus fungsi. Pita lebar pada peak 3600–2800 cm^{-1} indikasi keberadaan lignin,

hemiselulosa terdapat pada TKKS sebelum delignifikasi berganti menjadi peak 1597,18-1643,90 cm^{-1} yang merupakan indikasi selulosa. Hasil karakterisasi TKKS sebelum dan sesudah delignifikasi menunjukkan adanya peningkatan indeks kristalinitas. Indeks kiralinitas tertinggi 24,38% didapat dari perlakuan PAA 25% selama 15 menit reaksi. Hasil pengujian TGA juga terdapat perbedaan suhu dekomposisi dengan urutan TKKS kontrol, A1, B1, C1, D1 adalah 300, 340, 345, dan 310°C. Morfologi SEM sebelum delignifikasi menunjukkan struktur yang masih dilapisi lignin, hemiselulosa, dan pengotor lainnya. Setelah delignifikasi struktur TKKS menjadi halus dan tidak terdapat lubang-lubang pada permukaan. Pengujian aktivitas enzim selulase pada media PDB memiliki aktivitas tertinggi dari trichoderma poly pada hari ke 12.

Optimasi ekstraksi AF menggunakan desain expert Response Surface Methodology (RSM) dengan 4 faktor (konsentrasi H₂O₂, microwave power, waktu reaksi, dan volume H₂O₂) konsentrasi AF tertinggi sebesar 24,716% didapat dari perlakuan konsentrasi H₂O₂ 20,462%, microwave power 351,397W, waktu reaksi 9,384 menit, dan volume H₂O₂ 37,4193 ml. Desain perancangan reaktor dekomposisi cepat TKKS berkapasitas 100L memiliki spesifikasi diameter 0,7m; panjang 1,1m; ketebalan 100 mm; dan luas permukaan heating jacket sebesar 3,27 m² dengan material SS 316. Hasil dekomposisi cepat TKKS yang dikombinasikan dengan decomposer selama 1 hari menghasilkan C/N 25. Pengujian AF secara invitro menunjukkan AF TKKS mampu menstimulasi pertumbuhan spleenosit sel mencit, persentase viabilitas sel lebih tinggi dari sampel komersial. Hasil pengukuran sitokin pada sel dengan penambahan AF TKKS mengindikasikan adanya kemampuan dalam merespon inflamasi dan pertahanan terhadap infeksi yang dibuktikan dengan ekspresi TNF α dan IFN δ , pada konsentrasi 50ug/ml.



Biodelignifikasi Cepat TKKS untuk Produksi Asam Fulvat sebagai Immunomodulator Potensial

Kontrak Riset: PRJ-358/DPKS/2022

1 Latar Belakang

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Inovasi baru pada bidang kesehatan

Produk Kesehatan: **Asam Fulvat (AF)**

immunomodulator
(meningkatkan sistem imun)



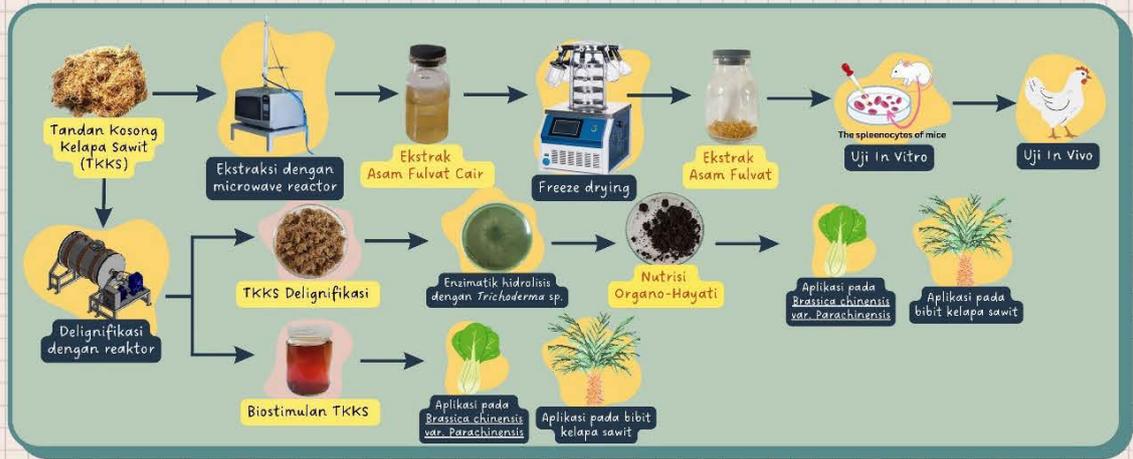
2 Tujuan

Solusi:

Ekstraksi asam fulvat menggunakan **Microwave Extractor**

- 1 asam fulvat
- 2 nutrisi organo-hayati

3 Metode



4 Hasil Penelitian

Analisis RSM

Konsentrasi AF terbaik sebesar 24,7% dengan desirability 77,6%

Aplikasi Biostimulan TKKS

Tanaman hortikultura (caisim) umur 40 hari

Jumlah daun dan panjang tanaman terhadap perlakuan biostimulan

Analisis In Vitro

ELISA (TNFα, IFNδ, dan IL-2)

MTT Assay

Cytokine Test

Analisis In Vivo

Karkas ayam broiler strain Cobb umur 35 hari

P0 P1 P2

Rasio daging-tulang dada dan paha ayam broiler umur 35 hari

Parameter	P0	P1	P2
Penjualan	100%	100%	100%
Bobot	100%	100%	100%
Bobot daging	100%	100%	100%
Bobot tulang	100%	100%	100%
Bobot tulang dada	100%	100%	100%
Bobot tulang paha	100%	100%	100%
Bobot tulang belakang	100%	100%	100%
Bobot tulang ekor	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal paha	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal dada	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal leher	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal ekor	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal kaki	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal tangan	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal kepala	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal leher	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal ekor	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal kaki	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal tangan	100%	100%	100%
Bobot tulang pangkal kepala	100%	100%	100%

5 Kesimpulan

1. Optimasi ekstraksi AF dengan model RSM 4 faktor menghasilkan konsentrasi AF tertinggi sebesar 24,716%, dari perlakuan konsentrasi peroksida 20,462%, microwave power 351,397W, waktu reaksi 9,384 menit, dan volume peroksida 37,4193 ml.
2. Asam fulvat TKKS mampu merangsang pertumbuhan sel limpa, dengan persentase viabilitas sel yang lebih tinggi daripada pupuk dan shilajit. Hasil pengukuran sitokin menunjukkan kemampuan untuk merespons peradangan dan pertahanan terhadap infeksi dibuktikan dari ekspresi TNFα dan IFNδ, pada konsentrasi 50 g/ml.
3. Asam fulvat mampu meningkatkan nilai rasio daging-tulang pada bagian dada dan paha ayam broiler umur 35 hari sebesar 3,47x0,50.
4. Cairan hasil reaktor TKKS memiliki potensi sebagai biostimulan yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman hortikultura pada aspek jumlah daun dan panjang tanaman.

Tim Peneliti

1. Firda Dimawarnita, S.T, M.T (PPKS)
2. Yora Faramitha, S.T, M.Sc (PPKS)
3. Donny Nugroho Kalibaudi, M.Si (PPKS)
4. Indah Puspitasari, M.Si (PPKS)
5. Hargo Tejo Prakoso, S.Si, M.Agr.Env (PPKS)

5. Prof. Dr. Ir. I Komang Gede Wiryanan (IPB University)
6. Dr. Silmi Mariga (IPB University)
7. drh. Fitriya Nur Annisa Dewi, PhD (IPB University)
8. Dedy Prasetyo, S.P, M.Si (Universitas Lampung)

Tim Analis

1. Khairy Yunda M.
2. Kania Dwi F.
3. Janitra Yasmine H.
4. Azzahra Salsabila S.M

Ucapan terima kasih kepada BPPPKS atas didanainya penelitian dengan nomor perjanjian PRJ-358/DPKS/2022.

57

INTEGRASI PROSES BIOPRODUKSI ASAM GLUKONAT DAN ASAM XILONAT SEBAGAI PLATFORM CHEMICALS DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS KELAPA SAWIT

Peneliti: Heri Hermansyah, Muhamad Sahlan, Ibnu Maulana Hidayatullah

Kelapa sawit adalah salah satu komoditas agrikultur utama Indonesia. Agroindustri kelapa sawit secara umum menghasilkan limbah padatan yang terdiri atas 24% pelepah kelapa sawit (PKS) dan 70% sisa-sisa pemangkasan batang kelapa sawit (BKS) selama pemanenan dari setiap pohon kelapa sawit per tahunnya. Limbah pelepah kelapa sawit yang mengandung senyawa holoselulosa (hemiselulosa dan selulosa) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dasar untuk memproduksi asam glukonat dan xilonat, sehingga tercipta ekonomi sirkular dengan fokus utama limbah kelapa sawit.

Pemanfaatan limbah kelapa sawit secara bioproses dilakukan dengan memanfaatkan mikroba penghasil enzim oksireduktase yang spesifik untuk mengoksidasi glukosa dan xilosa menjadi asam glukonat dan xilonat. Dalam penerapan konsep bioproses, setidaknya dibutuhkan 3 tahapan utama yang harus dilakukan yaitu delignifikasi bahan baku, proses hidrolisis, dan proses fermentasi yang dilakukan secara aerob. Pada tahapan delignifikasi, pelepah kelapa sawit akan diberi perlakuan secara hidrotermal untuk mengubah struktur lignin secara mikroskopis, sehingga mempermudah akses enzim ke substrat utamanya. Tahapan hidrolisis dilakukan dengan dua metode, yakni hidrolisis enzimatis dan hidrolisis asam. Hidrolisis enzimatis adalah proses biokonversi senyawa holoselulosa menjadi gula pereduksi (glukosa dan xilosa) dengan bantuan enzim selulase dan xilanase. Sedangkan hidrolisis asam dilakukan dengan menggunakan senyawa asam, yakni (H₂SO₄). Tahapan fermentasi adalah proses biokonversi gula pereduksi menjadi asam glukonat dan xilonat oleh bakteri *Gluconobacter oxydans*. Pada tahapan fermentasi ini dilakukan secara batch dan fed-batch (pengumpanan berulang). Bakteri perlu dikultur terlebih dahulu untuk memperbanyak mikroorganisme yang digunakan pada proses fermentasi. Kultur bakteri dilakukan dengan 2 metode yaitu menggunakan medium padat (agar) dan dilanjutkan dengan kultur bakteri dengan medium cair (broth). Tahapan terakhir adalah netralisasi dan filtrasi yang dilakukan untuk memperoleh asam glukonat dan xilonat

dalam bentuk yang lebih murni. Netralisasi dilakukan dengan membentuk garam natrium glukonat dan litium xilonat dari medium hasil fermentasi. Garam-garam tersebut kemudian akan difiltrasi dengan membran nanofilter untuk mendapatkan senyawa target dengan kemurnian yang lebih tinggi. Analisis kandungan senyawa dilakukan dengan menggunakan instrumen HPLC. Hasil penerapan konsep bioproses pada fermentasi glukosa dari TKKS ini adalah yield dan juga konsentrasi asam glukonat dari tahap batch dan fed-batch. Nilai yield asam glukonat yang dihasilkan untuk proses fed-batch yakni mencapai 81,6%. Dimana nilai yang didapatkan ini lebih tinggi dari proses batch (73,5%).

Berdasarkan fokus penelitian pada tahun kedua, dilakukan formulasi pembersih kaca menggunakan asam glukonat sebagai salah satu bahan tambahan (aditif) serta mencampurkannya dengan bahan-bahan lain yang khusus diformulasikan pada produk pembersih kaca komersil. Bahan-bahan lain yang digunakan dalam formulasi selain asam glukonat adalah ethylene glycol, hexylene glycol, isopropyl alcohol (IPA), sodium dodecyl sulfate (SDS), serta deionized water. Komposisi (%) asam glukonat divariasikan dalam beberapa sampel formulasi yang dimaksudkan untuk melihat pengaruh yang dihasilkan dari kadar asam glukonat. Proses formulasi ini masih di dalam tahap penelitian dan kemudian akan dilanjutkan dengan pengujian sampel hasil formulasi yakni uji tegangan permukaan (surface tension). Hasil pengujian kemudian dapat dianalisis dan menentukan kecocokan spesifikasi sampel untuk dijadikan produk komersil. Selain uji tegangan permukaan, uji anti mikroba juga akan dilakukan untuk melihat kemampuan sampel formulasi pembersih kaca dalam menghilangkan bakteri pada permukaan pembersih kaca. Hasil masing – masing pengujian pada penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk optimasi, pengembangan dan penyempurnaan sehingga dapat pemanfaatan biomassa kelapa sawit dengan konsep bioproses dapat dimanfaatkan secara maksimal.

INTEGRASI PROSES BIOPRODUKSI ASAM GLUKONAT DAN ASAM XILONAT SEBAGAI PLATFORM CHEMICALS DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS KELAPA SAWIT

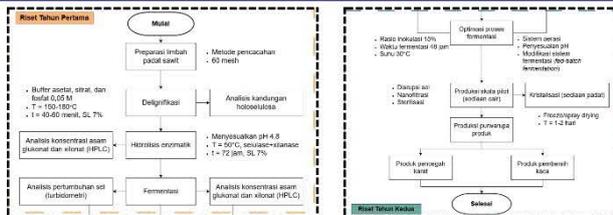
Prof. Dr. Heri Hermansyah, S.T., M.Eng. | Dr. Eng. Muhamad Sahlan, S.Si., M.Eng. | Dr. Ibnu Maulana Hidayatullah, S.T., M.T.
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424

PENDAHULUAN

Latar Belakang dan Tujuan

Luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai **15,98 juta Ha** per tahun 2021 (EBTKE, 2022). Sekitar **0,8 ton** limbah biomassa dihasilkan per ton minyak sawit yang diproduksi. Limbah tersebut **berpotensi diolah menjadi senyawa kimia bernilai tinggi**, seperti asam glukonat dan asam xilonat, yang dapat digunakan sebagai **bahan pembersih kaca** dan **pengekah karat pada logam** guna mendukung **ekonomi sirkuler berbasis kelapa sawit**.

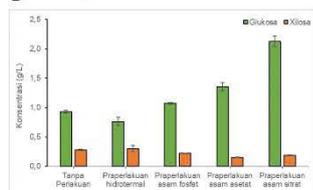
METODOLOGI PENELITIAN



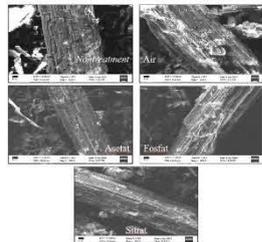
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Tahun 1 dan 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

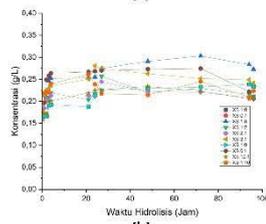
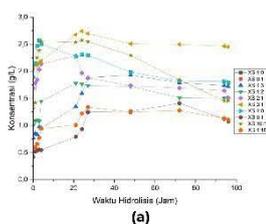
1 Praperlakuan dan Hidrolisis Enzimatis



Gambar 2. Studi Perendahuluan Mengenai Konsentrasi Glukosa dan Xilosa Hasil Hidrolisis Enzimatis dari Limbah Padatan Kelapa Sawit dengan Praperlakuan Berbeda



Gambar 3. Visualisasi Mikroskopis Permukaan Limbah Padatan Kelapa Sawit dari Variasi Praperlakuan



Gambar 4. Konsentrasi (a) Glukosa dan (b) Xilosa dari Hasil Hidrolisis Enzimatis Hasil Praperlakuan Asam Sitrat dengan Variasi Rasio Enzim Hidrolase

3 Luaran Penelitian



Gambar 6. Hasil Formulasi Produk Pembersih Kaca dengan Penggunaan Asam Glukonat

Penggunaan Asam Glukonat dilakukan dengan Formulasi Produk **Pembersih Kaca**.

Komponen Penyusun Pembersih Kaca

Asam Glukonat sebagai aditif

+ Etilen glikol, hexylene glykol, SDS (Sodium Dodecyl Sulfate), dan Isopropil Alkohol.



Gambar 7. Rencana Desain Kemasan Produk Pembersih Kaca (Purwarupa Produk)

- Pelarut Sitrat**
Efektivitas tertinggi dalam pelepasan lignin dengan hasil glukosa terbaik
- Praperlakuan Hidrotermal**
Memperoleh jumlah xilosa maksimum

Hidrolisis Enzimatis

Variasi Rasio Enzim → Xilanasel : Selulase 3 : 1

Diperoleh hasil:
Glukosa 2,74 g/L **Dengan jumlah tertinggi: Glukosa 7,50 g/L**
Xilosa 0,28 g/L **Xilosa 0,28 g/L**

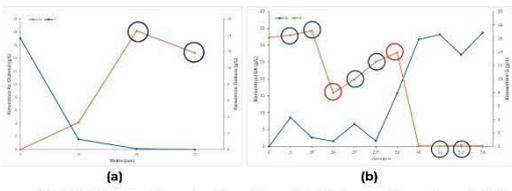
Selama 1 hari Hidrolisis



Gambar 8. Luaran Publikasi Riset

Salah satu artikel ilmiah yang disusun pada penelitian ini telah terpublikasi di dalam jurnal internasional "Result in Engineering" yang berpredikat Q1.

2 Modifikasi Sistem Fed-Batch Fermentation



Gambar 5. Perubahan Konsentrasi Asam Glukonat dan Glukosa pada Proses Fermentasi (a) Sistem Batch Fermentation dan (b) Sistem Fed-Batch Fermentation

Fermentasi Fed-batch

Modifikasi sistem fermentasi ini dapat meningkatkan produksi asam glukonat



KESIMPULAN

Sistem fermentasi pada penelitian telah dimodifikasi menggunakan **sistem fed-batch fermentation** guna meningkatkan kualitas sediaan asam glukonat dan asam xilonat yang menjadi bahan baku formula produk pembersih kaca dan pencegah karat.

Produk pembersih kaca dan pencegah karat pada logam sudah mencapai tahap **formulasi** disertai **analisis uji produk*** dan **desain kemasan produk**.

Kontak Kami:

Prof. Dr. Ir. Heri Hermansyah, S.T., M.Eng., IPU (heri@che.ui.ac.id)
 Dr. Eng. Muhamad Sahlan, S.Si., M.Eng. (sahlan@che.ui.ac.id)
 Dr. Ibnu Maulana Hidayatullah, S.T., M.T. (ibnu.maulana.h@che.ui.ac.id)

SARAN & RENCANA

Melakukan desain simulasi proses produksi dan menganalisis pasar untuk mengetahui **kelayakan teknis produksi** dan **nilai ekonomi produk** serta **ketepatan posisi dalam mendukung ekonomi sirkuler berbasis kelapa sawit di Indonesia**.

Menyusun **paten** dari formula produk yang memiliki **nilai keekonomian terbaik**.

58

PENGEMBANGAN MEMBRAN SKALA BENCH UNTUK NUTRIENT RECOVERY DAN RECYCLE AIR LIMBAH POME SEBAGAI AIR PROSES

Peneliti: Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D, Riani Ayu Lestari, S.T., M.Eng., Awali Sir Kautsar Harivram, S.T., M.T. dan Aulia Rahma, S.T., M.T.

Indonesia merupakan negara dengan produksi minyak sawit terbesar di dunia mencapai 45,5 juta metrik ton (MT) CPO (crude palm oil) per tahun. Peningkatan produksi CPO tentu akan berdampak pada jumlah timbunan limbah industri yang dihasilkan. POME (palm oil mill effluent) merupakan limbah cair dari produksi CPO yang dapat berdampak lingkungan apabila tidak diolah dan dikelola dengan benar. POME memiliki kandungan senyawa organik dan karbondioksida yang tinggi. Sejumlah besar senyawa nitrogen, fosfat, kalsium, magnesium, dan kalium terdapat dalam POME yang dapat digunakan sebagai pupuk. Senyawa tersebut berpotensi pasar tinggi untuk dimanfaatkan dalam industri petrokimia sebagai bahan baku untuk memenuhi pasokan industri pupuk dan sebagai energi alternatif. Disamping itu, penggunaan pupuk tersebut juga dapat diaplikasikan untuk perkebunan kelapa sawit guna memaksimalkan pemanfaatan dari limbah POME. Teknologi membran skala bench mampu me-recovery nutrisi dan me-recycle air limbah POME menjadi air proses. Tujuan dari pengembangan riset ini adalah (1) mendesain dan memproduksi teknologi membran skala bench; (2) mengaplikasikan, menguji kinerja dan mendemonstrasikan teknologi membran untuk nutrient recovery dan water recycling dari limbah POME sebagai air proses; dan (3) meningkatkan efisiensi dan nilai ekonomis dari limbah padat, daur ulang air proses dan nutrient recovery.

Metode riset yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang dibawa selama 2 (dua) tahun ini terdiri dari 6 (enam) tahap, yaitu: (1) Persiapan teknologi membran skala lab dan bench; (2) Optimasi kondisi operasi membran dengan kapasitas 30 L/jam; (3) Evaluasi fouling dan cleaning membran; (4) Analisis karakterisasi nutrient sebagai pupuk dan air hasil olahan sebagai air proses; (5) Demonstrasi teknologi membran untuk menghasilkan nutrient dari POME dan recycling air limbah POME sebagai air proses; (6) Publikasi nasional dan internasional serta penyusunan paten dan pelaporan keseluruhan hasil riset.

Prototipe alat spinneret untuk produksi membran hollow fiber PVDF berhasil dibuat menggunakan coaxial electrospinning needle. Membran hollow fiber yang telah diproduksi memiliki struktur morfologi yang baik untuk digunakan pada proses pemisahan yang terdiri dari sponge dan finger like structure. Selain itu, membran flat sheet polyamide yang telah disintesis menunjukkan performa yang baik dengan nilai fluks permeat sangat tinggi sebesar 50 – 420 L/m².jam. Membran ini berpotensi dikembangkan dalam bentuk konfigurasi spiral wound untuk keperluan komersial.

Membran bioreactor (MBR) yang didesain dan dikembangkan untuk mengatasi fouling telah berhasil dibuat. Reaktor membran yang didesain memiliki konfigurasi tambahan dengan keberadaan sand filter untuk meningkatkan performa membran dalam mengatasi permasalahan fouling membran. Selain itu, sistem aerasi pada tanki bioreactor juga mampu menurunkan fouling membran sekaligus berperan dalam proses pengolahan air limbah POME menjadi air bersih. Nilai TDS (total dissolved solid) permeat setelah melalui proses membran bioreactor dengan konfigurasi sand filter memiliki nilai penyisihan 84% yakni lebih tinggi 2 kali lipat dibandingkan tanpa filter. MBR skala bench bertanggung jawab untuk mendaur ulang dan menggunakan kembali air dengan sistem penyaringan membran terintegrasi. Sistem terintegrasi untuk pengolahan dan pemurnian air mengurangi jejak air dengan mendaur ulang dan menggunakan kembali air untuk mencapai nol limbah di dalam pabrik. Sistem ini juga dapat mengurangi biaya operasi, karena sumber air eksternal berkurang. Berdasarkan analisis ekonomi teknologi dari sistem ini yang siap untuk dikomersialkan dengan kapasitas 450 L, CAPEX, OPEX, dan biaya produksi masing-masing adalah Rp 7,41 miliar, Rp 4,55 miliar/tahun, dan Rp 122,00 per liter permeat.



Nutrient Recovery and Recycling of POME Wastewater Become Boiler Feed Water Using Novel Bench Scale Membrane



Muthia Elma^{1,2*}, Aulia Rahma², Riani Ayu Lestari¹, Awali S. K. Hariyram¹, Zaini L. Assyaifi², Rhafiq A. Ghani² and Zahratunnisa²

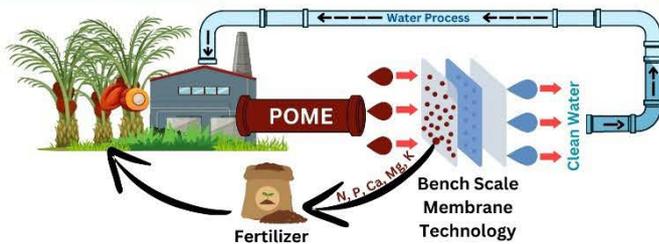
¹ Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Lambung Mangkurat University
² Materials and Membranes Research Group (M²ReG)
 *melma@ulm.ac.id

Abstract

A bench-scale Membrane Unit has successfully installed for water recycle and nutrient recovery of POME (palm oil mill effluent) collaborated with PT. Mustika Sembuluh Wilmar Group, East Kotawaringin, Central Kalimantan-Indonesia. It transforms a regular POME water treatment system become a green technology with environmentally sustainable. There are two identified issues to address the sustainability challenges of palm oil waste, namely the discharge of a large amount of highly polluting effluent and the generation of a large amount of sludge waste. This research tried to implement the integrated membrane filtration treatment processes in recovering treated water applied for boiler feed application. In addition, POME concentrates from membranes side products, enable to produce macro nutrient as organic fertiliser. The results showed that POME wastewater favourably treated for boiler feed water, and the cheap organic fertiliser was also successfully fabricated. In conclusion, this bench-scale membrane unit serves as a sustainable technology where the palm oil production is environmentally friendly.

Keyword: POME, water recycle, nutrient recovery and membrane bioreactor

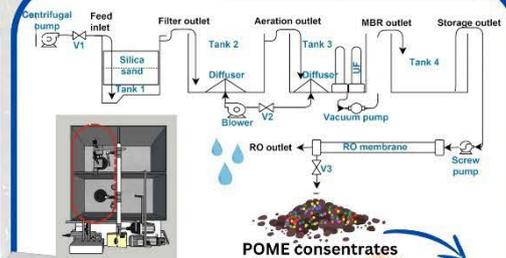
Introduction



The objectives of this research are:

1. To design and fabricate a novel bench-scale membrane unit;
2. To investigate and demonstrate the membrane technology for nutrient recovery and water recycling derived from POME waste; and
3. To enhance the efficiency and economic value of solid waste, water recycling, and nutrient recovery.

Methods



Results & Discussions



Fig. 1 Quality of post-mining land with POME nutrient treatment



Growth of Maize Plant with POME Treatment

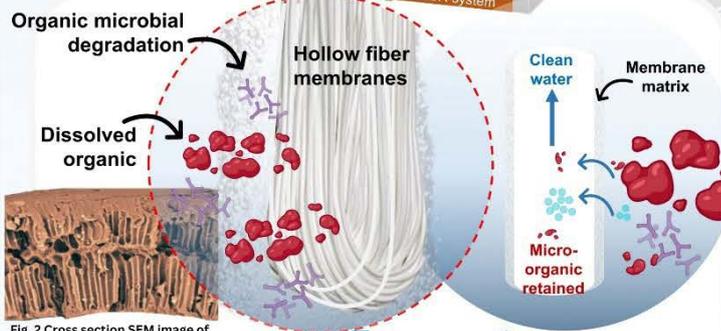


Fig. 2 Cross section SEM image of PVDF hollow fiber membrane with sandwich structure

Fig. 3 Schematic mechanism of dissolved organic contaminant degradation by MBR process

Conclusion

Bench-scale MBR technology successfully designed and demonstrated for POME treatment

The MBR has successfully recycled POME effluent into clean water according to boiler feed water and drinking water standards.

Post-mining soil quality improved with POME nutrient addition



Fig. 4 Bench-scale of MBR technology with capacity 30 LPH
 Technology readiness for commercialisation (450 LPH)
 • Water production cost : Rp. 122,-
 • The CAPEX : Rp. 7.4 billion
 • OPEX : Rp. 4.5 billion/year

Table 1. Water quality of POME treatment various processes

Parameter	Feed water	MBR	RO	Boiler feed water standard
TDS (mg/L)	3790	3200	268	<500
Turbidity (NTU)	286	0	0	0-5
Conductivity (µS)	5000	4570	362	-
pH	9,85	9,95	7,28	7-10
Salinity (ppt)	3,09	2,73	0,21	-
DO (mg/L)	1,3	3,0	3,1	-
BOD ₅ (mg/L)	2383	46	3	100
COD (mg/L)	5046	104	12	350

Acknowledgement

The authors appreciate the financial support provided by Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit of Republic Indonesia under contract No.: PRJ-371/DPKS/2022

59

PENGEMBANGAN LIMBAH KELAPA SAWIT UNTUK PAKAN LOBSTER AIR TAWAR DALAM MEWUJUDKAN CIRCULAR ECONOMY MINAPOLITAN DI KAWASAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG TIMUR

Peneliti: Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si.; Maulid Wahid Yusuf, S.Pi., M.Si.; Putu Cintia Delis, S.Pi., M.Si.; Lathifa Indraningtyas, S.T.P., M.Sc.; Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si.; Dewi Mulia Sari, S.P., M.Si.

Lobster air tawar atau *Cherax quadricarinatus* saat ini merupakan komoditas perikanan penting di Indonesia yang berpotensi besar untuk dibudidayakan karena permintaannya yang tinggi di pasar domestik dan internasional. Namun, jumlah produksi di tingkat lokal belum dapat memenuhi permintaan pasar tersebut. Hal ini terjadi karena beberapa masalah dalam kegiatan akuakultur. Salah satu masalahnya adalah infeksi penyakit. Pencegahan penyakit pada lobster air tawar dapat dilakukan dengan usaha peningkatan sistem kekebalan tubuh melalui pakan yang dilengkapi dengan prebiotik.

Bungkil inti sawit (BIS) adalah limbah padat sawit yang memiliki potensi prebiotik apabila sudah melalui proses fermentasi. BIS memiliki kandungan mannan, selulosa, dan xylan. Dengan proses fermentasi, terjadi degradasi polisakarida mannan oleh enzim endo β -mannanase, β -manosidase, glucosidase, atau galaktosidase sehingga terurai menjadi mannose dan manno-oligosakarida (MOS) untuk dimanfaatkan sebagai prebiotik pada pakan lobster air tawar. Namun, bungkil inti sawit juga mengandung serat kasar yang tinggi. Hal tersebut membuatnya sulit dicerna oleh lobster air tawar karena keterbatasan enzim pencernaan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pakan dari BIS terfermentasi terhadap respon imun lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*).

Pakan dibuat dari BIS yang telah dihaluskan, diayak, ditambahkan 600 ml air yang telah diberi larutan mineral yang mengandung 1% ZA dan 0,5% urea, dan disterilkan menggunakan autoclave selama 30 menit. Selanjutnya, BIS disimpan pada suhu kamar sampai sedikit dingin. BIS dicampur dengan starter jamur *Aspergillus niger* sebanyak 8 g/kg lalu disimpan pada suhu kamar (30°C) secara aerobik selama 5 hari. BIS terfermentasi kemudian dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 35-40°C. Tepung BIS terfermentasi dicampur dengan bahan lain dengan perlakuan dosis BIS terfermentasi sebanyak 40 g/kg, 80 g/kg, dan 120 g/kg. Adonan pakan dicetak dalam bentuk pellet pakan tenggelam, dan terakhir dikeringkan hingga kadar air sekitar 5%.

Penelitian ini menggunakan 120 ekor lobster air tawar sebagai hewan uji dengan ukuran berat rata-rata 10,3 \pm 0,15 g dan panjang 15,26 \pm 0,24 cm. Pemeliharaan menggunakan akuarium berukuran 60 x 40 x 40 cm³ dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari (08.00 dan 17.00), dengan pemberian pakan maksimum berdasarkan berat rata-rata lobster air tawar untuk menghindari pemberian pakan berlebihan dan menurunkan kualitas air. Pengambilan sampel hemolimfa diambil pada hari ke-0, 3, 5, 7, dan 14 setelah perlakuan pemberian pakan.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan, fermentasi BIS menggunakan *Aspergillus niger* dapat mengurangi total serat kasar sebesar 55% dan protein kasar sebesar 12%. Formulasi dengan penambahan bahan lain dapat meningkatkan kadar protein sesuai standar pakan lobster air tawar. Hasil respon imun pada hewan uji menunjukkan bahwa diet berbasis BIS terfermentasi telah meningkatkan respon imun nonspesifik pada lobster air tawar. Terjadi peningkatan parameter Total Hemocyte Count (THC), Fagocytosis Activity (AF), Fagocytosis Index (IF), Superoxide dismutase Activity (SOD), Phenol oxide Activity (PO) dengan hasil terbaik pada dosis 120g/kg BIS terfermentasi dalam pakan. Peningkatan gen kekebalan juga terjadi ditandai dengan peningkatan regulasi ekspresi gen lektin dan LGBP pada dosis terbaik yaitu 40g/kg BIS terfermentasi dalam pakan. Peningkatan respon imun tertinggi dilaporkan pada hari ketujuh setelah perlakuan.

Hasil penelitian ini berkontribusi pada pemahaman tentang strategi pertahanan patogen oleh *Cherax quadricarinatus* budidaya. Hasil ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan produksi pakan berbasis bungkil inti sawit yang menghasilkan probiotik untuk budidaya komersial di masa depan.



GRANT RISET SAWIT TAHUN 2022-2024



PEKAN RISET SAWIT INDONESIA

NUSA DUA, 3 - 4 OKTOBER 2024

PENGEMBANGAN LIMBAH KELAPA SAWIT UNTUK PAKAN LOBSTER AIR TAWAR DALAM MEWUJUDKAN CIRCULAR ECONOMY MINAPOLITAN DI KAWASAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG TIMUR

TIM PENELITI

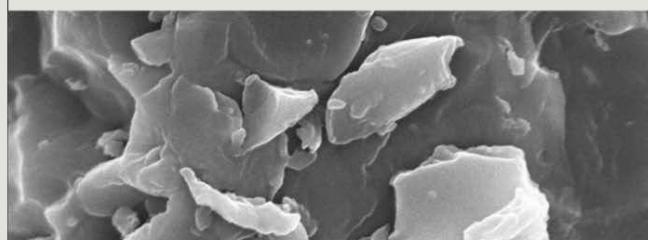


Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si.* - Teknologi Hasil Pertanian
 Maulid Wahid Yusuf, S.Pi., M.Si. - Budidaya Perairan
 Putu Cintia Delis, S.Pi., M.Si. - Sumber Daya Akuatik
 Lathifa Indrangingtyas, S.T.P., M.Sc. - Teknologi Industri Pertanian
 Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si. - Budidaya Perairan
 Dewi Mulia Sari, S.P., M.Si. - Agribisnis

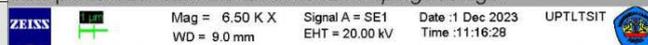
*Korespondensi: dikiwinanti@fp.unila.ac.id

AFILIASI

Lampung University, Bandar Lampung, Indonesia



Data primer hasil SEM BIS terfermentasi *Aspergillus niger*



PENDAHULUAN

Bungkil inti sawit (BIS) memiliki potensi prebiotik apabila sudah melalui proses fermentasi. BIS memiliki kandungan mannan yang didegradasi oleh enzim endo β -mannanase menjadi mannose dan manno-oligosakarida (MOS).

MOS dapat berfungsi sebagai prebiotik jika ditambahkan pada pakan. Hal tersebut diduga dapat meningkatkan imunitas lobster air tawar.

Selain itu, fermentasi juga dapat menurunkan kadar serat kasar pada bungkil inti sawit. Hal tersebut diharapkan dapat membantu pencernaan pada lobster air tawar karena keterbatasan enzim spesifik yang memecah mannan.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pakan dari BIS terfermentasi terhadap respon imun lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). Pakan dihilirisasi pada penelitian tahun ke-2.

METODE

BIS difermentasi *Aspergillus niger* dan diformulasi dengan 3 variasi perlakuan (40, 80, 120 g/kg) pakan. Digunakan 120 lobster air tawar sebagai hewan uji yang diberi pakan 2 kali sehari dan diambil sampel respon imun pada hari ke-0, 3, 5, 7, dan 14.

HASIL



Hasil analisis kimia pakan lobster air tawar berbasis BIS terfermentasi

No.	Sample	Kadar air	Kadar abu	Lemak			Protein	Serat kasar
				%				
1	Kontrol	5,72	9,64	10,46	34,03	1,77		
2	BIS 40g/kg	5,72	9,69	10,09	34,69	2,55		
3	BIS 80g/kg	5,07	9,68	10,30	34,14	1,96		
4	BIS 120g/kg	5,58	9,69	10,30	34,46	1,14		

Peningkatan ekspresi gen dalam penelitian ini menunjukkan bahwa struktur Mannan Oligosakarida (MOS) yang terkandung dalam BIS terfermentasi dapat mengikat lektin dalam hemisit.

Nilai ekspresi gen lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*)

Perlakuan	Gen target	Hari				
		0	3	5	7	14
BIS (40g/kg)	LGBP	-1,45	0,00	-17,47	66,94	131,95
	Lectin	-2,8	-6,7	-2,5	52 299,2	7595,3
BIS (80g/kg)	LGBP	-4,06	1,52	0,00	-30,03	3,16
	Lectin	2,4	144,8	47,1	187,9	6,9
BIS (120g/kg)	LGBP	0,00	0,00	0,00	2,03	0,00
	Lectin	433,9	-53,8	51,0	-2,3	27 609,9

Keterangan: Tanda minus (-) menunjukkan down-regulation dari ekspresi gen

PEMBAHASAN

Gen target LGBP dapat secara langsung mengidentifikasi lipopolisakarida (LPS) dan β -glukan yang ditemukan pada mikrobia. Pengenalan antigen oleh LGBP akan menginduksi degranulosis hemosit, merangsang aktivasi sistem prophenol oksidase (proPO), meningkatkan aktivitas fagositosis, opsonisasi, dan aglutinasi oleh sel hemosit (Li et al., 2021).

KESIMPULAN

Pakan dengan suplementasi BIS terfermentasi dapat signifikan meningkatkan respon imun non-spesifik lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) dan aman digunakan tanpa efek toksik. Hasil ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan pakan berbasis bungkil inti sawit untuk budidaya komersial di masa depan.

Referensi: Li, Y., Yuan, W., Zhang, Y., Liu, H., Dai, X. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00343-020-9083-z>

60

MONITORING DAN CONTROLLING KESEIMBANGAN EMISI KARBON PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT DAN NON-GAMBUT DENGAN METODE KECERDASAN BUATAN

Peneliti: Ardian Ulvan, Melvi, Mona Arif Muda Batubara, Aryanto, dan Heru Pranoto

Fokus Utama Penelitian

Penelitian ini fokus pada pengembangan dan implementasi sebuah perangkat yang dinamakan C-Flux Analyzer untuk mengukur dan memantau emisi karbon di perkebunan kelapa sawit yang ditanam di tanah gambut dan tanah mineral. Dua instrumen utama yang dikembangkan pada perangkat C-Flux Analyzer adalah gas analyzer dan anemometer 3 dimensi (3D), yang dirancang untuk mengukur konsentrasi fluks gas karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O), serta menganalisis arah fluks gas-gas tersebut pada bidang vertikal dan horizontal.

Metodologi

Dua perangkat C-Flux Analyzer ditempatkan pada sebuah menara meteorologi di ketinggian 15 m dan 2 m. Gas analyzer khusus dirancang untuk mengukur konsentrasi CO₂ dan H₂O yang ada di udara secara akurat dengan kemampuan sensing rate sebesar 5-7 Hz (5-7 data per detik). Akuisisi data dilakukan selama 30 menit secara real-time dalam setiap 1 jam, sehingga memungkinkan pemantauan fluks gas yang berasal dari tanah gambut dan sumber organik lainnya secara tepat. Perangkat gas analyzer yang dibuat memiliki fungsionalitas, durabilitas, dan reliabilitas yang telah diuji, untuk dapat bekerja optimal di iklim tropis dan kondisi lingkungan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang unik dan menantang.

Bersamaan dengan gas analyzer, anemometer 3D dikembangkan untuk menangkap arah fluks vertikal dan horizontal, yang sangat penting untuk memahami

penyebaran dan transportasi gas yang diemisikan. Metode Eddy Covariance digunakan untuk menghitung pertukaran karbon antara perkebunan dan atmosfer. Metode ini mengandalkan penggabungan data dari gas analyzer dan anemometer 3D untuk memahami gerakan turbulensi gas yang diukur. Dengan menggabungkan pengukuran konsentrasi gas dan arah angin, sistem ini dapat menghitung fluks vertikal dan horizontal, memberikan informasi dan wawasan tentang bagaimana CO₂ dan H₂O didistribusikan di atmosfer di sekitar perkebunan.

Temuan dan Capaian Utama

Perangkat C-Flux Analyzer telah diimplementasikan di perkebunan kelapa sawit berbasis gambut milik PT. Persada Dinamika Lestari (group Astra Agro Lestari), dengan beberapa catatan temuan dan capaian sebagai berikut:

- Sistem yang robust berhasil dikembangkan untuk pengukuran emisi karbon yang akurat.
- Metode eddy covariance sangat efektif dalam mengukur fluks karbon di perkebunan kelapa sawit.
- Data yang sangat berharga mengenai emisi karbon dari perkebunan kelapa sawit di tanah gambut berhasil dikumpulkan.
- Informasi dan wawasan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi emisi karbon dan variasinya dari waktu ke waktu dan ruang telah dapat diperoleh.

Data yang diperoleh memungkinkan strategi manajemen adaptif dapat diimplementasikan untuk meminimalkan pelepasan karbon, yang berkontribusi pada praktik pertanian berkelanjutan di perkebunan kelapa sawit.



MONITORING DAN CONTROLLING KESEIMBANGAN EMISI KARBON PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT DAN NON-GAMBUT DENGAN METODE KECERDASAN BUATAN

Ardian Ulvan, Melvi, Mona Arif Batubara, Aryanto, Heru Pranoto

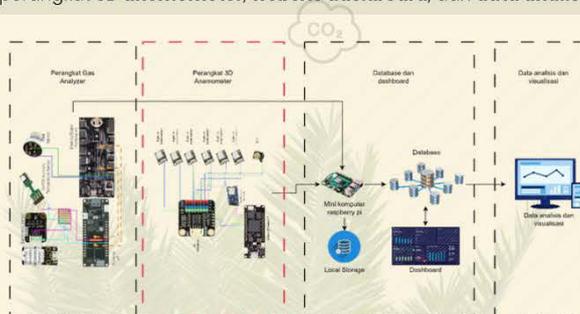
LATAR BELAKANG

Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 98 Tahun 2021 telah melahirkan sebuah instrumen kebijakan baru yang cukup inovatif mengenai penyelenggaraan nilai ekonomi karbon (NEK). Regulasi NEK ini telah membuka peluang yang sangat strategis bagi perkebunan kelapa sawit karena stok karbon yang dimiliki telah memiliki nilai ekonomi yang dapat diperdagangkan. Namun tentu saja, secara teknis keseimbangan antara stok dan emisi harus dapat di monitor dan dikontrol secara berkelanjutan. Belum banyak yang menggunakan metode taktis Eddy Covariance yang mengukur dan menghitung fluks karbon dengan pendekatan Net Ecosystem CO₂ Exchange (NEE), Gross Primary Production.

ECS atau **Eddy Covariance Station** terdiri dari perangkat **gas analyzer**, perangkat **3D anemometer**, **website dashboard**, dan **data analysis**.

Perangkat **gas analyzer** dapat melakukan monitoring konsentrasi CO₂ dan metana dalam udara, kadar uap air di udara, suhu dan kelembaban udara, serta mampu mengirimkan data ke data logger.

Perangkat **3D anemometer** sebagai alat pengukur kecepatan angin dan fluks udara dalam proses monitoring emisi karbon serta mampu melakukan penyimpanan data ke data logger.



Data logger adalah cloud database menggunakan PostgreSQL. Data yang didapatkan dari cloud database ditampilkan pada **website dashboard** untuk memudahkan dalam melakukan monitoring.

Data analysis bertujuan untuk menganalisis konsentrasi gas dengan fluktuasi kecepatan angin dalam tiga dimensi sehingga dapat mengetahui besar fluks karbon dan pengaruh kecepatan angin pada distribusi gas di lingkungan.

IMPLEMENTASI PERANGKAT

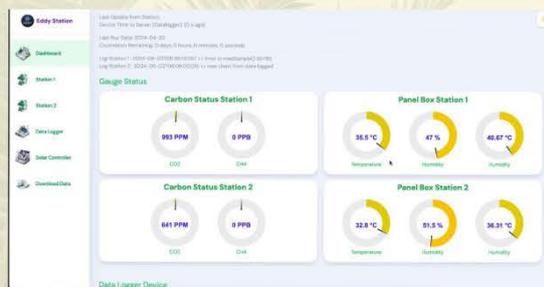
3D Anemometer
Gas Analyzer

Implementasi perangkat Eddy Covariance Station di PT Persada Dinamika Lestari.

Lokasi Kalimantan Selatan

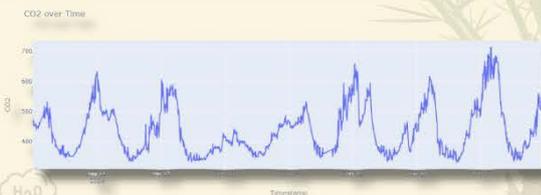


TAMPILAN DASHBOARD



Website Dashboard Eddy Covariance Station yang menampilkan konsentrasi CO₂ dan metana dalam udara, kadar uap air di udara, suhu dan kelembaban udara dari perangkat **Gas Analyzer** serta kecepatan angin dan fluks udara dari perangkat **3D Anemometer**.

ANALISIS DATA CO₂



Data CO₂ selama tujuh hari pada tanggal 10 - 17 Juni 2024.

KOMPARASI DATA DENGAN PERANGKAT KOMERSIAL

No.	Waktu	Perangkat Komersial		ECS	
		Water Vapour (kg/m ³)	CO ₂ (ppm)	Water Vapour (kg/m ³)	CO ₂ (ppm)
1	15.00	0.0227199	533.22	0.023596543	345
2	17.00	0.0224721	543.01	0.023390154	349
3	19.00	0.0219003	666.25	0.021860496	361
4	21.00	0.0232943	397.65	0.022342427	380
5	23.00	0.0214494	427.02	0.021732756	406

Komparasi **water vapour** dengan satuan kg/m³ dan **CO₂** dengan satuan ppm pada tanggal 12 Juni 2024.

PERANGKAT PROTOTYPE SISTEM SENSOR EDDY STATION YANG DIBUAT DAN DIKEMBANGKAN TELAH DIDEMONSTRASIKAN, DIVALIDASI DAN DIUJI DALAM LINGKUNGAN YANG RELEVAN. SAAT INI TELAH MENCAPAI TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT) LEVEL 6.

61

PRODUKSI BIO-COKE DARI LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR DENGAN KALORI TINGGI DAN RAMAH LINGKUNGAN

Peneliti: Dr. Ir. Asri Gani, M.Eng., Dr. Ir. Erdiwansyah, ST., MT., IPM., dan Prof. Dr. Ir. Mahidin, ST., MT.

Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit, khususnya tandan kosong kelapa sawit (EFB), memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bio-coke, bahan bakar dengan nilai kalori tinggi yang dapat menjadi alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Limbah kelapa sawit yang melimpah di Indonesia menjadikannya sumber daya yang ideal untuk diolah menjadi bahan bakar berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode produksi bio-coke dari limbah kelapa sawit, menganalisis peningkatan nilai energi yang dihasilkan, dan mengevaluasi dampaknya terhadap lingkungan.

Proses produksi bio-coke dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu; pengumpulan, pembuatan bio-coke dengan pemanasan pada berbagai bervariasi suhu (150°C, 160°C, 170°C, 180°C, dan 190°C) dan tekanan mencapai 22 MPa untuk menghasilkan bio-coke dengan karakteristik optimal. Selanjutnya dilakukan analisa lignin dan selulosa, analisa proksimat dan ultimat, analisa kalor, analisa karakteristik dan morfologinya serta kandungan mineral di dalamnya.

Penelitian menunjukkan bahwa bio-coke yang dihasilkan dari limbah kelapa sawit memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa mentah. Nilai HHV dari bio-coke mencapai 23,03 MJ/kg pada suhu pemanasan 190°C, sementara biomassa mentah memiliki nilai HHV yang lebih rendah, yaitu 15,38 MJ/kg. Grafik pengurangan massa selama pemanasan menunjukkan penurunan massa yang signifikan seiring dengan peningkatan suhu, yang mengindikasikan efisiensi

penghilangan zat volatil selama proses karbonisasi.

Selain itu, analisis proksimat dan ultimat memperlihatkan penurunan kadar air dan peningkatan kandungan karbon dalam bio-coke, yang berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pembakaran. Sebagai contoh, kandungan karbon bio-coke pada suhu 190°C mencapai 45,87%, sementara biomassa mentah memiliki kandungan karbon 43,70%. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemanasan dan tekanan efektif dalam meningkatkan kualitas bahan bakar bio-coke.

Penelitian ini membuktikan bahwa bio-coke yang diproduksi dari limbah kelapa sawit, seperti EFB, PKS, dan OPM, memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Proses pemanasan pada suhu 150°C hingga 190°C dan tekanan hingga 22 MPa secara signifikan meningkatkan nilai energi dan kualitas bahan bakar, dengan peningkatan nilai kalor dan kandungan karbon. Dengan demikian, bio-coke dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk menggantikan bahan bakar fosil dan mendukung upaya global dalam mengurangi emisi karbon dan polusi lingkungan.

Penelitian ini didukung oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), dengan nomor kontrak PRJ-374/DPKS/2022 dan addendum PRJ-17/DPKS/2023.

PRODUKSI BIO-COKE DARI LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR DENGAN KALORI TINGGI DAN RAMAH LINGKUNGAN



KELOMPOK PENELITIAN: Dr. Ir. Asri Gani, M.Eng., IPM (asri_gani@usk.ac.id, 081362951966) | Dr. Ir. Erdiwanayah, ST., MT., IPM (erdiwanayah@serambimekka.ac.id, 082285309200) | Prof. Dr. Mahidin, ST., MT. (mahidin@usk.ac.id, 081269122570)

Pendah

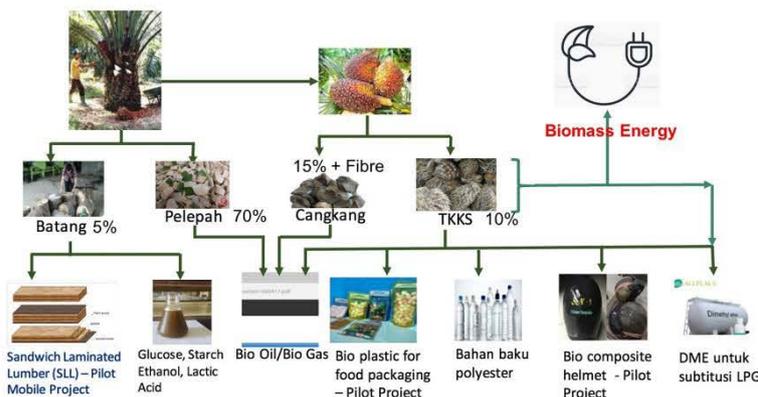
Bahan & Material

Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit, seperti tandan kosong kelapa sawit (EFB), sebagai bahan baku untuk produksi biocok telah menjadi perhatian penting dalam upaya meningkatkan keberlanjutan energi. Limbah kelapa sawit yang melimpah di Indonesia berpotensi diolah menjadi biocok, bahan bakar berkalori tinggi yang dapat menjadi alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan proses produksi biocok dari limbah kelapa sawit, menganalisis peningkatan nilai energi yang dihasilkan, serta mengevaluasi dampaknya terhadap lingkungan, sehingga diharapkan biocok dapat menjadi solusi energi yang lebih bersih dan efisien.

Metodologi:

1. Pengumpulan biomassa dari pabrik kelapa sawit.
2. Proses pembuatan biocok melalui pemanasan pada berbagai suhu (150°C, 160°C, 170°C, 180°C, 190°C) dan tekanan 22 MPa.
3. Analisis proksimat dan ultimat dilakukan untuk mengukur kandungan kimia.
4. Analisis TGA untuk melihat pengurangan massa selama pemanasan.
5. Analisis SEM, FTIR dan kandungan Logam Berat

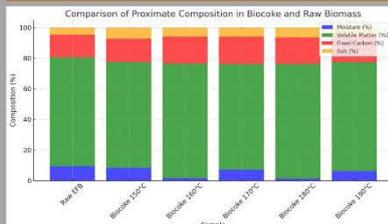
Potensi Limbah Kelapa Sawit Indonesia



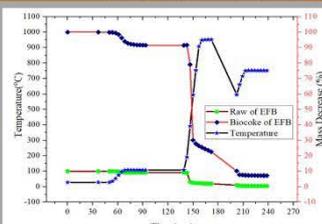
Proses Produksi Biocok



Hasil Analisis



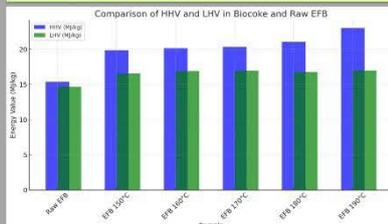
Grafik perbandingan komposisi proksimat (Moisture, Volatile Matter, Fixed Carbon, dan Ash) untuk biomassa mentah dan biocok pada berbagai suhu



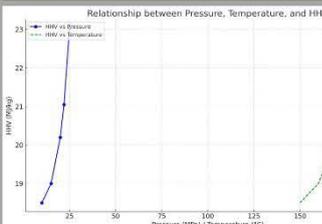
Grafik pengurangan massa selama proses pemanasan berdasarkan analisis termogravimetri (TGA)

Sample	Moisture (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Ash (%)	Carbon (C%)	Hydrogen (H%)	Nitrogen (N%)	Oxygen (O%)
Raw EFB	9.34	71.20	14.76	4.70	43.70	6.37	0.06	47.69
EFB 150 °C	8.44	68.96	15.33	7.27	47.85	6.18	0.09	44.83
EFB 160 °C	1.58	74.85	17.66	5.91	46.80	5.90	0.07	44.23
EFB 170 °C	7.18	69.04	17.87	5.91	46.55	6.10	0.08	45.20
EFB 180 °C	1.35	74.80	17.38	6.47	46.01	6.25	0.05	45.50
EFB 190 °C	6.26	71.11	17.53	5.09	45.87	7.53	0.07	45.69

Perbandingan proksimat dan ultimat antara biocok dan biomassa mentah



Higher Heating Value (HHV) dan Lower Heating Value (LHV) antara Empty Fruit Bunches (EFB) mentah dan biocok pada berbagai suhu pemanasan.



Grafik ini menggambarkan peningkatan nilai kalor seiring dengan meningkatnya tekanan dan suhu selama proses pemanasan.

Parameter	Proximate Analysis			
	Moisture	Volatile	Fixed Carbon	Ash
Raw EFB	9.34 %	71.20 %	14.76 %	4.70 %
EFB (Flowrate 1L/sec)	10.12 %	71.05 %	13.93 %	4.90 %
EFB (Temperatur 30 °C)	9.89 %	71.99 %	12.93 %	5.19 %
OPM	10.92 %	65.92 %	17.77 %	5.39 %
Raw corncob	12.44 %	69.58 %	15.40 %	2.58 %

Ultimate Analysis				Ref.
C	H	N	O	
43.70 %	6.37 %	0.06 %	47.69 %	[48]
48.26 %	7.03 %	0.78 %	43.93 %	Current Study
47.96 %	6.13 %	0.98 %	44.93 %	
44.97 %	6.54 %	0.09 %	45.51 %	[49]
39.88 %	6.56 %	0.94 %	-	[1]

Proksimat dan ultimat berbagai biomassa

Kesimpulan

biocok dari limbah kelapa sawit, seperti EFB, PKS, dan OPM, memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif berkalori tinggi yang ramah lingkungan. Pemanasan pada suhu 150°C hingga 190°C dan tekanan hingga 22 MPa meningkatkan nilai kalor biocok secara signifikan, dengan Higher Heating Value (HHV) mencapai 23.03 MJ/kg. Analisis proksimat dan ultimat menunjukkan penurunan kadar air serta peningkatan kandungan karbon, yang meningkatkan efisiensi pembakaran. Dengan demikian, biocok dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk menggantikan bahan bakar fosil.

62

UJI MULTILOKASI FAKTOR EMISI LAHAN GAMBUT INDONESIA YANG DIDRAINASE UNTUK BUDIDAYA KELAPA SAWIT

Peneliti: Dr. Ir. Heru Bagus Pulunggono, M.Agr.Sc. dan Tim Peneliti

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan terpenting dan telah berkembang di Indonesia dan menyumbang devisa yang besar bagi pembangunan nasional. Perkebunan dan industri kelapa sawit juga menyediakan lapangan kerja dalam jumlah besar. Namun demikian, pengembangan kelapa sawit pada lahan gambut dalam dekade terakhir ini mendapat sorotan dunia karena “dipersalahkan” telah merusak lingkungan dan menjadi sumber dari emisi gas rumah kaca (GRK: CO₂, N₂O dan CH₄) yang sangat besar, yang dinyatakan dalam ekuivalen CO₂. Penelitian sebelumnya dengan topik yang sama pada lahan gambut tebal (> 300 cm) yang ditanami kelapa sawit selama 36 bulan menggunakan kombinasi sungkup dan eddy covariance di provinsi Riau, pulau Sumatera; mewakili daerah dengan luasan gambut terluas di Indonesia (5,85 juta ha) menghasilkan emisi rerata netto yang didapatkan jauh lebih rendah dibandingkan dengan basis data emisi US-EPA. Namun, nilai net emisi tersebut belum bersifat multilokasi dan belum merepresentasikan gambut yang berada di daerah lain, terutama di Pulau Kalimantan, pulau yang memiliki luasan gambut kedua terbesar di Indonesia (4,54 juta ha) serta mempunyai lingkungan pembentukan gambut dan karakteristik fisika, kimia dan biologi gambut yang berbeda. Dengan demikian, perhitungan net emisi CO₂ ekuivalen gabungan dari pulau Sumatera (penelitian sebelumnya) dan Kalimantan (penelitian yang diajukan) bersifat multilokasi dan dapat merepresentasikan keseluruhan gambut yang ditanami kelapa sawit di Indonesia

Penelitian ini mengkuantifikasi berbagai kompartemenisasi emisi dari lahan gambut yang didrainase dan ditanami kelapa sawit di Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan. Net emisi dan faktor lingkungan lainnya diukur secara otomatis tiap 30 menit oleh Eddy Covariance System (Li-7500) yang dilengkapi dengan Biometeorology System dan ditempatkan pada tower berketinggian 15 m dari permukaan tanah. Emisi dari permukaan gambut secara otomatis tiap 30 menit menggunakan Automated

Soil Flux CO₂ System (Li-8100) dan secara manual tiap bulan menggunakan portable infrared gas analyzer/IRGA Li-830 pada pipa trenching PVC. Emisi GRK lainnya (CH₄ dan N₂O) bersama sama dengan CO₂ diukur menggunakan gas chromatography/GC yang disampling dari sungkup konvensional. Selain itu, dilakukan pula pengamatan muka air tanah/MAT pada dipwel, subsiden pada pipa subsiden, dan mikroorganisme heterotrofik pada rizosfer. Selain sistem Eddy Covariance, biometeorologi, dan Soil Flux CO₂; pengukuran dan pengambilan contoh gas, MAT dan subsiden dilakukan pada 12 lokasi berdasarkan kombinasi empat (4) kelas ketebalan gambut dan tiga (3) kelas umur sawit.

Berdasarkan perhitungan sementara dari sistem eddy covariance dengan data bulan Juni hingga Agustus 2024, nilai fluks CO₂ netto rata-rata dari perkebunan sawit di lokasi kajian adalah sebesar 0.0078 ± 0.0160 Mg/ha, jam. Perkebunan sawit di lokasi penelitian mensekuestrasikan C pada siang hari sebesar 0.0025 ± 0.0160 Mg CO₂/ha, jam, dan mengemisikan C sebesar 0.0182 ± 0.0058 Mg CO₂/ha, jam pada malam hari. Sementara itu, pengukuran emisi CO₂ tanah berbasis logger (frekuensi 30 menit; Li-8100) dengan sungkup otomatis belum dapat dilakukan karena komponen sedang dalam perbaikan. Mulai bulan Maret hingga Agustus 2024, pengukuran bulanan CO₂ dengan metode trenching menghasilkan rerata emisi CO₂ dari respirasi heterotrofik/Rh yang bersumber dari proses dekomposisi gambut dan serasah berjumlah 3.34 Mg CO₂/ha, bulan, atau setara 0.11 Mg CO₂/ha, jam. Sementara itu, rerata respirasi akar/Rr sebesar 1.19 Mg CO₂/ha, bulan, atau setara dengan 0.04 Mg CO₂/ha, jam. Sementara itu, pengukuran berdasarkan sungkup konvensional dan GC/gas chromatography mendapatkan rerata fluks CO₂, N₂O, dan CH₄ pada lokasi penelitian sebesar 10.40, 0.004 dan 0.004 mg/m², menit, atau setara dengan 6.24×10^{-3} , 2.65×10^{-6} , dan 2.57×10^{-6} Mg/ha, jam. Semakin jauh dari pokok tanaman, total populasi bakteri heterotrofik pada rizosfer sawit semakin menurun pada semua ketebalan gambut.

UJI MULTILOKASI FAKTOR EMISI LAHAN GAMBUT INDONESIA YANG DIDRAINASE UNTUK BUDIDAYA KELAPA SAWIT

Perhitungan Faktor Emisi Berdasarkan Beberapa Metode Pengukuran Emisi Karbon

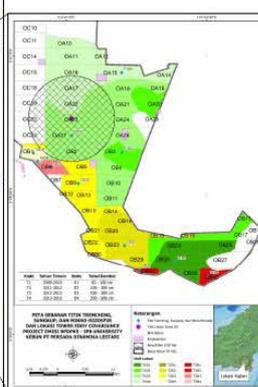
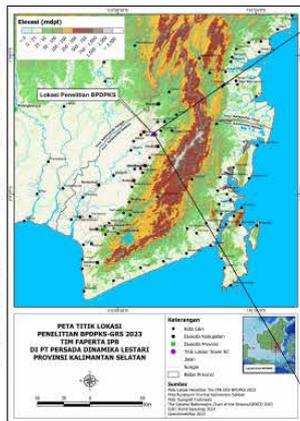
Funded by: Grant Research Sawit BDPKKS No. Kontrak: PRJ-86/DPKS/2023

Pulunggono, H.B.¹, Anwar, S.¹, Siswanto², Nurzakiah, S.³, Mulyawan, R.⁴, Sabiham, S.¹

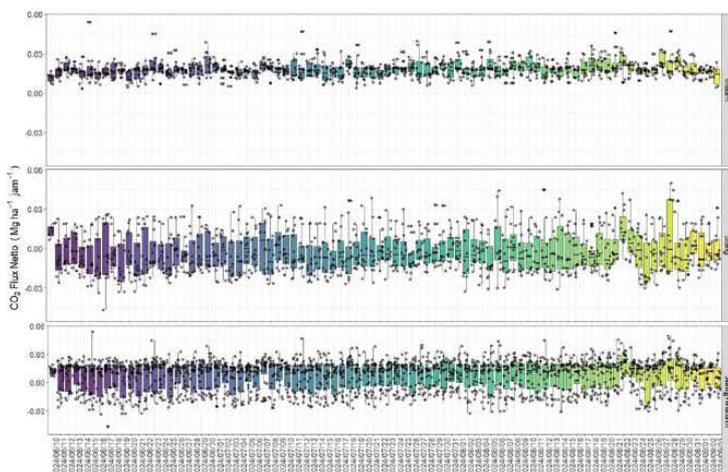
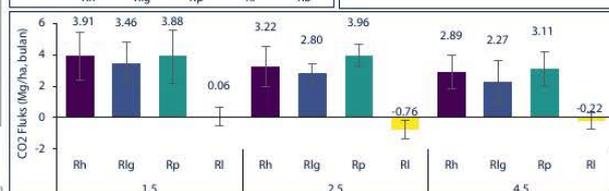
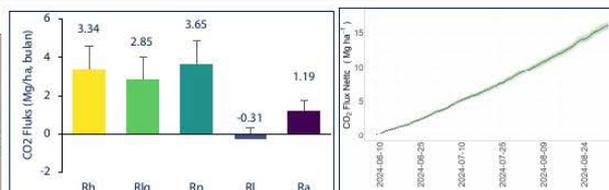
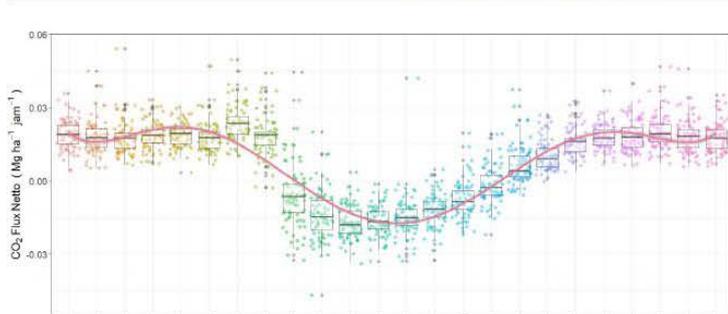
¹Faperta, Departemen ITSL, IPB, ²PPKS Unit Bogor, ³BRIN Bogor, Faperta, ⁴ULM Banjarbaru

Tujuan Penelitian

- (i) Menetapkan faktor emisi gambut dengan mempertimbangkan hasil-hasil pengukuran emisi GRK menggunakan metode-metode subsidien, sungkup, dan Eddy Covariance serta hasil pengukuran karbon terlarut (DOC) pada pertanaman kelapa sawit
- (ii) Menetapkan kontribusi relatif penurunan emisi CO₂ pada tingkat nasional (NDC) dari sub-subsektor perkebunan kelapa sawit,
- (iii) Membangun dan mengembangkan model estimator emisi CO₂ berbasis kecerdasan buatan berdasarkan faktor-faktor lingkungan dan pengelolaan agronomis dan
- (iv) Mempublikasikan hasil penelitian dalam jurnal ilmiah bereputasi internasional dalam dan luar negeri (terutama Q1 atau Q2).



Spesifikasi Metode dan instrumen	Desain Penelitian	Parameter yang diukur	Periode Waktu Pengukuran
Eddy Covariance & Biometeorology System	Atas Kanopi, 15 m single tower	Net Ecosystem Exchange/Net Emisi CO ₂	Per 30 menit
Automated Soil Flux CO ₂ System (LI-8100)	4 unit; 1,5, 2,5, 3,5, 4,5 m dari sawit	Emisi CO ₂ Tanah: Respirasi Autotrofik & Heterotrofik	Per 30 menit
Soil CO ₂ Trenching + Portable IRGA LI-830	36 unit; 3 perlakuan, 3 jarak, 4 kelas ketebalan gambut, 3 kelas umur	Emisi CO ₂ Tanah: Respirasi Autotrofik & Heterotrofik	Per 1 bulan
Soil GRK Sungkup Konvensional + GC	12 unit; 4 kelas ketebalan gambut, 3 kelas umur	Emisi CO ₂ , CH ₄ dan N ₂ O : Respirasi Autotrofik & Heterotrofik	Per 1 bulan
Patok Subsidi dan Dipwel (Manual+HOBOWL)	72 unit; 2 kedalaman, 3 perlakuan, 3 jarak, 4 kelas ketebalan gambut, 3 kelas umur	Subsidi, Muka Air Tanah	Per 1 bulan
Mikroorganisme Perombak		Metagenomik; Mikroorganisme Heterotrofik Rizosfer: lignolitik, selulolitik, dan khalitnik	Per 4 bulan



Dinamika Bulanan CO₂ Trenching Periode Pengukuran Juni – Agustus 2024

Hasil Penelitian

- i. Berdasarkan perhitungan sementara dari sistem eddy covariance dengan data bulan Juni hingga Agustus 2024, nilai fluks CO₂ netto rata-rata dari perkebunan sawit di lokasi kajian adalah sebesar 0.0078 ± 0.0160 Mg/ha, jam. Perkebunan sawit mensekuestrasikan C pada siang hari sebesar 0.0025 ± 0.0160 Mg CO₂/ha, jam, dan mengemisikan C sebesar 0.0182 ± 0.0058 Mg CO₂/ha, jam pada malam hari.
- ii. Pengukuran emisi CO₂ tanah berbasis logger (frekuensi 30 menit; LI-8100) dengan sungkup otomatis belum dapat dilakukan karena komponen sedang dalam perbaikan.
- iii. Pengukuran bulanan CO₂ dengan metode trenching menghasilkan rerata emisi CO₂ dari respirasi heterotrofik/Rh yang bersumber dari proses dekomposisi gambut dan serasah berjumlah 3.34 Mg CO₂/ha, bulan, atau setara 0.11 Mg CO₂/ha, jam. Sementara itu, rerata respirasi akar/Rr sebesar 1.19 Mg CO₂/ha, bulan, atau setara dengan 0.04 Mg CO₂/ha, jam.
- iv. Sementara itu, pengukuran berdasarkan sungkup konvensional dan GC/ gas chromatography mendapatkan rerata fluks CO₂, N₂O, dan CH₄ pada lokasi penelitian sebesar 10.40, 0.004 dan 0.004 mg/m², menit, atau setara dengan 6.24 × 10⁻³, 2.65 × 10⁻⁶, dan 2.57 × 10⁻⁶ Mg/ha, jam.

Dinamika Diel dan Harian Emisi CO₂ Periode Pengukuran Juni – Agustus 2024

63

TEKNOLOGI MAJU PROSES PEMANFAATAN LIMBAH UNTUK MENDUKUNG MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS LIMBAH KELAPA SAWIT

Peneliti: Suprihatin, Nastiti S Indrasti, Hermawan Prasetya, Lya Agustina

Hanya sebagian kecil saja hasil panen kelapa sawit menjadi produk utama berupa CPO (hanya 21-22%) dan PKO (5%). Sisanya (73-74%) berupa limbah yang belum dimanfaatkan secara optimum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsep ekonomi sirkular berbasis limbah kelapa sawit dengan penerapan teknologi maju (advanced technology) elektrokoagulasi (EC), pirolisis untuk menghasilkan biochar, adsorpsi (AD) dengan biochar dari TKKS, serta recovery nutrisi dari sludge EC dan biochar jenuh.

Proses pirolisis TKKS pada suhu 300°C selama 45 menit dapat menghasilkan biochar dengan rendemen 39%. Dengan menggunakan bahan bakar dari Sebagian TKKS dan biogas, biaya produksi kurang dari Rp 50,-/kg. Biochar yang dihasilkan memiliki luas permukaan 749 m²/g, kadar air 5,01 ± 0,01 %, kadar abu 16,41 ± 0,08 %, kadar bahan volatil 3,44 ± 0,01%, kadar karbon 80,16 ± 0,09 %, dan daya serap metilen biru 9,97 ± 1,23 mg/g. Setelah diaktivasi dengan NaOH 8%, luas permukaan, kadar air, kadar abu, kadar volatil, kadar karbon dan daya serap metilen biru masing-masing menjadi 1004 m²/g, 8,08 ± 0,26 %, 28,13 ± 0,04 %, 5,68 ± 0,02 %, 66,19 ± 0,05 % dan 179,32 ± 5,60 mg/g. Dengan nilai tersebut, kualitas biochar ini memenuhi standar kualitas arang aktif teknis sesuai SNI 06-3730-1995.

Pengolahan POMSE dengan proses elektrokoagulasi (EC) dengan tegangan 40 Volt (9,8 Ampere) dan laju alir 80 L/jam (setara dengan waktu kontak 2,7 menit) mampu menurunkan berbagai jenis polutan. Kadar COD POMSE awal berkisar 496 - 1760 mg/L dapat direduksi hingga 92-93 persen, baik dengan elektroda aluminium (Al) maupun besi (Fe). Biaya pengolahan antara Rp 5.300,- - Rp 6.600,- per m³, lebih murah jika dibandingkan dengan proses pengolahan dengan koagulasi kimia dengan tawas

yang membutuhkan biaya Rp 10.830,-/m³. Proses elektrokoagulasi dapat menghemat biaya sebesar Rp 4.230,- - Rp 5.530,- per m³ limbah yang diolah, dibandingkan dengan koagulasi kimia dengan tawas.

Adsorpsi dengan biochar dapat menurunkan lebih lanjut kadar polutan efluen EC. Adsorpsi dengan dosis biochar 25 g/L menurunkan kadar polutan efluen EC warna 207 ± 25 PtCo dan COD 172,8 ± 4,8 mg/L menurun menjadi warna 134,0 ± 3,0 PtCo dan COD 103,8 ± 3,3 mg/L, atau setara dengan penurunan warna 35,27% dan COD 39,91%.

Proses EC menghasilkan hasil samping berupa EC sludge, dan proses adsorpsi menghasilkan hasil samping berupa biochar jenuh, yang setelah dikeringkan hingga kadar air 9-15%, masing-masing sebanyak 16,6 kg dan 18,7 kg per m³ limbah cair yang diolah. Biaya penanganan hasil samping tersebut hingga memenuhi syarat sebagai pupuk organik sesuai SNI SNI 7763-2018 relatif rendah, yaitu kurang dari Rp 100,-/kg. Pemanfaatan hasil samping tersebut dapat mengurangi kebutuhan pupuk sintetis. Lebih lanjut, penerapan biochar tersebut sebagai carbon sequencing dan pembenah tanah akan memperbaiki karakteristik fisik, kimia dan biologis tanah, yang memberi multiplier effect berupa penurunan kebutuhan pupuk sintetis sekaligus meningkatkan produktivitas kelapa sawit.

Konsep ekonomi sirkular berbasis limbah kelapa sawit telah dirancang untuk PKS berkapasitas 30 ton TBS/jam dengan melibatkan proses pirolisis, elektrokoagulasi, adsorpsi dengan biochar, serta pemanfaatan EC sludge dan biochar jenuh sebagai pupuk organik. Konsep ekonomi sirkular berbasis limbah kelapa sawit tersebut dilengkapi dengan hasil asesmen indikator kinerja finansial, lingkungan dan sosial.

TEKNOLOGI MAJU PROSES PEMANFAATAN LIMBAH UNTUK MENDUKUNG MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS LIMBAH KELAPA SAWIT

1 Latar Belakang dan Tujuan



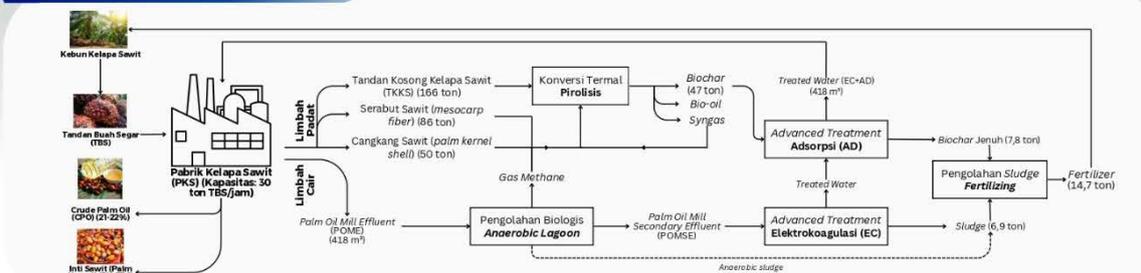
Hanya sebagian kecil hasil panen kelapa sawit menjadi produk utama (CPO ≈21% dan PKO ≈5%), selebihnya menjadi limbah seperti TKKS (≈22%) dan POME (≈60%).

Limbah ini dapat dikelola secara efektif dengan menerapkan prinsip dan strategi ekonomi sirkular (9R)



Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsep ekonomi sirkular berbasis limbah kelapa sawit yang dilengkapi dengan hasil asesmentnya

2 Desain Konsep Ekonomi Sirkular



4 Desain perspektif proses (3D)



5 Capaian: Aspek Ekonomi

Produk	Nilai
Treated Water	Pengganti Air Bersih
Fertilizer (Sludge)	Bahan Baku Pupuk Organik
Fertilizer (Biochar Jenuh)	Bahan Baku Pupuk Organik
Bio-oil	Produk Sampung (nilai jual)
Syngas	Produk Sampung (nilai jual)

Sumber Manfaat (Nilai) Tambahan

Produk samping (Bio-oil dan Syngas) yang memiliki nilai jual

Penghematan (Biaya) Sumber Daya

Treated water sebagai pengganti air bersih, dan perolehan pupuk organik padat sebagai pengganti penggunaan pupuk

Penghematan Biaya Penanganan

Biaya penanganan dari solusi yang dirancang dan penghematan biaya denda atas pelanggaran baku mutu

6 Capaian : Aspek Lingkungan

Karakteristik Limbah Cair (POMSE) (EC + AD)			
Parameter	Sebelum	Sesudah	Efektivitas
Kadar Amonia	53,2 mg/L	57,6 mg/L	17,71 %
COD	725 mg/L	103,83 mg/L	91,25 %
Kadar Nitrat	< 0,05 mg/L	< 0,05 mg/L	-
pH	8,78	9,00	-
TSS	112 mg/L	8,5 mg/L	93,16 %
Kadar Ortofosfat	103 mg/L	< 0,001 mg/L	99,99 %
Warna	1760 PtCo	134 PtCo	91,21 %
Kekeruhan	105 NTU	2,79 NTU	97,19 %

Karakteristik Fertilizer		
Parameter	Sludge	Biochar
Kadar Air	15,28%	9,16%
pH	7,02	9,06
Bahan Ikutan	0 %	0 %
Hara Makro	4,81 %	20,486 %
C-Organik	37,56 %	69,54 %
Rasio C / N	9,114	3,800

Pengurangan Timbulan Limbah

Reduksi Limbah padat (TKKS, Mesocarp, Shell) dan cair (POMSE)

Pengurangan Beban Cemaran (Dampak)

Peningkatan mutu air dan penurunan dampak limbah padat

Pemanfaatan Nilai Sumber Daya

Konversi limbah menjadi produk (biochar, pupuk organik padat)

7 Capaian : Aspek Sosial

Pemenuhan Aturan Pemerintah

Perolehan treated water sebagai pengganti air bersih, dan perolehan pupuk organik padat sebagai pengganti penggunaan pupuk

Penyerapan Tenaga Kerja

Penyerapan tenaga kerja untuk menjalankan pengoperasian proses yang dirancang

Penyelesaian Masalah Sosial Masyarakat

- Tidak adanya indikasi ketidakpuasan dari masyarakat terkait timbulan dan cemaran limbah yang dihasilkan
- Pemenuhan aturan pemerintah akan menurunkan resiko adanya tuntutan hukum hingga protes dari pihak lain

8 Kesimpulan

- Konsep ekonomi sirkular dapat **mereduksi penggunaan sumber daya primer** (input pupuk sintetik, input air), **memaksimalkan nilai tambah/manfaat material** (biochar, bioenergy, nutrient), dan **mereduksi pembuangan limbah cair** (POME) dan limbah padat (TKKS).
- Pengolahan POMSE dengan EC dan AD dapat menghasilkan effluent yang **memenuhi syarat regulasi** baik dari sisi konsentrasi, beban, maupun debit.
- **Penerapan ekonomi sirkular** (prinsip 9R) dapat berkontribusi dalam perwujudan industri kelapa sawit yang nir limbah, berkelanjutan (dari sisi ekonomi, lingkungan dan sosial), dan regeneratif.



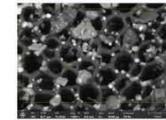
POMSE awal

Hasil EC

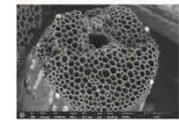
Hasil AD

Selanjutnya: Biochar dengan perlakuan aktivasi 100 °C, waktu 45 menit

Selanjutnya: Biochar dengan perlakuan aktivasi 100 °C, waktu 45 menit



Hasil SEM biochar tanpa aktivasi



Hasil SEM biochar teraktivasi NaOH 8%



Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin, IPU

Prof. Dr. Ir. Nastiti Sisw Indrasti, IPU, ASEAN-Eng

Dr. Lya Agustina, STP., MSI

Dr. Hermawan Prasetya, S.Si, MT

64

BETON PRECAST BERBASIS FOAM CONCRETE DARI LIMBAH BIOMASSA SAWIT

Peneliti: Prof. Dr. Ir. Izarul Machdar, M. Eng.; Dr. Ir. Abdullah, M.Sc.; Sofyan, ST., MT.; Wahyu Rinaldi, ST., M.Sc.; Dr. Ernawati, S.P., M.Si.

Indonesia secara geografis dilalui oleh pertemuan tiga jalur lempeng tektonik yang menyebabkan sering terjadinya gempa. Dari Peta Seismitas Indonesia memberi gambaran telah terjadi 10.000 gempa di tahun 2023. Hingga kini, tidak ada teknologi yang dapat meramalkan terjadinya gempa, akibatnya bencana ini berdampak besar terhadap korban jiwa maupun kerusakan bangunan. Salah satu metode mitigasi bencana gempa adalah menggunakan material konstruksi bangunan yang ringan. Metode ini mengikuti kearifan lokal masa lalu, di mana bangunan tradisional tetap kokoh saat gempa karena lebih ringan dan konstruksi tidak rigid.

Foam concrete (beton busa) adalah salah satu jenis beton ringan. Foam concrete dibuat dengan mencampur semen, air, foam, dan agregat ringan. Salah satu contoh agregat ringan adalah biomassa limbah sawit. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah industri sawit (cangkang atau abu boiler) yang akan digunakan untuk pembuatan beton precast dalam pembuatan panel-panel rumah ramah gempa.

Biomassa cangkang terlebih dahulu dimodifikasi sebelum digunakan, melalui coating (pelapisan permukaan) dengan nano material silane dan siloxane. Proses coating bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antara biomassa dan paste semen, serta menghindari degradasi biomassa karena aspek biologis. Foam agent sebagai bahan dasar pembuat foam concrete dikembangkan pada penelitian ini menggunakan campuran bahan surfaktan sodium dodekil sulfat (SDS), pelarut propilen glikol (PG), dan garam (NaCl) sebagai penguat foam. Pengembangan foam agent bertujuan untuk menghemat biaya, memaksimalkan efisiensi, dan meminimalkan problem akses terhadap ketersediaan foam agent dalam industri konstruksi foam concrete nantinya.

Ada empat fokus penelitian yang telah berhasil dilakukan sampai saat ini, yakni pengembangan formulasi foam agent dan perancangan mixing tank untuk kapasitas komersil foam agent; penentuan konsentrasi efektif bahan coating biomassa sawit; pengujian kekuatan foam concrete dengan berbagai variasi densiti beton dan kandungan biomassa sawit coating dan non-coating; dan perancangan dan produksi panel precast. Di samping itu, tim peneliti telah mendapatkan amanah dari salah satu PKS di Aceh untuk membangun rumah manajer dan guest house di lokasi pabrik dengan menggunakan panel precast foam concrete dengan agregat biomassa sawit. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa campuran SDS dan PG dengan rasio 3:1 menghasilkan kekuatan foam yang relatif sama dengan foam agent komersil. Rasio foam agent terhadap air pada saat aplikasi dapat digunakan hingga rasio 1:20. Observasi melalui foto SEM menunjukkan, bahwa untuk mendapatkan coating yang sempurna, konsentrasi nano material silane dan siloxane paling efektif adalah sekitar 5%. Lebih lanjut, hasil kuat tekan beton yang dihasilkan menunjukkan, bahwa kuat tekan foam concrete dengan biomassa tercoating lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan non-coating. Kuat tekan foam concrete dengan nilai densiti 1,2 dan 1,4 berada di atas standar kuat tekan yang dibutuhkan sekitar 3 Mpa. Kuat tekan foam concrete dengan kandungan biomassa sawit 30% paling tinggi dibandingkan dengan dengan kandungan 20% dan 40%.

Sebagai kesimpulan, penggunaan bahan substitusi limbah biomassa sawit melalui pre-treatment coating dapat diaplikasi sebagai bahan agregat ringan pada pembuatan beton ringan (foam concrete) precast untuk pembuatan panel rumah ramah gempa. Penggunaan limbah biomassa sawit (dengan menginjeksi ke dalam material beton) selain ramah lingkungan juga mendukung circular economy dalam industri sawit.



PEKAN RISET SAWIT INDONESIA (PERISAI) 2024

Beton Precast Berbasis Foam Concrete dari Limbah Biomassa Sawit



Prof. Dr. Ir. Izarul Machdar, M. Eng. (machdar@usk.ac.id); Dr. Ir. Abdullah, M.Sc. (abdullahmahmud@usk.ac.id)
Sofyan, ST., MT. (sonyan@usk.a.c.id); Wahyu Rinaldi, ST., M.Sc. (wahyurinaldi@gmail.com);
Dr. Ernawati, S.P., M.Si. (minaraqi@yahoo.com)
Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Latar Belakang

Indonesia secara geografis dilalui oleh pertemuan tiga jalur lempeng tektonik yang menyebabkan sering terjadi-nya gempa. Salah satu metode mitigasi bencana gempa adalah menggunakan material konstruksi bangunan yang ringan. Foam concrete (beton busa) adalah salah satu jenis beton ringan. Foam concrete dibuat dengan men-campur semen, air, foam, dan agregat ringan. Salah satu contoh agregat ringan adalah biomassa limbah sawit. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah industri sawit (cangkang atau abu boiler) yang akan digunakan untuk pembuatan beton precast dalam pembuatan panel-panel rumah ramah gempa.

Metodologi

Ada empat fokus penelitian yang dilakukan, yakni pengembangan formulasi foam agent dan perancangan mixing tank untuk kapasitas komersil foam agent; penentuan konsentrasi efektif bahan coating biomassa sawit; pengujian kekuatan foam concrete dengan berbagai variasi densiti beton dan kandungan biomassa sawit coating dan non-coating; dan perancangan dan produksi panel precast

Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan, bahwa campuran SDS dan PG dengan rasio 3:1 menghasilkan kekuatan foam yang relatif sama dengan foam agent komersil. Rasio foam agent terhadap air pada saat aplikasi dapat digunakan hingga rasio 1:20. Observasi melalui foto SEM menunjukkan, bahwa untuk mendapatkan coating yang sempurna, konsentrasi nano material silane dan siloxane paling efektif adalah sekitar 5%. Lebih lanjut, hasil kuat tekan beton yang dihasilkan menunjukkan, bahwa kuat tekan foam concrete dengan kandungan biomassa tercoating lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan non-coating. Kuat tekan foam concrete dengan nilai densiti 1,2 dan 1,4 berada di atas standar kuat tekan yang dibutuhkan sekitar 3 Mpa. Kuat tekan foam concrete dengan kandungan biomassa sawit 30% paling tinggi dibandingkan dengan dengan kandungan 20% dan 40%.

Kesimpulan

Penggunaan bahan substitusi limbah biomassa sawit melalui pre-treatment coating dapat diaplikasi sebagai bahan agregat ringan pada pembuatan beton ringan (foam concrete) precast untuk pembuatan panel rumah ramah gempa. Penggunaan limbah biomassa sawit (dengan menginjeksi ke dalam material beton) selain ramah lingkungan juga mendukung *circular economy* dalam industri sawit.

Ucapan Terima Kasih

Tim Peneliti menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada BDPKKS atas dukungan luar biasa yang telah diberikan, baik dalam bentuk pendanaan maupun bantuan moril selama proses penelitian ini. Kami sangat berharap dukungan ini dapat terus berlanjut, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sesuai dengan target akhir yang telah direncanakan. Masukan dan kritik yang konstruktif sangat kami nantikan, karena hal tersebut akan sangat bermanfaat dalam memastikan keberhasilan penelitian ini. Sekali lagi, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh staf BDPKKS, tim reviewer, dan para sejawat yang telah berkontribusi.

The collage contains several key elements:

- LATAR BELAKANG DAN TUJUAN:** A map of Indonesia highlighting seismic zones and a heatmap of earthquake frequency in 2023. It includes a solution: 'Pergunaan Beton Ringan di daerah gempa'.
- FOTO SEM BIOMASSA SAWIT:** Scanning electron microscope images showing the surface morphology of biomass coatings at different concentrations: Cangkang Tercoating, Tempa perlakuan, Larutan coating 20%, Larutan coating 10%, Larutan coating 5%, and Larutan coating 1%.
- KUALITAS FOAM CONCRETE:** Graphs showing foam quality (Foam Quality Index) and foam stability (Foam Stability Index) for various foam agents and concentrations.
- DESAIN RUMAH RAMAH GEMPA:** Architectural drawings and photos of a precast foam concrete house designed for earthquake resistance.
- PROSES MANUFACTURING:** Photos and diagrams illustrating the production process of precast panels, including mixing, casting, and curing.
- TESTING AND RESULTS:** Photos of testing equipment and graphs showing the compressive strength of foam concrete with different biomass sawit contents (20%, 30%, 40%).
- CONCLUSION AND ACKNOWLEDGEMENTS:** A summary of the findings and a list of acknowledgments.

65

PEMANFAATAN ASAP CAIR DARI LIMBAH BIOMASSA CANGKANG SAWIT SEBAGAI GREEN INHIBITOR PEMBENTUKAN MATERIAL KERAK ANORGANIK

Peneliti: Prof. Ir. Suharso, S.Si., Ph.D., Dr. Agung Abadi Kiswandono, S.Si., M.Sc, Drs. Tugiyono, M.S., Ph.D., dan Prof. Dr. Buhani, M.Si.

Permasalahan serius yang sering dijumpai pada sebagian besar peralatan industri yang melibatkan air garam adalah terjadinya penumpukan kerak material anorganik seperti kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium sulfat (CaSO_4), dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) pada dinding-dinding peralatan industri. Terakumulasinya endapan tersebut umum terjadi pada industri yang melibatkan air, seperti proses desalinasi dan ketel, industri minyak dan gas, serta industri kimia. Akibatnya umur sumur pipa milik PERTAMINA pada industri panas bumi pembangkit tenaga listrik (PLTP) hanya berumur 10 tahun, kemudian harus dibuat baru dengan biaya 6-7 juta dolar per sumur.

Untuk mengatasi masalah penumpukan kerak tersebut, salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah penambahan zat inhibitor ke dalam aliran fluida yang merupakan suatu metode yang paling murah dan efektif. Namun demikian, penambahan zat-zat inhibitor sintesis yang mengandung polimer polifosfat dan polifosfonat yang banyak dipakai kalangan industri saat ini bersifat beracun, mahal, dan tidak ramah terhadap lingkungan. Untuk itu pilihan jenis inhibitor yang tidak beracun, murah, dan ramah lingkungan yang dikenal dengan green inhibitor sebagai pengembangan dari pemanfaatan limbah sawit menjadi perhatian para peneliti dalam rangka memberikan nilai tambah dan meningkatkan daya saing industri kelapa sawit nasional.

Salah satu green inhibitor yang diteliti dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan asap cair dari limbah cangkang sawit yang berlimpah jumlahnya sebagai inhibitor pembentukan kerak material anorganik. Seperti diketahui asap cair cangkang sawit mengandung senyawa

golongan phenol (guaiakol, 4-metilguaiokol, eugenol, siringol, furfural, piroketanol, hidroquinon dan isoeugenol), senyawa golongan karbonil (glicoksal, metil glioksal, glioksal dehidra, diasetil, formaldehida), senyawa golongan asam (asam asetat, asam butirat, asam propionate, asam isovalerat). Senyawa-senyawa ini diyakini berperan besar dalam menghambat laju pembentukan kerak material anorganik seperti kalsium karbonat dan sulfat.

Hasil penelitian pada tahun pertama (2024) dengan menggunakan metode perubahan berat menunjukkan bahwa penambahan inhibitor asap cair cangkang sawit mampu menghambat pertumbuhan kerak kalsium karbonat pada konsentrasi larutan ion kalsium 0.05 - 0.10 M sebesar 43 - 64% dan kalsium sulfat sebesar 18 - 54%. Efektivitas larutan inhibitor bergantung pada konsentrasi ion kalsium dalam larutan dan konsentrasi larutan inhibitor yang ditambahkan. Hasil penelitian ini pada konsentrasi ion kalsium yang sama dalam larutan pertumbuhan secara umum masih setara dengan inhibitor komersial seperti EDTA yang diujicobakan dalam penelitian ini yang memberikan efisiensi inhibitor sebesar 58 - 74% untuk kalsium karbonat dan 17 - 56% untuk kalsium sulfat.

Hasil penelitian ini masih terus untuk dikembangkan pada tahun ke 2 (2025) untuk mendapatkan efisiensi inhibitor yang lebih besar dalam menghambat pertumbuhan kerak kalsium karbonat dan kalsium sulfat. Pengembangan diarahkan terhadap teknik untuk mendapatkan asap cair yang kaya akan senyawa kimia yang efektif dalam menghambat pembentukan kerak dan mencari campuran inhibitor yang mampu bersinergi dengan asap cair dari bahan limbah sawit.

No. Kontrak: PRJ-89-DPKS/2023

PEMANFAATAN ASAP CAIR DARI LIMBAH BIOMASSA CANGKANG SAWIT SEBAGAI GREEN INHIBITOR PEMBENTUKAN MATERIAL KERAK ANORGANIK

Prof. Ir. Suharso, S.Si., Ph.D. | Dr. Agung Abadi Kiswandono, S.Si., M.Sc.
Drs. Tugiyono, M.S., Ph.D. | Prof. Dr. Buhani, M.Si.

TUJUAN PENELITIAN

1. Pemanfaatan asap cair dari limbah biomassa cangkang sawit dan modifikasinya sebagai inhibitor ramah lingkungan untuk menghambat pertumbuhan kerak material anorganik yang memiliki kemampuan setara dengan inhibitor komersial.
2. Menguasai teknologi *green scale inhibitor* yang ramah lingkungan, murah, dan tidak beracun dengan memanfaatkan asap cair cangkang sawit sebagai substitusi zat kimia impor untuk menghemat devisa negara.

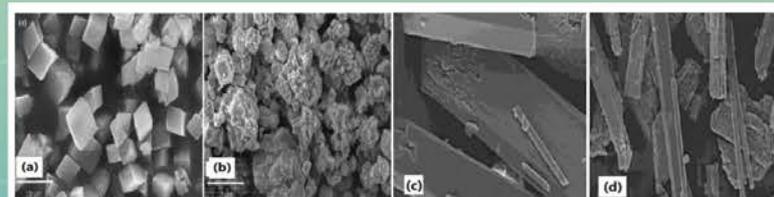


(Kerak Material Anorganik pada Pipa)

CAPAIAN HASIL

1. Inhibitor asap cair cangkang sawit mampu menghambat pertumbuhan kerak kalsium karbonat pada konsentrasi larutan ion kalsium 0.05-0.10 M sebesar 43-64% dan kalsium sulfat sebesar 18-54%.
2. Hasil uji coba yang didapat hampir setara dengan inhibitor komersial EDTA.

RANCANGAN PRODUK INHIBITOR



(Kristal CaCO_3 (a,b) dan CaSO_4 (c,d) sebelum (a,c) dan setelah (b,d) penambahan inhibitor)

66

PENGARUH PEMBANGUNAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT TERHADAP BIODIVERSITAS ENDEMIK SULAWESI

Peneliti: Dr. Sitti Ramlah, S.Hut., M.Sc. Prof. Dr. Sc.Agr. Ir. Yusran, S.P., M.P. Dr. Moh Ihsan, S.Hut., M.Si

Tuduhan bahwa lahan perkebunan sawit di Indonesia berasal dari hutan primer (sebagai penyebab deforestasi) dan perkebunan sawit telah mengakibatkan penurunan keanekaragaman hayati adalah dua tuduhan penting dalam aspek lingkungan yang harus dibuktikan melalui metodologi ilmiah yang akurat dan sah. Selain dampak positif, terdapat juga dampak negatif seperti penelitian Muin (2013) yang menunjukkan bahwa perubahan lahan menjadi perkebunan kelapa sawit akan berdampak terhadap kehilangan biodiversitas (biodiversity loss) khususnya pada biodiversitas endemik. Penelitian ini bertujuan untuk a) Mengidentifikasi asal-usul lahan sebelum perkebunan sawit dibuka. b) Mengidentifikasi dan menduga dampak perkebunan kelapa sawit terhadap komposisi jenis serta besaran kehilangan dan perolehan jenis biodiversitas endemik akibat perubahan tutupan lahan menjadi perkebunan kelapa sawit di Sulawesi Tengah. c) Menganalisis faktor penentu kehadiran biodiversitas.

Asal usul Status lahan seluruh PSB yang dikaji 80% bukan merupakan kawasan hutan saat HGU diterbitkan. pada saat sebelum dijadikan kebun sawit, seluruh status lahan yang diamati adalah berupa Hutan Tanaman Industri, Lahan perkebunan transmigrasi, kebun kelapa hybrida, dan kebun coklat.

Hasil penelitian pada seluruh lokasi diperoleh hasil sebagai berikut : (1) Hasil analisis vegetasi pada ketiga lokasi penelitian menunjukkan jumlah jenis tumbuhan endemik sebanyak 13 jenis yaitu *Antidesma celebicum*, *Areca vestiara* G, *Caryota rumphiana*, *Cinnamomum celebicum*, *Clitoria ternatea* L., *Ficus celebensis* Corner, *Garcinia celebica*, *Goniothalamus euneurus*, *Gonystylus macrophyllus*, *Korthalsia celebica*, *Licuala celebica*, *Melicope celebica*, *Saurauia minahassae*; (2) Total jenis mamalia endemik yang

ditemukan pada lokasi penelitian sebanyak 10 jenis yaitu *Ailurops ursinus*, *Bubalus depressicornis*, *Cervus timorensis*, *Macaca tonkeana*, *Macrogalidia musschenbroekii*, *Maxomys hellwaldii*, *Mops sarasinorum*, *Rubrisciurus rubriventer*, *Sus celebensis*, *Tarsius dentatus*; (3) Total jenis burung endemik yang dijumpai di seluruh lokasi penelitian berjumlah 15 jenis burung diantaranya *Centropus celebensis*, *Dicaeum celebicum*, *Nisaetus lanceolatus*, *Rhyticeros cassidix*, *Rhamphococcyx calyphorhynchus*, *Rhabdotorrhinus exarhatus*, *Amaurornis isabellina*, *macrocephalon maleo*, *turacoena manadensis*, *Trichastoma celebense*, *Mulleripicus fulvus*, *Tyto rosenbergii*, *Loriculus stigmatus*, *Spilornis rufipectus*, *Eudynamis melanorhynchus*; (4) Keanekaragaman jenis herpetofauna endemik di 3 PSB terhitung sebanyak 11 jenis endemik, yang terdiri dari *Amphisma celebicum*, *Hydrosaurus celebensis*, *Ingerophrynus celebensis*, *Leucocephalon yuwonoi*, *Limnonectes grunniens*, *Papurana celebensis*, *Polypedates iskandari*, *Varanus melinus*, *Black Boiga dendrophila*. (5) Total jenis kupu-kupu yang dijumpai di seluruh lokasi penelitian berjumlah 28 jenis kupu-kupu endemik sulawesi yaitu *Amathusia phidippus celebensis*, *Caleta celebensis*, *Charaxes affinis*, *Cirrochroa thule*, *Elodina sota*, *Elymnias cumaea*, *Elymnias hewitsoni*, *Elymnias hicetas*, *Euploea eupator*, *Euthalia amanda*, *Faunis menado klados*, *Graphium monticolus*, *Idea blanchardii*, *Ideopsis vitrea*, *Junonia intermedia*, *Lamasia lycides*, *Lohora haasei*, *Moduza libnites*, *Neptis ida celebensis*, *Orsotriaena jopas*, *Pachliopta polyphontes*, *Papilio gigon*, *Parantica cleona*, *Pareronia tritaea*, *Parthenos sylvia saltentia*, *Psyconotis piepersii*, *Symbrenthia hippalus*, *Ypthima nynias*. Walaupun tidak masuk dalam taksa yang diteliti, ditemukan jenis biota perairan endemik Sulawesi pada ketiga PSB yaitu ikan sidat/masapi (*Anguilla celebensis*).

Pengaruh Pembangunan Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Biodiversitas Endemik Sulawesi

No. Kontrak : PRJ-90/DPKS/2023

LATAR BELAKANG

- Perkebunan kelapa sawit dapat berdampak terhadap keberadaan keanekaragaman biodiversitas Sulawesi

TUJUAN PENELITIAN

Asal-usul lahan sebelum perkebunan sawit dibuka, dampak perkebunan kelapa sawit terhadap komposisi jenis biodiversitas endemik akibat perubahan tutupan lahan menjadi perkebunan kelapa sawit di Sulawesi Tengah

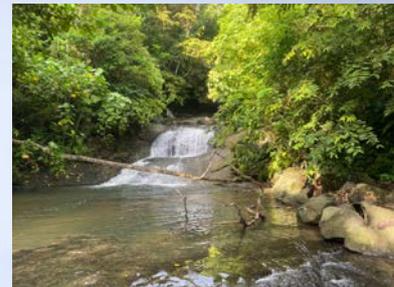
HASIL PENELITIAN

ASAL USUL LAHAN SEBELUM PERKEBUNAN SAWIT

PT. Hardaya Inti Plantation : HPH PT.Intraka
 PT. Tamaco Graha Krida : Kebun Rakyat dan Lahan Transmigrasi
 PT. Kurnia Luwuk Sejati : Hutan Tanaman Industri Milik PT. BHP

BIODIVERSITAS ENDEMIK

TUMBUHAN : 13 JENIS
 HERPETOFAUNA : 11 JENIS
 MAMALIA : 10 JENIS
 BURUNG : 15 JENIS
 KUPU-KUPU : 28 JENIS
 BIOTA AIR : 1 JENIS



AREAL NKT



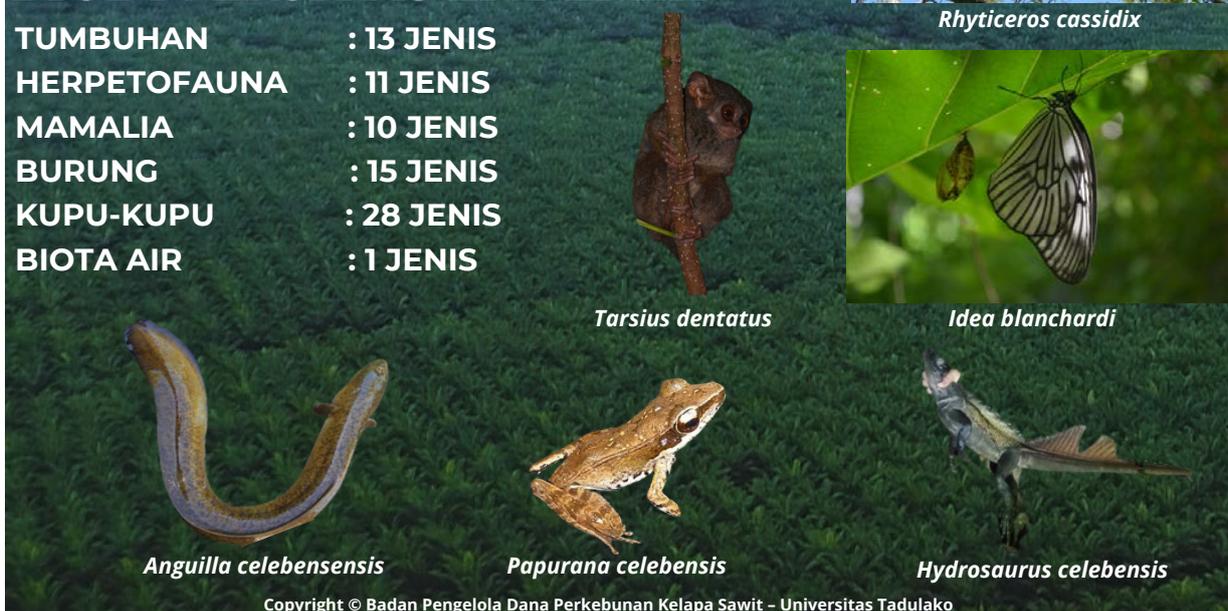
Eucalyptus radiata



Rhyticeros cassidix



Idea blanchardi



Tarsius dentatus

Anguilla celebensis

Papurana celebensis

Hydrosaurus celebensis

Copyright © Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit – Universitas Tadulako

67

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI GULA CAIR DARI BATANG SAWIT TUA UNTUK Mendukung PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT

Peneliti: Dr. Siti Nurdjanah

Potensi batang kelapa sawit tua (umur tanam ± 30 tahun) yang dihasilkan dari perkebunan pada periode waktu replanting dapat dimanfaatkan dengan diambil niranya. Satu batang sawit tua dapat menghasilkan nira sawit sebanyak 100L nira dengan proses pengepresan. Apabila dalam per hektarnya terdapat ± 100 batang sawit berarti nira yang bisa dihasilkan perhektarnya adalah 10.000L/ha, dengan umur produktif tanaman ± 30 tahun, luas lahan perkebunan sawit yang sudah mencapai masa replanting sebanyak 3,33% dari 16,38jt ha (Dirjenbun, 2022) maka dapat diasumsikan terdapat 5.000.000.000 L nira yang bisa dimanfaatkan. Kandungan gula total nira batang kelapa sawit tua dapat mencair 17,60%.

Tingginya kadar gula nira batang kelapa sawit tua ini dapat dijadikan bahan baku gula cair. Pemanfaatan nira batang kelapa sawit tua menjadi gula cair merupakan salah satu alternatif untuk membantu mencukupi kebutuhan gula nasional sebagaimana dilaporkan oleh BPS (2022) bahwa konsumsi gula Nasional mencapai 6,48 juta ton sedangkan produksi hanya 2,35 juta ton. Hal ini menjadi peluang besar untuk petani dalam mendapatkan penghasilan tambahan selama masa replanting

Metode yang digunakan untuk produksi gula cair adalah sebagai berikut : Batang kelapa sawit yang tua ditebang, kemudian disadap nira nya dari bagian umbut (Metode I), atau ukuran gelondongan diperkecil hingga sekitar 3m panjangnya. Kemudian batang yang telah dipotong disimpan dalam ruang penyimpanan pada suhu (25 ± 5 °C), kelembaban relatif $75 \pm 5\%$ selama 4. Setelah itu, batang dikupas dan dicacah menjadi partikel-partikel kecil, kemudian dipres menggunakan screw press untuk mengekstrak nira (Metode II). Nira yang diperoleh disaring dengan kain saring 200 mesh dua lapis, kemudian diuapkan

hingga total padatan terlarut mencapai $\geq 70^\circ$ brix. erlakuan ini menghasilkan rendemen gula cair sebesar 24%, waktu pemanasan yang dibutuhkan sekitar 135 menit. Gula cair tersebut memiliki karakteristik pH 5,5, 72° brix, kadar abu 3,17%, total gula reduksi 87,82 g/100 g, total senyawa fenolik 872,7 mg/100 g, total flavonoid 28,42 mg/100 mg, aktivitas antioksidan DPPH sebesar 80,394% dan aktivitas antioksidan ABTS sebesar 89,300%. Perlakuan terbaik memiliki profil gula yang menunjukkan kadar glukosa, fruktosa dan sukrosa masing-masing sebesar 21,31%, 12,57% dan 8,66%, nilai IC50 sebesar 19,44 ppm (ABTS) dan 136,36 ppm (DPPH), Hidroksimetilfulfural (HMF) dan logam berat tidak terdeteksi serta serwarna coklat bening, rasa manis, tidak memiliki aftertaste pahit, dan penerimaan keseluruhan disukai oleh panelis, nilai kalori sebesar 232,86 k kalori /100 g dengan prediksi masa simpan selama 2 tahun. Berdasarkan asumsi asumsi tertentu, hasil perhitungan hasil NPV , IRR , Net B/C PBP menunjukkan usaha layak dilakukan.

Penelitian lanjutan masih perlu dilakukandengan menggunakan bahan baku batang kelapa sawit dari berbagai lokasi, hal ini disebabkan oleh besarnya variasi kandungan kimia batang kelapa sawit; serta scaling up produksi dari skala laboratorium menjadi skala mini plant dengan kapasitas yang kami rancang sebesar 150-200 L gula cair per hari baik menggunakan metode penyadapan maupun pengepresan. Selain itu juga masih perlu dilakukan pengujian secara in vivo untuk dapat melakukan Claim bahwa produk aman dikonsumsi, mempunyai fungsi fisiologis, serta pengurusan sertifikasi produk seperti kehalalan serta ijin edar produk, serta uji preferensi konsumen.

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI GULA CAIR DARI BATANG SAWIT TUA UNTUK MENDUKUNG PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT

Batang kelapa sawit tua mengandung banyak air dan komposisi kimia seperti karbohidrat rantai pendek yang memiliki potensi sebagai sumber produksi gula



Hingga saat ini, peran gula sebagai pemanis masih di dominasi oleh gula pasir yang berasal dari nira tebu



Gula cair kelapa sawit merupakan gula alami rendah kalori dengan nilai indeks glikemik rendah sebesar 49,6 sehingga dapat menjadi alternatif pengganti gula untuk penderita obesitas dan diabetes



PROSES PEMBUATAN GULA CAIR

1 METODE PENYADAPAN



Nira Batang Kelapa Sawit Tua

Penderesan Nira Batang Kelapa Sawit Tua



Pemasakan Nira Sadap Batang Kelapa Sawit Tua



Gula cair nira sadap batang kelapa sawit tua



2 METODE PENGEPRESAN

Kelompok Peneliti

- 1 Dr. Siti Nurdjanah (081272453460)
- 2 Dr. Tanto P Utomo
- 3 M.Haviz, MT
- 4 Otik Nawansih, MP
- 5 Puspita Yuliandari, M.Si.
- Email : Siti.nurdjanah@fp.unila.ac.id

SPEKIFIKASI KANDUNGAN GULA CAIR

Properties	Nilai
Kadar Air (%)	38,64
Kadar Abu (%)	3,17
Kadar Protein (%)	8,65
Kadar Lemak (%)	0,02
Karbohidrat (%)	49,52
Sukrosa (%)	8,66
Fruktosa (%)	12,57
Glukosa (%)	21,31
Total Fenol (mg/100g)	872,78
Total Flavonoid (mg/100mg)	26,74
Total Antioksidan (ABTS)	89,30% IC 50 19,44 (Sangat Kuat)

KEMASAN PRODUK



DIVERSIFIKASI PRODUK

- Gula Lemon
- Gula Jahe
- Gula Kopi

INFORMASI NILAI GIZI JUMLAH PER SAJIAN 100 GRAM

Energi total	232,86 kkal
Lemak total	0,02 g
Protein	8,65 g
Karbohidrat total	49,52 g
Gula	49,52 g
Garam (natrium)	0 mg

68

PRODUKSI NANOPARTIKEL SILIKA BIOGENIK DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN RUBBER FOAM SOLE PADA BIOSNEAKERS

Peneliti: Hoerudin, Ph.D. dan Tim Periset

Tren produksi kelapa sawit Indonesia sebagai produsen terbesar di dunia terus meningkat. Peningkatan produksi kelapa sawit tersebut diikuti pula peningkatan volume limbah industri crude palm oil (CPO). Pemanfaatan cangkang dan sabut kelapa sawit sebagai sumber energi untuk menghasilkan uap, menyisakan limbah abu boiler yang umumnya belum banyak dimanfaatkan dan berpotensi menimbulkan risiko permasalahan lingkungan dan kesehatan, bahkan tidak jarang menjadi sumber pembiayaan untuk membuangnya. Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi produksi dan aplikasi nanopartikel silika dari abu boiler kelapa sawit (nanobiosilika) sebagai komponen produk rubber foam dan solid soles yang memenuhi persyaratan teknis fashion footwear.

Kegiatan yang dilaksanakan yaitu (1) perbaikan teknologi produksi nanobiosilika dari abu boiler sawit asal tiga pabrik kelapa sawit (PKS) dengan menggunakan bahan bermutu teknis pada skala laboratorium dan aplikasinya pada pembuatan rubber foam dan solid soles, (2) penentuan parameter kunci dan prosedur penanganan abu boiler sawit yang dapat diproses menjadi nanobiosilika dengan spesifikasi teknis sesuai kebutuhan sol karet, (3) penggandaan skala produksi nanobiosilika (kapasitas 30 L) menggunakan bahan bermutu teknis dan teknik sol-gel terpilih, (4) aplikasi nanobiosilika hasil penggandaan skala dan minyak inti sawit pada pembuatan rubber foam dan solid soles, (5) analisis kelayakan ekonomi produksi biosilika sawit, (6) pembuatan prototipe perekat berbahan nanobiosilika dari abu boiler kelapa sawit, dan (7) perbaikan pembuatan biosneakers dan uji preferensi konsumen terhadap produk biosneakers yang dihasilkan.

Hasil sementara menunjukkan abu boiler dari ketiga PKS memiliki rata-rata kandungan silika (SiO_2) cukup

bervariasi, yaitu PKS Condong Garut 51,69 %, PKS Cikasungka 53,38 %, dan PKS Kertajaya 59,11 %. Asam sitrat memiliki kemampuan terbaik dalam menghilangkan pengotor senyawa oksida dari abu boiler kelapa sawit dibandingkan asam asetat, asam glukonat, dan asam oksalat. Komponen teknologi proses gelas yang menghasilkan karakteristik produk nanobiosilika tergolong baik (kandungan SiO_2 cukup tinggi, ukuran pori seragam, luas permukaan spesifik tinggi, amorf, relatif murah) dan berpotensi untuk diuji pada penggandaan skala produksi, yaitu asam oksalat teknis dengan konsentrasi 0,5M, pH gelas 7 dengan lama inkubasi 6 jam.

Produk nanobiosilika dari abu boiler kelapa sawit yang diproduksi menggunakan bahan bermutu teknis dapat memiliki ukuran partikel <100 nm dengan kandungan/kemurnian SiO_2 mencapai 91%, luas permukaan spesifik sekitar 300m²/g, dan berstruktur amorf. Cara pembakaran sabut dan cangkang (sebagai bahan bakar boiler) di PKS yang berbeda dapat menghasilkan produk nanobiosilika dengan rendemen berbeda, tetapi kandungan SiO_2 dan karakteristik yang relatif sama. Berdasarkan karakteristik sol yang dihasilkan, nanobiosilika dari abu boiler kelapa sawit lebih sesuai digunakan sebagai bahan pengisi (filler) untuk produk sol karet berpori (rubber foam) dibandingkan untuk produk sol padat.

Prototipe biosneakers dengan komponen rubber foam dan solid soles berbahan nanobiosilika dari abu boiler sawit telah dibuat dengan konsep detachable dual sole, yaitu sepatu casual ramah lingkungan dengan dua sol (dalam satu alas kaki). Untuk aktivitas di dalam ruangan yang membutuhkan kondisi bersih, sol bagian bawah/terluar dapat dilepas. Sedangkan untuk aktivitas di luar ruangan, sol bagian bawah/terluar dapat dipasang (kembali).

PRODUKSI NANOPARTIKEL SILIKA BIOGENIK DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN *RUBBER FOAM SOLE* PADA *BIO Sneakers*

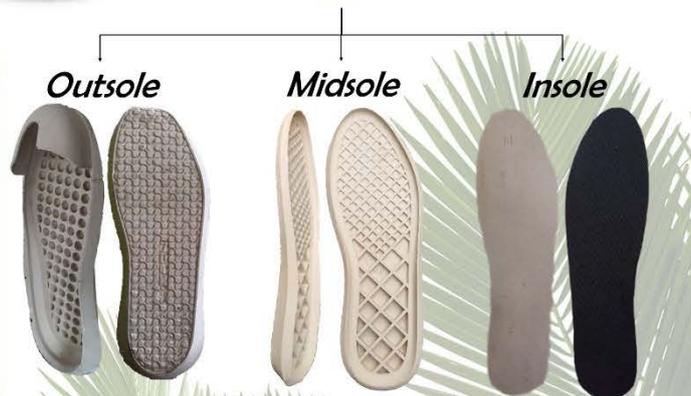
No. Kontrak: PRJ-25.10/DPKS/DIT.IV/2024

Teknologi produksi nanopartikel silika biogenik (nanobiosilika) dari abu boiler kelapa sawit dan aplikasinya sebagai komponen *rubber foam* dan *solid soles* pada produk sepatu *casual* ramah lingkungan (*biosneakers*)



KEUNGGULAN:

- Peningkatan nilai tambah & pengurangan masalah lingkungan
- Alternatif substitusi silika impor (meningkatkan TKDN)
- Sepatu ramah lingkungan dengan sol lentur, daya cengkeram & ketahanan sobek tinggi.



Detachable Dual Sole Biosneakers

69

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES KONVERSI TKKS MENJADI ASAM GLIKOLAT UNTUK INDUSTRI KOSMETIKA

Peneliti: Yudhi Dwi Kurniawan, Adid Adep Dwiatmoko, Wida Banar Kusumaningrum, Bernadeta Ayu Widyaningrum, Riska Surya Ningrum

Pasar industri kosmetika di Indonesia pada segmen produk perawatan kulit (skincare) mengalami peningkatan signifikan dan diproyeksikan akan menjadi pasar terbesar kelima di dunia pada 10-15 tahun ke depan. Asam glikolat sebagai komponen utama skincare masih diproduksi menggunakan bahan-bahan tidak terbarukan dan di Indonesia senyawa ini diperoleh secara impor. Untuk memenuhi kebutuhan asam glikolat di masa depan secara mandiri, diperlukan pengembangan proses produksi asam glikolat menggunakan bahan-bahan terbarukan.

Keberadaan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) di Indonesia yang melimpah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama untuk produksi asam glikolat melalui penggunaan katalis yang tepat. Hal ini sejalan dengan kebijakan industri Indonesia yang telah merumuskan strategi di bidang bahan baku obat dan kosmetika hingga pada produksi skala industri untuk kemandirian teknologi hilir dan bahan baku.

Asam fosfomolibdat telah diketahui dapat mengkatalisasi proses konversi selulosa komersial menjadi asam glikolat secara langsung. Melalui penelitian K-22, selulosa dari TKKS digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi asam glikolat. Empat parameter berupa temperatur (150, 180, 210 °C), jumlah katalis (5, 15, 25 mol%), tekanan gas oksigen (5, 7.5, 10 bar), dan waktu reaksi (45, 82.5, 120 menit) digunakan untuk menentukan kondisi optimum reaksi. Melalui desain riset Box-Behnken, sebanyak 27 eksperimen telah dilakukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah katalis, asam glikolat yang dihasilkan juga semakin tinggi untuk semua

kisaran temperatur, tekanan oksigen, dan waktu reaksi yang diterapkan. Untuk semua variasi jumlah katalis, tekanan oksigen, dan waktu reaksi, rendemen asam glikolat optimum diperoleh pada reaksi yang dilakukan pada temperatur 170-175 °C. Peningkatan tekanan oksigen dan waktu reaksi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap rendemen asam glikolat, tergantung pada faktor lain yang lebih dominan, yaitu jumlah katalis dan temperatur reaksi. Rendemen asam glikolat optimum diperoleh sebanyak 24% pada kondisi reaksi 180 °C, 25 mol% katalis, tekanan oksigen 7.5 bar, selama 45 menit.

Penelitian lanjutan untuk mengisolasi dan memurnikan asam glikolat perlu untuk dilakukan sehingga didapatkan senyawa dengan kemurnian yang sesuai untuk aplikasi sebagai bahan utama skincare.

Pengembangan Teknologi Proses Konversi TKKS Menjadi Asam Glikolat Untuk Industri Kosmetika

NO KONTRAK: PRJ-25.14/DPKS/DIT.IV/2024

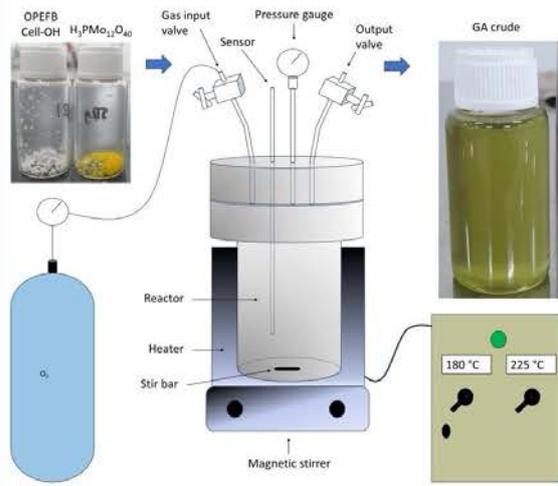
1. Tujuan

1. Menghasilkan diversifikasi produk berupa pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku sintesis asam glikolat yang berkelanjutan.
2. Melakukan peningkatan kapasitas produksi asam glikolat dan studi tekno-ekonominya.

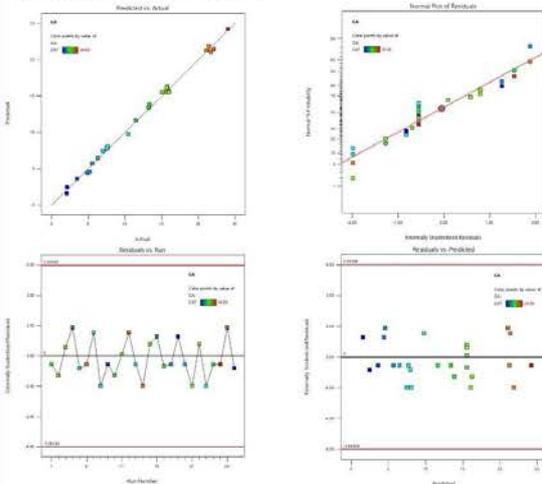
2. Isolasi Selulosa TKKS



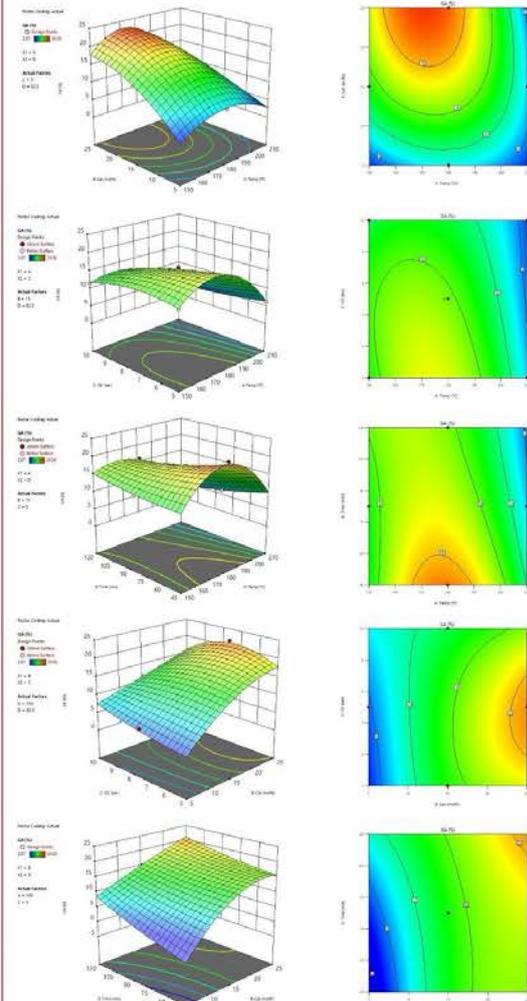
3. Selulosa TKKS → Asam Glikolat



4. Analisis Residual



5. Analisis Response Surface



6. Capaian Hasil (Tentatif)

1. Asam glikolat dengan rendemen optimal 24% (HPLC).

7. Kelompok Peneliti

1. Yudhi Dwi Kurniawan, Ph.D (Ketua)
085156361300
yudh010@brin.go.id
2. Adid Adep Dwiatmoko, Ph.D
3. Wida Banar Kusumaningrum, M.Eng
4. Bernadeta Ayu Widyaningrum, M.Si
5. Riska Surya Ningrum, M.Sc

70

PEMANFAATAN BIOTEXTILE LIMBAH TKKS SEBAGAI MULSA PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DAN REVEGETASI LAHAN TERDEGRADASI

Peneliti: Ir. Budi Rahayu

Degradasi lahan adalah proses penurunan produktivitas lahan, baik yang sifatnya sementara maupun tetap, dicirikan dengan penurunan sifat fisik, kimia dan biologi. Lahan terdegradasi dalam definisi lain sering disebut lahan tidak produktif, lahan kritis, atau lahan tidur yang dibiarkan terlantar tidak digarap dan umumnya ditumbuhi semak belukar. Berdasarkan peta dan data lahan kritis nasional tahun 2022, luas lahan kritis nasional di Indonesia tahun 2022 adalah 12.744.925 Ha, dengan rincian dalam kawasan hutan seluas 7.410.751 Hektar, dan di luar kawasan hutan seluas 5.334.174 Ha.

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Berdasarkan data statistik perkebunan unggulan nasional 2020-2022 luas perkebunan sawit di Indonesia mengalami peningkatan sejak 2016 hingga 2022 dan produksi kelapa sawit nasional terus naik hingga tahun 2022. Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian RI pada tahun 2022 limbah TKKS di Indonesia yang dihasilkan mencapai 51 juta ton. Untuk alasan ini, konversi limbah biomassa menjadi produk yang lebih bermanfaat perlu diteliti. Disebutkan oleh Mangoensoekarjo dan Semangun (2005) TKKS merupakan limbah padat yang terbuang dari proses pemisahan tandan rebus dari buahnya TKKS mengandung unsur hara dan bahan organik yang cukup tinggi sehingga TKKS dapat digunakan sebagai pupuk dan bahan ameliorant. Manfaat TKKS antara lain meningkatkan KTK (Kapasitas Tukar Kation) dan pH tanah, mengandung unsur N = 0,74 – 0,98 % P = 0,06 – 0,07%, K = 2,10 – 2,18%, Mg = 0,13 – 0,17. Selain itu TKKS dapat berperan sebagai mulsa dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah.

Mengingat potensi dan karakteristik TKKS tersebut di atas maka riset dan inovasi diajukan sebagai salah satu upaya penanganan limbah padat di perkebunan kelapa sawit, menjadi bentuk yang bernilai ekonomi tinggi sebagai bahan baku pembuatan Biotextile yang dapat diaplikasikan sebagai mulsa pada perkebunan kelapa sawit karena memiliki fungsi mengurangi laju evaporasi, menghambat pertumbuhan gulma, menjaga kelembaban tanah, menjaga kestabilan mikroba tanah, mengurangi pencucian unsur hara oleh hujan, mengurangi serangan hama, mengurangi erosi dan meningkatkan C-Organik tanah. Pada lahan-lahan terdegradasi aplikasi Biotextile dapat untuk pengurangan laju aliran permukaan, erosi, longsor dan sedimentasi.

Metodologi singkat pengolahan TKKS menjadi Biotextile melalui karakterisasi TKKS, pencacahan dan pencetakan beberapa varian prototipe kepingan Biotextile, pengujian prototipe, pemilihan prototipe, pencetakan prototipe terpilih dan pengujian prototipe terpilih untuk mulsa kelapa sawit maupun penutupan lahan terdegradasi dalam rangka pengurangan laju erosi maupun untuk mempercepat terjadinya suksesi.

Kemajuan kegiatan yang telah dicapai yaitu pengujian sebagian parameter karakter TKKS, merencanakan pembuatan varian Biotextil berbahan baku TKKS dan pembuatan sebagian varian Biotextile yang direncanakan.

Pemanfaatan Biotextile Limbah TKKS sebagai Mulsa pada Perkebunan Kelapa Sawit dan Revegetasi Lahan Terdegradasi

Nomor: PRJ-25.3/DPKS/DIT.IV/2024
 Nomor: B-4021/III.5/TK.4/2/2024



Latar Belakang

Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu produk sampingan dari industri kelapa sawit yang berpotensi untuk dimanfaatkan. Dengan memanfaatkan TKKS sebagai biotextile, dapat mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah ini, sekaligus memberikan nilai tambah bagi petani.

Dampak negatif lahan Terdegradasi

Lahan terdegradasi menjadi masalah serius dalam pertanian dan perkebunan, termasuk kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan solusi melalui revegetasi menggunakan mulsa TKKS, yang diharapkan dapat memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan kesuburan.

Relevansi dengan keberlanjutan

Penggunaan biotextile dari limbah TKKS tidak hanya berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan upaya global untuk mengurangi limbah dan mempromosikan pemanfaatan sumber daya secara efektif.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi manfaat penggunaan limbah TKKS sebagai mulsa untuk pertanian dan perkebunan. Penelitian juga bertujuan mendapatkan penutup lahan terdegradasi terbuka untuk mencegah erosi dan mempercepat proses suksesi. Dengan memahami karakteristik dan dampak positifnya, diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi petani.

Metode Penelitian

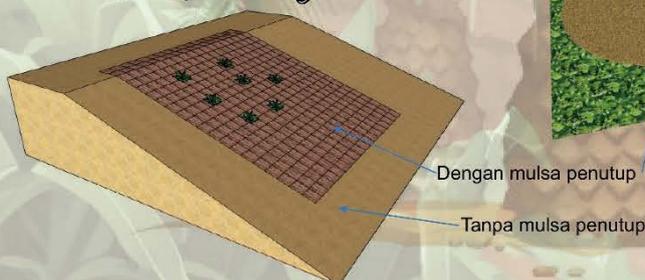


Progress Penelitian

1. Pengadaan alat press dan molding
2. Karakterisasi fisik bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan melakukan pengujian Water Holding Capacity (WHC).
3. Pengolahan fisik bahan baku TKKS dengan beberapa metode yaitu: 1) Pengomposan TKKS; 2) Pencacahan TKKS; dan 3) Perendaman
4. Pencetakan tile (mulsa penutup permukaan) berbagai variasi komposisi bahan dengan ukuran cetak 30x30x(2-3,5)cm

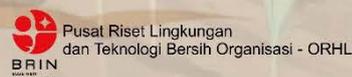


Rencana Aplikasi di Lapangan



Kontak Person

- Ir. Budi Rahayu - PRLTB 081284874588 (budi001@brin.go.id)
 - Nana Sudiana, MSI - PRLTB 08129980706 (nana011@brin.go.id)
 - Nur Hidayat, MSI - PRLTB 081111887519 (nurh008@brin.go.id)



71

EPOXIDIZED-PALM OLEIN-METHYL ESTER (EP-POL-ME) MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SEBAGAI PLASTISIZER PADA ARTIFICIAL LEATHER

Peneliti: Ratri Retno Utami; Muh Wahyu Sya'bani; Andri Saputra; Pani Satwikanitya; Lutfi Auliya Indahwati; Danuraja Ilmannafia

Kebutuhan akan plastisizer berbasis ftalat sebagian besar masih diimpor. Ftalat, yang merupakan turunan dari minyak bumi, memiliki dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan, sehingga diperlukan alternatif penggantinya. Palm olein (POI), yang dihasilkan dari pemurnian minyak kelapa sawit, digunakan untuk memproduksi metil ester POI (POI-ME) terepoksidasi (Ep-POI-ME) sebagai plastisizer. Penelitian ini menghasilkan teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk pembuatan Ep-POI-ME, serta menghasilkan prototipe aplikasi Ep-POI-ME pada kulit sintetis. Riset ini memberikan kontribusi signifikan baik untuk industri pengolahan kelapa sawit maupun industri kulit sintetis. Pemanfaatan POI merupakan langkah dalam pengembangan penggunaan bahan oleokimia untuk produk-produk konsumsi. Kontribusi untuk industri kulit sintetis terletak pada pengembangan plastisizer. Penelitian ini mendukung program substitusi impor dengan menggunakan plastisizer berbasis POI untuk menggantikan plastisizer berbasis ftalat, sehingga mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Proses transesterifikasi POI dilakukan menggunakan katalis basa untuk menghasilkan POI-ME, sedangkan epoksidasi POI-ME dilakukan menggunakan asam asetat dan hidrogen peroksida. Kondisi optimal dari proses epoksidasi ditentukan dengan menggunakan Response Surface Methodology (RSM). Kondisi terbaik ini diukur berdasarkan data konversi ester menjadi minyak epoksi dan nilai oksirannya.

Tahap transesterifikasi melibatkan pemilihan bahan baku berdasarkan nilai bilangan iod tertinggi dan

bilangan asam terendah. Tahap berikutnya adalah transesterifikasi menggunakan katalis basa 1% (NaOH, KOH). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rasio molar minyak 1:6 dan dengan katalis KOH, diperoleh rendemen tertinggi sebesar 95%. Komposisi asam lemak POI-ME sebagian besar terdiri dari asam lemak tak jenuh oleat (C18:1) sebesar 49%, yang menunjukkan potensinya sebagai bahan baku minyak epoksi (plastisizer). Asam lemak oleat ini yang menjadi target utama dalam pembentukan gugus epoksi.

Reaksi epoksidasi dipengaruhi oleh tiga variabel: konsentrasi hidrogen peroksida (55, 60, 65 mL), waktu refluks (4, 6, 8 jam), dan suhu refluks (55, 60, 65 °C). Hasil analisis RSM menunjukkan kondisi terbaik pada konsentrasi H₂O₂ 65 mL, waktu proses 8 jam, dan suhu 65 °C dengan bilangan oksiran yang dihasilkan adalah 3% dan konversi 94%. Bilangan oksiran minyak epoksi komersial (Epoxidized Soy Bean Oil) adalah 7%, sehingga diperlukan peningkatan bilangan oksiran pada EP-POI-ME melalui pencampuran dengan minyak yang memiliki bilangan iod tinggi, seperti minyak kemiri.

Ep-POI-ME dengan bilangan oksiran tertinggi kemudian diaplikasikan dalam pembuatan artificial leather/kulit sintetis. Substitusi Diisononyl Phthalate (DINP) dengan Ep-POI-ME dilakukan pada lapisan atas dan dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit sintetis dengan substitusi 15 phr pada lapisan atas dan 30 phr pada lapisan dasar memiliki kekuatan tarik dan elongasi terbaik. Penelitian lanjutan akan melibatkan peningkatan bilangan oksiran melalui pencampuran dengan minyak kemiri, perhitungan tekno-ekonomi, serta uji stabilisasi baik pada minyak epoksi maupun kulit sintetis.

Epoxidized-Palm Olein-Methyl Ester (Ep-POI-ME) Menggunakan Katalis Asam Sebagai Plastisizer Pada Artificial Leather

Nomor Kontrak: PRJ-25.7/DPKS/DIT.IV/2024

Tujuan Penelitian

- 1 Mengembangkan senyawa ester yang diepoksidasi sebagai plastisizer dengan bahan baku berupa palm olein (POI)
- 2 Mengaplikasikan plastisizer Ep-POI-ME pada artificial leather

Capaian Hasil Penelitian

A. Transesterifikasi POI

- Menggunakan katalis basa 1% (NaOH, KOH)
- Rendemen tertinggi 95% pada rasio molar minyak 1:6 dan dengan katalis KOH
- Komposisi asam lemak POI-ME sebagian besar terdiri dari asam lemak tak jenuh oleat (C18:1) sebesar 49%

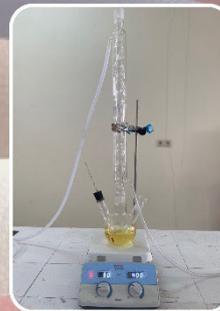
B. Epoksidasi POI-ME

- Tiga variabel: konsentrasi hidrogen peroksida (55, 60, 65 mL), waktu refluks (4, 6, 8 jam), dan suhu refluks (55, 60, 65 °C)
- Analisis RSM: Kondisi terbaik (bilangan oksiran 3% dan konversi 94%) pada konsentrasi hidrogen peroksida 65 mL, waktu proses 8 jam, dan suhu 65 °C

C. Aplikasi Pada Artificial Leather

- Substitusi Diisononyl Phthalate (DINP) dengan Ep-POI-ME dilakukan pada lapisan atas dan dasar artificial leather
- Artificial leather dengan substitusi 15 phr pada lapisan atas dan 30 phr pada lapisan dasar memiliki kekuatan tarik dan elongasi terbaik

Gambaran Penelitian

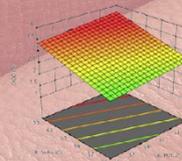


Transesterifikasi & Epoksidasi

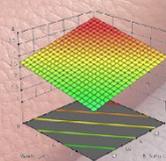


Pembuatan Artificial Leather

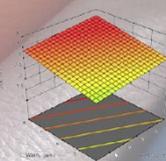
Analisis RSM



H2O2 vs Suhu untuk respon OOC (Faktor Waktu)



Suhu vs Waktu untuk respon OOC (Faktor H2O2)



H2O2 vs Waktu untuk respon OOC (Faktor Suhu)

Aplikasi Ep-POI-ME Pada Artificial Leather



Tim Peneliti



Ketua:

Dr. Ratri Retno Utami, S.TP, M.T

Anggota:

Muh Wahyu Sya' bani, ST, M.Eng

Andri Saputra, M.Eng

Pani Satwikanitya, M.Eng

Luthfi Auliya Indahwati

Danuraja Ilmannafia

Aplikasi Artificial Leather (Ep-POI-ME) Pada Upper Sepatu



Didanai oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Kementerian Keuangan



Sosial/Ekonomi/Manajemen/Pasar/ Teknologi Informasi dan Komunikasi

72

INTEGRASI SISTEM DETEKSI SIDIK JARI BERBASIS SPASIAL ORIGIN DENGAN KARAKTERISTIK SOSIAL EKONOMI PETANI UNTUK KEBERLANJUTAN MINYAK SAWIT INDONESIA (I-SEURAMOE)

Peneliti: Ahmad Humam Hamid, Agus Nugroho, Fajri, Agussabti, Hesti Meilina, Muyassir, Muhammad Rusdi, Akhmad Baihaqi, Litna Nurjannah Ginting

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi praktik inovatif dalam pengembangan kelapa sawit berkelanjutan di Indonesia, khususnya di wilayah Aceh. Fokus penelitian meliputi tantangan penerapan standar sertifikasi sawit, terutama ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil), serta penerapan teknologi dalam mendeteksi karakteristik sawit melalui pendekatan ilmiah, seperti fingerprint analysis. Data dikumpulkan dari empat kabupaten di Aceh, dengan sampel tanah, buah, dan partisipasi petani sawit sebagai subjek utama. Tantangan signifikan yang dihadapi adalah rendahnya tingkat partisipasi dan pengetahuan petani terkait standar keberlanjutan, serta lemahnya data terkait kondisi lahan dan produktivitas.

Pada tahun pertama, penelitian ini telah mencapai beberapa capaian penting, termasuk analisis kimia tanah dan minyak sawit, pembuatan database spasial berbasis GIS, serta Focus Group Discussion (FGD) di empat kabupaten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa status kesuburan lahan di perkebunan sawit rakyat umumnya rendah, yang berdampak pada rendahnya produktivitas sawit. Selain itu, terdapat potensi diskriminasi yang memisahkan pola fingerprint sawit berdasarkan wilayah tertentu, memberikan peluang besar untuk pengembangan sistem keterlacakan (traceability) yang lebih kuat di masa depan.

Penelitian ini juga mencakup pengembangan aplikasi mobile yang dirancang untuk mendeteksi fingerprint region dari minyak kelapa sawit menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN). Aplikasi ini bertujuan untuk memberikan deteksi awal yang cepat dan akurat dalam mengidentifikasi pola sidik jari sawit berdasar-

kan citra yang diambil dari sampel buah atau minyak sawit. Dengan menggunakan teknologi deep learning dan FLIR image dari 77 lokasi di Aceh, aplikasi ini mampu mencapai akurasi sebesar 84%.

Aplikasi mobile ini memanfaatkan kemampuan algoritma CNN untuk memproses data citra thermal dari buah sawit, sehingga memungkinkan identifikasi cepat terhadap pola sidik jari yang spesifik. Hasil dari aplikasi ini memberikan deteksi awal yang dapat digunakan sebagai langkah pertama dalam proses keterlacakan (traceability), sebelum dilakukan analisis laboratorium lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi. Langkah selanjutnya dari pengembangan aplikasi ini adalah mengintegrasikannya dengan sistem database spasial berbasis GIS yang sudah dikembangkan dalam penelitian, sehingga informasi hasil deteksi dapat langsung diolah dan dibandingkan dengan data spasial lainnya.

Kesimpulan dari penelitian ini menggarisbawahi pentingnya akselerasi penerapan ISPO melalui kemitraan antara petani, perusahaan, dan pemerintah. Akses terhadap legalitas lahan, penggunaan bibit bersertifikat, serta partisipasi aktif petani dalam program replanting (PSR) menjadi faktor kunci dalam mencapai keberlanjutan sawit. Penelitian ini juga merekomendasikan optimalisasi program kemitraan dan penyediaan dana pendamping untuk meningkatkan partisipasi petani dalam upaya peremajaan sawit, serta sosialisasi program legalitas lahan melalui instansi terkait.

INTEGRASI SISTEM DETEKSI SIDIK JARI BERBASIS SPASIAL ORIGIN DENGAN KARAKTERISTIK SOSIAL EKONOMI PETANI UNTUK KEBERLANJUTAN MINYAK SAWIT INDONESIA (I-SEURAMOE)

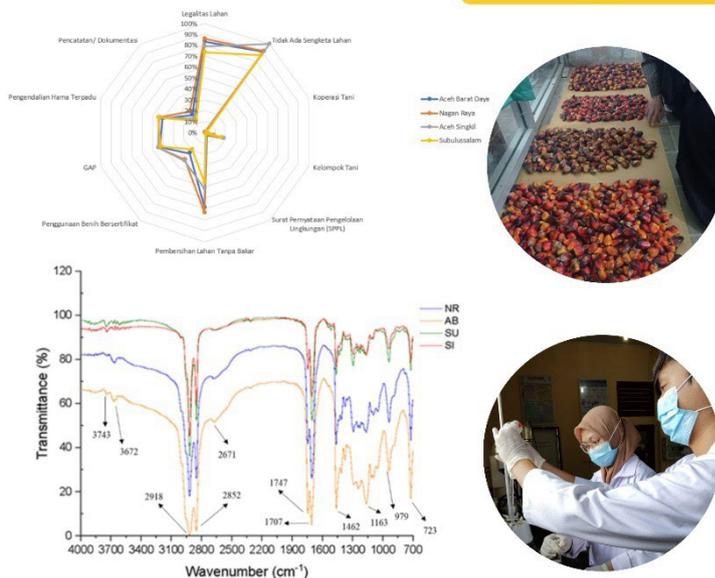
PUSAT RISET PEMBANGUNAN PEDESAAN DAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

PROBLEM

Pertama, kelemahan umum pelaku perkebunan sawit di Indonesia adalah minimnya data valid baik dari aspek penggunaan lahan maupun produksi sawitnya.

Kedua, terdapat gap penerapan standar di berbagai level pemerintahan, bisnis serta rumah tangga petani.

Ketiga, penggunaan bukti ilmiah (teknologi, sidik jari, digitalisasi) serta pendekatan spasial masih sangat kurang dilakukan.



RESULT

Rendahnya pengetahuan petani tentang legalitas lahan dan izin usaha menghambat penerapan sertifikasi ISPO/RSPO. Kemitraan antara petani, perusahaan, dan pemerintah diperlukan untuk mempercepat sertifikasi.

Kesuburan lahan perkebunan sawit di Aceh Barat Selatan rendah akibat kejenuhan basa dan kadar K₂O yang rendah, mengurangi produktivitas sawit.

Rendemen minyak sawit berkisar antara 32,75% hingga 49,90%, dengan minyak dari Subulussalam dan Aceh Singkil masih memenuhi standar mutu SNI.

Pola spektrum minyak sawit menunjukkan kesamaan komposisi kimia, meski ada perbedaan konsentrasi senyawa berdasarkan nilai transmitansi.

Analisis PCA menunjukkan variasi lebih besar pada rentang 4000-400 cm⁻¹ dibandingkan 1500-400 cm⁻¹, mencerminkan perbedaan konsentrasi senyawa kimia.

Aplikasi mobile berbasis CNN dikembangkan untuk deteksi awal fingerprint region sawit dengan akurasi 84%, mendukung keterlacakan dan sertifikasi keberlanjutan.



73

PENGEMBANGAN MODEL NEW MARKET ENTRY CAPABILITY DENGAN PRODUCT INNOVATIVENESS, BRAND RESONANCE DAN MARKETING CAPABILITY PADA INDUSTRI SAWIT BERKELANJUTAN

Peneliti: Nina Fapari Arif, Fathi Habibatur Rahman, Andi Harmoko Arifin, Irawati HM, A. Anwar, Muhammad Tharmizi Junaid

Penelitian ini mengkaji fenomena industri sawit berkelanjutan di Indonesia dengan mengambil responden multiperspektif menggunakan pendekatan Pentahelix (Pemerintah: Pemerintah Daerah, dan Dinas Terkait), Akademisi (Peneliti sawit), Praktisi (Pengusaha, Manajer Pemasaran, Manajer Produksi), dan Media). Tahap awal dilakukan dengan survey dan observasi pada fenomena sawit di Indonesia. Dilanjutkan pada proses FGD dengan tema "Peluang Pasar Baru Industri Sawit berkelanjutan" dengan tujuan melakukan eksplorasi agar hasil penelitian yang diperoleh lebih komprehensif dalam pengambilan kebijakan untuk pasar baru yang potensial.

Strategi Pasar Baru dengan pendekatan Product Innovativeness, Brand Resonance dan Marketing Capability dapat dikembangkan pada industri hilir untuk mendukung sawit berkelanjutan. Hal tersebut didukung dengan upaya menciptakan ekosistem pada industri sawit dengan mengoptimalkan semua unsur pada sawit untuk dapat dikembangkan menjadi sesuatu yang bernilai ekonomi. Hasil survey responden menunjukkan industri hilir dengan Product Innovativeness : Bidang perkakas rumah tangga, Pakan ternak, peralatan pendukung distribusi, peralatan dalam pengolahan, diferensiasi produk sawit, kebutuhan rumah tangga (sabun), kosmetik. Brand Resonance : Media Sosial, Web Perusahaan, Iklan secara konvensional, Konten marketing, promosi penjualan, Co-Branding, Event, Media Elektronik, Packging yang menarik, menjaga kualitas produk, Evaluasi merek, Konten edukasi. Marketing Capability: pada industri hilir sawit kinerja pemasaran berfokus pada market size sebesar 60% Saluran distribusi 100%, target pasar sebesar 80%, mengikuti tren pasar sebesar 80%, faktor pendukung sebesar 40 % dan Tingkat profitabilitas sebanyak 20%. Saat ini industri Sawit semakin

berkembang untuk memenuhi permintaan pasar Domestik, Regional, Nasional dan International. Namun kendala dalam Competitive Price adalah harga tidak stabil dan rantai pasok yang cukup Panjang dari pekebun sampai ke PKS.

Kampanye negatif sawit diminimalisir dengan meningkatkan brand resonance dengan mengkampanyekan Zero Waste dan peningkatan nilai ekonomi industri sawit diberbagai sektor industri hilir dengan kampanye edukasi. Selain itu merampingkan regulasi dengan adanya integrasi yang saling terhubung antara stakeholder. Para stakeholder berupaya memperhatikan evaluasi kapabilitas sumber daya pada sektor indistri sawit. Perusahaan pada industri hulu harus melakukan penilaian dan evaluasi kapabilitas sumberdaya dengan memperhatikan dan menjaga ekosistem lingkungan dan melakukan pelestarian, melakukan analisis kebutuhan pasar, menganalisa sistem perusahaan untuk dapat memberikan produksi yang berkecukupan.

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan Matriks McKinsey pada perusahaan pengolahan sawit, PKS Non Kebun, Packaging, menunjukkan hasil posisi pasar yang potensial dalam peningkatan ekspor di industri hulu dan pengembangan industri lokal di pasar domestik maupun pasar luar negeri. Berdasarkan sumberdaya yang dimiliki di Indonesia Posisi kuadran pasar baru berada pada kemampuan berkompetisi dan daya tarik industri yang kuat. Sehingga pengembangan pasar baru (New Market Entry) sangat potensial. Pasar baru dapat dikembangkan dari hasil inovasi produk dan diferensiasi produk turunan sawit. Tahap selanjutnya akan melakukan survey kuantitatif agar hasil penelitian lebih representatif dan terukur

74

BIAYA SOSIAL DAN LINGKUNGAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT: PERSPEKTIF MASYARAKAT LOKAL DI KABUPATEN MERAUKE

Peneliti: Dr. Alexander Phuk Tjilen, SE., M.Si; Prof. Dr. Ir. August Ernst Pattiselano, M.Si; Maria Maghdalena Diana Widiastuti, S.Si., M.Si; Diana Sri Susanti, SP., MP; Ruloff Fabian Yohanis Waas, SH., MH

Perkebunan kelapa sawit telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam kue perekonomian negara. Namun demikian, tekanan terhadap perkebunan kelapa sawit juga tinggi dan menimbulkan konflik sosial baik vertikal maupun horizontal. Sejatinnya, komitmen PKS terhadap tanggungjawab sosial dan masalah lingkungan (TJSL) melalui biaya sosial dan lingkungan dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk meredam isu dan konflik tersebut. TJSL dapat digunakan sebagai proxy untuk mitigasi konflik. Tujuan penelitian ini untuk mengestimasi berapa biaya social dan lingkungan yang perlu dipersiapkan oleh perusahaan untuk konteks lokasi di Papua dari 2 perspektif yaitu pihak perusahaan dan masyarakat terdampak.

Metode penelitian menggunakan pendekatan CVM dengan mencari nilai WTA (Willingness to accept) dan WTP (Willingness to pay). Pengambilan data dengan survey, KII (Key indepth interview), FGD (Focus Group Discussion) dan PRA (Participatory Rural Appraisal). Jumlah sampel survey 108 orang dari 6 kampung terdampak di 3 PKS (Perusahaan Kelapa Sawit) sampel.

Komponen kegiatan bidang social dapat diidentifikasi dengan mudah baik oleh PKS maupun masyarakat. Terkonfirmasi dengan benar, walaupun masyarakat mengeluhkan beberapa hal terkait keterlambatan, besaran yang tidak sesuai, kegiatan sudah distop, dan sebagainya. Komponen kegiatan bidang lingkungan sudah banyak dilakukan oleh PKS namun masyarakat mengatakan tidak ada kegiatan lingkungan. Maka perlu pelibatan lebih banyak masyarakat dalam kegiatan lingkungan sehingga paham dan turut berpartisipasi menjaga hutan dan alam milik mereka sendiri.

Biaya social yang diproyeksi dengan dana TJSL berkisar Rp103.758.179 – 3.106.907.713 per tahun, atau sebesar 9 hingga 258 juta/bulan, sedangkan untuk biaya lingkungan per bulan sebesar Rp230.985.242,00 hingga Rp4.094.932.265,00. Nilai dugaan WTP PKS berkisar Rp178.292,00 – 2.048.537,00 per bulan per kk. Sementara nilai dugaan WTA berkisar Rp6.687.879 – 11.648.649,00 per bulan per kk. Masih terdapat gap yang cukup tinggi antara nilai WTA dan WTP.

Pemberian nilai WTA ini cenderung berada di atas nilai expenditure dan income rumah tangga. Namun tidak signifikan dipengaruhi oleh variabel independent seperti jenis kelamin, tingkat pendidikan, usia dan pendapatan rumah tangga. Bagan hubungan kelembagaan menunjukkan bahwa lembaga yang memiliki peran penting bagi masyarakat adalah gereja dan lembaga adat. Namun yang dekat dengan masyarakat yaitu gereja dan bamuskam. Posisi perusahaan dan koperasi memiliki urutan peran penting kedua tetapi diletakkan jauh dari masyarakat. Hal ini dapat menjadi pertimbangan PKS agar lebih mendekatkan diri pada masyarakat dan menggunakan lembaga yang penting dan dekat dengan masyarakat untuk membuka komunikasi dengan masyarakat ataupun untuk pelaksanaan program. Rekomendasi kegiatan TJSL dengan masyarakat sebaiknya untuk memenuhi kebutuhan dasar masyarakat pemilik hak ulayat dan bersifat rutin dan berkelanjutan. Nilai TJSL sebaiknya ditingkatkan untuk membangun image positif di masyarakat, bila perlu menggunakan kekuatan media untuk membangun image tersebut. Membangun penokohan di tingkat karyawan agar komunikasi dengan masyarakat terbangun dengan baik.



KELOMPOK GRANT RESEARCH SAWIT TAHUN 2023 (GRS K-23)

BIAYA SOSIAL DAN LINGKUNGAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT: PERSPEKTIF MASYARAKAT LOKAL DI KABUPATEN MERAUKE

Kelompok Peneliti:

Dr. Alexander Phuk Tjilen, SE., M.Si (Ketua Peneliti), Prof. Dr. Ir. August Ernst Pattiselano, M.Si, Mana Maghdalena Diana Widiastuti, S.Si., M.Si, Diana Sri Susanti, SP., MP, Roluff, Fabian Yohanis Waas, SH., MH
 NOMOR: PRJ-93/DPKS/20; NOMOR: 349.1/UN52.0/PKS/2023

LATAR BELAKANG



RUMUSAN DAN TUJUAN PENELITIAN

1. Apa saja kegiatan sosial dan lingkungan yang sudah dilakukan PKS?
2. Berapa biaya yang sudah dikeluarkan PKS untuk kegiatan sosial dan lingkungan?
3. Apa saja kegiatan sosial dan lingkungan yang direncanakan oleh masyarakat?
4. Berapa biaya yang ingin diterima oleh masyarakat sebagai penerima dampak perubahan sosial dan lingkungan dan aktivitas PKS?
5. Apa saja factor factor yang mempengaruhi pembentukan nilai kesediaan membayar (WTA)?
6. Skalabilitas upaya apa yang berperan dalam proses pembangunan di masyarakat?

METODOLOGI

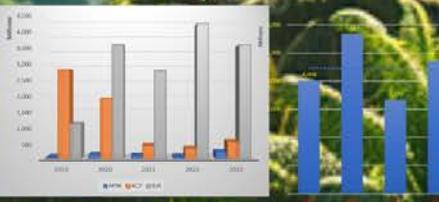


- PKS Sample**
- PT. BIA
 1. Kampong Sali, Distrik Miling
 2. Kampong Kintiki
 - PT. AC
 1. Kampong Miling
 2. Kampong Darat, Distrik Ulijan
 - PT. APM
 1. Kampong Bupid
 2. Kampong Palay, Distrik Ekabuti

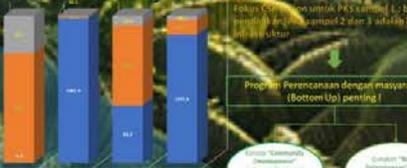
COMPANY PROFILE PKS SAMPEL

No	PKS Sampel 1	PKS Sampel 2	PKS Sampel 3	
1	Tahun mulai beroperasi	2008	2011	2008
2	Sisa dan cadangan perkebunan	88.882	94.940,92	90.888
3	Luas kebun (Ha)	4.042,28	34.334,53	8.131,72
4	Luas kebun (Ha)	5.039	94.334,53	8.808
5	Luas lahan plasma (Ha)	990	8.807	1.308
6	Luas PKP (Ha)	4.738		
7	Jumlah karyawan dan manajer	3 karyawan (1 kepala dan 2 orang)	3 karyawan (1 kepala dan 2 orang)	3 karyawan (1 kepala dan 2 orang)
8	Jumlah petani dan keluarga	1 petani, 40 keluarga	2 petani, 40 keluarga	7 petani, 40 keluarga
9	Jumlah benefisiaris	1 kampung (2000 jiwa)	4 kampung (22.000 jiwa) (Pemukon Merau)	1 kampung (4.000 jiwa)
10	Jumlah tenaga kerja	100 orang (100 keluarga) (DPT 100, Laki 50, Perempuan 50)	4.000 (petani dan petani)	1.000 (petani)

Biaya Sosial (CSR Tahunan)



Pilar Pembangunan dalam CSR Action



IDENTIFIKASI FACTOR YANG BERPERAN DI MASYARAKAT



Biaya Lingkungan

No	Biaya Kegiatan	PKS Sampel 1	PKS 2	PKS 3	PKS 4
1	Biaya material dan tenaga kerja	7.026.000	1.026.000	1.026.000	1.026.000
2	Biaya transportasi	10.200.000	10.200.000	10.200.000	10.200.000
3	Biaya pemeliharaan alat	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
4	Biaya pemeliharaan lingkungan	4.000.000	4.000.000	4.000.000	4.000.000
5	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
6	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
7	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
8	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
9	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
10	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
11	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
12	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
13	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
14	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
15	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
16	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
17	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
18	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
19	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
20	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
21	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
22	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
23	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
24	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
25	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
26	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
27	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
28	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
29	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
30	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
31	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
32	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
33	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
34	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
35	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
36	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
37	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
38	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
39	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
40	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
41	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
42	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
43	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
44	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
45	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
46	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
47	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
48	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
49	Biaya pemeliharaan kesehatan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
50	Biaya pemeliharaan lingkungan	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000

Analisis KELEMBAGAAN

- Lembaga yang penting menurut masyarakat:
1. Gereja/Mesjid
 2. Tokoh adat/LMA
 3. Pemerintah kampung
 4. Koperasi (di Bupul)
 5. Perusahaan

WTP vs WTA

Komponen	Satuan	PKS Sampel 1	PKS Sampel 2	PKS Sampel 3	Merau
Biaya sosial	Rp/bulan	9.831.985	247.967.048	36.273.938	98.024.317
Biaya lingkungan	Rp/bulan	234.228.006	4.094.932.265	230.985.242	1.520.048.504
Total	Rp/bulan	244.059.991	4.342.899.313	267.259.180	1.618.072.821
Direct Bems	KK	3003	2120	1.499	1.541
WTP	Rp/bulan/ha	243.330	2.048.537	178.292	823.396
WTA	Rp/bulan/ha	11.548.049	6.587.879	9.677.419	9.337.882
Gap	Rp/bulan/ha	11.408.319	4.498.942	8.499.127	8.514.586

Nilai Mean WTA

Kategori	Mean	Min	Max
Biaya Sosial	9.831.985	0	98.024.317
Biaya Lingkungan	234.228.006	0	1.520.048.504
Total	244.059.991	0	1.618.072.821
Direct Bems	3003	0	1.541
WTP	243.330	0	823.396
WTA	11.548.049	0	9.337.882
Gap	11.408.319	0	8.514.586

REKOMENDASI

1. Lakukan kegiatan sosial dan lingkungan yang sudah dilakukan PKS.
2. Lakukan kegiatan sosial dan lingkungan yang direncanakan oleh masyarakat.
3. Lakukan kegiatan sosial dan lingkungan yang direncanakan oleh masyarakat.
4. Lakukan kegiatan sosial dan lingkungan yang direncanakan oleh masyarakat.
5. Lakukan kegiatan sosial dan lingkungan yang direncanakan oleh masyarakat.



75

PENGEMBANGAN SISTEM REALTIME DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE CENTERNET BERBASIS MOBILE ANDROID

Peneliti: Zaiful Bahri, S.Si., M. Kom dan Tim Peneliti

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang mempunyai peranan cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia, karena kemampuannya menghasilkan minyak nabati yang banyak dibutuhkan oleh sektor industri.

Provinsi Riau merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang mempunyai luas lahan kebun kelapa sawit terluas untuk kebun rakyat dengan total luas 1.790.593 ha dan produksi kelapa sawit tertinggi yaitu 5.495.245 ton tahun 2021. Agar mampu bersaing di pasar domestik dan pasar global, petani atau pekebun sawit, dan pabrik kelapa sawit (PKS) harus tetap memperhatikan beberapa aspek, baik aspek pemeliharaan, teknik budidaya maupun penanganan pasca panen. Selain itu perlu juga untuk melakukan waktu panen yang tepat dengan cara mendeteksi tingkat kematangan TBS yang berada di atas pohon. Karena jika salah panen, maka hasilnya tidak memuaskan, bahkan tidak laku dijual. Tujuannya adalah untuk membantu masyarakat agar dapat panen TBS tepat waktu sehingga hasil panen TBS mempunyai kandungan minyak yang tinggi, di mana menurut penelitian Rangkuti dan kawan-kawan, bahwa kandungan minyak TBS matang adalah 24-26%, sedangkan TBS mentah mengandung minyak <20%. Untuk itu perlu dikembangkan sebuah sistem yang dapat melakukan deteksi TBS di pohon secara realtime dengan tepat, akurat dan presisi yang mudah dibawa, ringan, bisa digunakan kapan dan di mana saja, karena tidak butuh database dan internet. Untuk melakukan itu semua digunakan metode CenterNet dengan triplet key pointnya, dikenalkan 2019. Triplet key point digunakan untuk menentukan bounding box dengan cara menentukan titik-titik panas pada sudut kiri atas, kanan bawah dan tengah gambar TBS.

Penelitian diawali dengan pengumpulan data yang difoto langsung di kebun-kebun rakyat. Setelah difoto,

kemudian TBSnya diturunkan dan dipotong untuk melihat isi TBS tersebut dan diberi label matang atau mentah. Data terkumpul 1.080, data latih 1.038, uji 21 dan validasi 21. Dibuat model, pelatihan model dan evaluasi model menggunakan program Python dan beberapa library yang dibutuhkan dengan konfigurasi batch size 32, image size 640px x 640px, learning rate 0.01 dan epoch 40.

Hasil deteksi 16 gambar TBS yang di dalamnya terdapat beberapa data berlabel Matang dan Mentah. Data berlabel Matang adalah 16. Dari 16 data berlabel Matang ini berhasil dideteksi 15 Matang atau 93.75%. Sedangkan data berlabel Mentah adalah 7. Dari 7 data berlabel Mentah terdeteksi 6 Mentah atau 85.73%. Hasil pengukuran Precision untuk semua kelas nilai precision adalah 1.00 pada confidence 0.958. Artinya sistem sudah dianggap benar dalam mendeteksi objek (TBS) dengan error yang kecil. Semakin tinggi nilai confidence, maka nilai precision juga semakin tinggi. Precision matang adalah 0.918 dan mentah 0.774. Sedangkan accuracy model atau system realtime yang dibangun adalah 0,90 atau 90% berdasarkan matriks konfusi. Untuk gambar TBS yang terselip atau terhalang sebagian oleh pelepah daun pohon sawit atau daun tumbuhan lainnya masih bisa di deteksi. Umumnya gambar TBS terselip terdeteksi dengan baik walaupun hanya terlihat $\pm 70\%$. Hasil deteksi menggunakan Android yaitu Mentah 78,87%.

Akurasi sistem menggunakan CenterNet 90%. Akurasi bisa ditingkatkan, buat ulang konfigurasi dengan cara memperkecil nilai learning rate dan memperbesar nilai epoch. Selanjutnya perlu juga dilakukan dengan beberapa metode deteksi lainnya, seperti YOLOV10, Faster R-CNN dengan ResNet50, SSD MobileNet V3 dan lain-lain.

Akhirnya tak ada gading yang tak retak. Kesempurnaan hanya milik Allah semata.

PENGEMBANGAN SISTEM REALTIME DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE CENTERNET BERBASIS MOBILE ANDROID

NO KONTRAK : PRJ-94/DPKS/2023

F Gambar Capaian Hasil

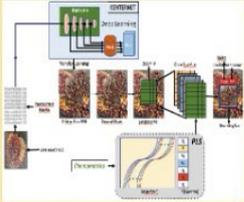
1. PENGUMPULAN DATA



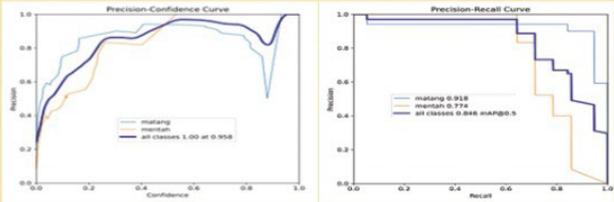
2. LABELING



3. MODEL



4. HASIL LATIH MODEL



5. HASIL UJI DETEKSI

a. Deteksi Python b. Deteksi Android



6. HASIL AKURASI

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} = \frac{17 + 9}{17 + 2 + 1 + 9} = 0,90(90\%)$$

			Actual Values	
			Positive	Negative
Prediktive Values	Positive	Matang	17	2
	Negative	Mentah	1	9

A Latar Belakang

1. Pemeriksaan TBS masih menggunakan tenaga manusia
2. Adanya perselisihan antara pemilik kebun dan pengumpul
3. Salah panen menyebabkan TBS tidak laku dijual.
4. Waktu panen yang tidak tepat

B Rumusan Masalah

1. Bagaimana membangun model atau Arsitektur Sistem.
2. Berapa input, hidden dan output layer.
3. Bagaimana membangun sistem
4. Berapa akurasi sistem

C Tujuan

1. Membantu masyarakat untuk mendapatkan hasil panen yang tepat, sehingga hasil panen mempunyai kandungan minyak yang tinggi.
2. Membangun sebuah sistem yang dapat mendeteksi TBS di atas pohon secara realtime
3. Membuat, melatih, uji dan evaluasi model atau arsitektur sistem realtime deteksi TBS Kelapa sawit.

D Metode

1. Pengumpulan data gambar
2. Pembersihan data gambar
3. Pelabelan data gambar
4. Pembuatan, uji dan evaluasi model.

E Capaian Hasil

1. Sebuah Haki (Hak Cipta) sistem
2. Model atau Arsitektur Sistem
3. Unified Modeling Language sistem
4. Sebuah sistem deteksi



Kelompok Peneliti:
 1. Zaiful Bahri, S.Si., M.Kom (Ketua)
 HP : 08127608874
 e-mail : zaiful.bahri@lecturer.unri.ac.id
 2. Joko Risanto, MM.M.Kom
 3. Haji Gussyafri, MT

76

REVITALISASI AGRIBISNIS SAWIT: MENGHADAPI TANTANGAN GLOBAL DENGAN SISTEM MANAJEMEN KORPORASI PETANI DIGITAL YANG BERKELANJUTAN

Peneliti: Suandi, Fuad Nurdiansyah, Endy Effran, Afrizal Nehemia Toscany

Dalam menghadapi tantangan globalisasi, sektor agribisnis sawit di Indonesia menghadapi berbagai kendala, seperti tingginya biaya input, kurangnya pengetahuan tentang teknik budidaya yang efisien, serta terbatasnya akses pasar bagi petani sawit. Kendala-kendala ini menyebabkan rendahnya produktivitas dan margin keuntungan petani sawit, yang mayoritas masih bekerja secara individu tanpa adanya dukungan kerjasama yang efektif. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya kolaboratif yang dapat mengintegrasikan petani sawit dalam sebuah korporasi berbasis manajemen digital. Sistem manajemen korporasi petani sawit digital dirancang untuk memperkuat posisi petani di pasar, meningkatkan efisiensi produksi, dan memberikan akses yang lebih luas terhadap sumber daya serta pasar. Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat mengoptimalkan usaha mereka, meningkatkan pendapatan, dan menjamin keberlanjutan agribisnis sawit di masa depan.

Penelitian ini bertujuan untuk membantu petani sawit dalam menghadapi tantangan produksi dan pemasaran pembentukan korporasi yang memiliki izin usaha serta mengembangkan sistem manajemen sumber daya berbasis digital yang berkelanjutan. Pada tahap awal, survei dilakukan di lima kabupaten untuk memahami tantangan yang dihadapi oleh petani sawit. Survei ini mencakup 12 desa dengan total 1.200 petani yang terlibat. Informasi yang dikumpulkan meliputi penggunaan teknologi, manajemen kebun, dan kendala operasional di lapangan. Temuan utama menunjukkan bahwa meskipun karakteristik korporasi petani secara umum cukup baik, penerapan manajemen digital masih tergolong kurang memuaskan, dengan tingkat adopsi teknologi hanya sekitar 56,58%. Analisis menggunakan metode Structural Equation Modeling (SEM) dengan Partial Least Square (PLS) menunjukkan bahwa manajemen digital berpengaruh positif dan signifikan terhadap karakteristik korporasi petani,

namun tidak secara langsung mempengaruhi kinerja korporasi. Pengaruh manajemen digital terhadap kinerja korporasi hanya terlihat melalui mediasi karakteristik korporasi. Untuk meningkatkan kinerja korporasi, diperlukan perbaikan karakteristik korporasi melalui penerapan teknologi digital. Faktor penghambat utama dalam penerapan manajemen digital adalah rendahnya literasi digital di kalangan petani, kurangnya infrastruktur teknologi, serta minimnya pelatihan terkait.

Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini membangun Korporasi Petani Digital yang dirancang khusus untuk kelompok tani kelapa sawit. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan transparansi dan efisiensi dalam pengelolaan korporasi. Dengan adanya integrasi teknologi digital, IoT, dan AI, sistem ini memungkinkan setiap anggota kelompok tani untuk memiliki akses terhadap data dan informasi penting seperti hasil produksi, distribusi, dan transaksi keuangan secara real-time. Transparansi ini memastikan bahwa seluruh anggota dapat memantau jalannya operasional korporasi, sehingga mengurangi potensi penyimpangan atau ketidakjelasan dalam pengelolaan. Penerapan sistem ini juga akan meningkatkan profesionalisme dalam pengelolaan korporasi. Penggunaan teknologi digital memungkinkan pengelolaan data menjadi lebih terstruktur, dengan pengambilan keputusan yang didasarkan pada analisis data melalui AI. Pengelolaan yang lebih profesional ini mencakup pengawasan produksi, manajemen keuangan, dan strategi pemasaran yang lebih efisien, dengan kemampuan memprediksi pasar dan menentukan strategi optimal.

Dengan adanya Korporasi Petani Digital, diharapkan kelompok tani dapat bersaing tidak hanya di pasar lokal, tetapi juga di tingkat global, sambil memperbaiki kesejahteraan petani melalui pengelolaan yang lebih transparan dan profesional.

77

MODEL PENGEMBANGAN KELEMBAGAAN PETANI MENUJU HILIRISASI PRODUK KELAPA SAWIT UNTUK MENINGKATKAN KESEJAHTERAAN PETANI KELAPA SAWIT

Peneliti: Hasnah, Melinda Noer, Rudi Febriamansyah, Devi Analia

Dalam industri kelapa sawit di Indonesia, petani kelapa sawit mempunyai bargaining position yang lemah dalam menjual tandan buah segar. Mereka sangat tergantung kepada pedagang pengumpul dan perusahaan yang pabrik kelapa sawit dalam penetapan harga. Sampai saat ini, petani hanya mampu menikmati nilai produk primer, menjadi penerima harga, dan menanggung kerugian yang paling besar di sepanjang rantai pasok. Sehubungan dengan itu sudah saatnya petani didukung untuk menghasilkan CPO sendiri, sehingga mereka dapat menikmati nilai tambah yang lebih besar. Sementara perusahaan besar dapat bergerak pada proses produk turunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor pendukung (best practice) usaha pabrik kelapa sawit (PKS) yang dibangun oleh koperasi petani dan menganalisis potensi kelembagaan petani (koperasi) untuk membangun PKS secara mandiri. Penelitian dilakukan dengan pendekatan survey. Data dikumpulkan dengan menggunakan metode in-depth interview dan focus group discussion. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar koperasi sebagai lembaga di tingkat petani telah mempunyai kapasitas yang mampu mendirikan pabrik sendiri dilihat dari pengalaman koperasi, jumlah anggota dan luas lahan kelapa sawit yang dimiliki oleh anggota koperasi. Sebagian besar anggota sudah memiliki dokumen yang menjadi persyaratan dalam mendirikan pabrik. Sehingga koperasi mempunyai potensi yang besar untuk membangun pabrik sendiri. Hilirisasi kelapa sawit di tingkat petani secara mandiri dapat dilakukan jika dibentuk dengan pola kemitraan dengan pihak investor dan koperasi dikelola dengan manajemen perusahaan.

Pabrik kelapa sawit perlu dibangun pada skala menengah sehingga dapat efisien secara ekonomis. Disamping itu, pengembangan pasar perlu dilakukan untuk keberhasilan program hilirisasi minyak makan merah di tingkat petani. Hasil analisis stakeholder dengan menggunakan metode mactor dihasilkan bahwa aktor yang paling berperan dalam mendorong keberhasilan hilirisasi di tingkat petani adalah Bappeda, Dinas Koperasi UMKM, akademisi, Dinas Perindag dan koperasi petani. Sementara investor dan perbankan menjadi lembaga pendukung. Berbagai faktor pendukung dalam mencapai hilirisasi di tingkat petani berupa dukungan dana yang bisa bersumber dari investor atau dari pemerintah melalui kebijakan pemerintah. Kebijakan pemerintah juga penting dalam proses perizinan dan pengembangan pasar. Semua ini harus didukung oleh kemampuan manajemen kelembagaan petani dalam menjaga networking baik dalam lembaga sendiri maupun dengan pihak eksternal (mitra).



Model Pengembangan Kelembagaan Petani Menuju Hilirisasi Produk Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Petani Kelapa Sawit

Hasnah, Melinda Noer, Rudi Febriamansyah, Devi Analia
Universitas Andalas



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor pendukung (best practice) usaha pabrik kelapa sawit (PKS) yang dibangun oleh koperasi petani dan menganalisis potensi kelembagaan petani (koperasi) untuk membangun PKS secara mandiri. Penelitian dilakukan dengan pendekatan survey. Data dikumpulkan dengan menggunakan metode in-depth interview dan focus group discussion. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar koperasi sebagai lembaga di tingkat petani telah mempunyai kapasitas yang mampu mendirikan pabrik sendiri dilihat dari pengalaman koperasi, jumlah anggota dan luas lahan kelapa sawit yang dimiliki. Hilirisasi kelapa sawit di tingkat petani secara mandiri dapat dilakukan jika dibentuk dengan pola kemitraan dengan pihak investor dan koperasi dikelola dengan manajemen perusahaan. Pabrik kelapa sawit perlu dibangun pada skala menengah sehingga dapat efisien secara ekonomis. Di samping itu, pengembangan pasar perlu dilakukan untuk keberhasilan program hilirisasi minyak makan merah di tingkat petani. Hasil analisis menunjukkan bahwa aktor yang paling berperan dalam mendorong keberhasilan hilirisasi di tingkat petani adalah Bappeda, Dinas Koperasi UMKM, akademisi, Dinas Perindag dan koperasi petani. Sementara investor dan perbankan menjadi lembaga pendukung. Berbagai faktor pendukung dalam mencapai hilirisasi di tingkat petani berupa dukungan dana yang bisa bersumber dari investor atau dari pemerintah melalui kebijakan pemerintah. Kebijakan pemerintah juga penting dalam proses petanian dan pengembangan pasar. Semua ini harus didukung oleh kemampuan manajemen kelembagaan petani dalam menjaga networking baik dalam lembaga sendiri maupun dengan pihak eksternal (mitra).

Pendahuluan

Kelapa sawit telah berkontribusi dalam peningkatan perekonomian masyarakat pedesaan. Berbagai program telah dilakukan pemerintah untuk mendukung industri kelapa sawit melalui program kemitraan antara perusahaan besar swasta dan petani. Usaha kelapa sawit telah menarik minat petani yang mengelola kebunnya secara mandiri. Sampai saat ini industri kelapa sawit telah menjadi bagian dari mata pencaharian petani selama 4 dekade.

Namun demikian beberapa persoalan yang dihadapi petani antara lain terjadinya kesenjangan harga yang diterima antara petani swadaya dengan petani yang bermitra, petani hanya menikmati harga produk primer dan menanggung kerugian yang paling besar disamping rantai pasok. Perkembangan industri hilir juga sangat lambat.

Untuk mendukung peningkatan pendapatan petani maka perlu dilakukan hilirisasi di tingkat petani secara mandiri, agar dapat menikmati nilai tambah dari proses pengolahan produk primer berupa Tandan Buah Segar (TBS). Pengembangan hilirisasi tidak dapat dilakukan secara individual sehingga peranan kelembagaan menjadi penting. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk membangun suatu model Pengembangan Kelembagaan Petani Menuju Hilirisasi Produk Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Petani Kelapa Sawit.



Gambar 1. Panen TBS

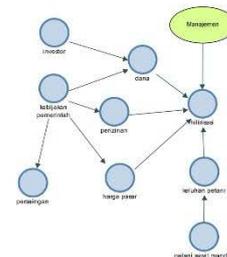


Gambar 2. Pabrik Kelapa Sawit

Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini difokuskan pada lokasi korporatisasi yang sudah ada. Penelitian telah dilakukan di Kalimantan Selatan, Sumatera Utara dan Sumatera Barat. Propinsi Kalimantan Selatan dan Sumatera Utara dijadikan lokasi penelitian untuk melakukan benchmarking. Lokasi penelitian ini difokuskan pada lokasi korporatisasi yang sudah ada. Penelitian telah dilakukan di Kalimantan Selatan, Sumatera Utara dan Sumatera Barat.

Data dikumpulkan dengan metode in-depth interview dan pendekatan focus group discussion (FGD). Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan pendekatan mix-method yang melibatkan analisis kualitatif dan kuantitatif untuk merancang model pengembangan kelembagaan petani untuk membangun pabrik kelapa sawit. Data kualitatif dianalisis dengan menggunakan metode content analysis.



Gambar 3. Faktor Pendukung Pengembangan Hilirisasi di Tingkat Petani

Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar koperasi sebagai lembaga di tingkat petani telah mempunyai kapasitas yang mampu mendirikan pabrik sendiri dilihat dari pengalaman koperasi, jumlah anggota dan luas lahan kelapa sawit yang dimiliki oleh anggota koperasi. Sebagian besar anggota sudah memiliki dokumen yang menjadi persyaratan dalam mendirikan pabrik. Sehingga sebagian besar koperasi mempunyai potensi yang besar untuk membangun pabrik sendiri.

Dalam membangun pabrik di tingkat petani perlu mempertimbangkan skala usaha pabrik. Berdasarkan hasil penelitian bahwa skala usaha yang lebih besar memberikan keuntungan yang lebih besar. Namun demikian, dilihat dari periode pengembalian modal investasi, ternyata skala pengolahan menengah yaitu pengolahan 5 ton TBS per jam mempunyai tingkat pengembalian yang paling cepat.

Tabel 1. Keuntungan Pabrik Kelapa Sawit pada berbagai Skala Usaha

Uraian	Nilai (Rp.000) 7 ton per hari	Nilai (Rp.000) 5 ton/jam	Nilai (Rp.000) 30 ton/jam
Nilai investasi	5.000,000	15.000,000	115.800,000
Kapasitas pabrik	7	5	30
Jumlah jam olah per hari	-	15	30
Hari olah per bulan	25	25	25
TBS olah / bulan	175	1.875	11.250
Harga TBS	2.800	2.800	2.800
Harga CPO	13.200	13.200	13.200
Harga Kamei	7.800	7.800	7.800
OKR	21%	21%	21%
KTR	5%	5%	5%
Pendapatan CPO	485.100	5.197.500	31.185.000
Pendapatan Kamei	66.500	712.500	4.275.000
Total pendapatan	551.600	5.910.000	35.460.000
Cost olah / kg TBS	150	150	150
Cost dan TBS per bulan	26.250	261.250	1.687.500
Pembelian TBS	485.000	5.250.000	31.500.000
Total pengeluaran	511.250	5.511.250	33.187.500
Keuntungan per bulan	35.350	378.750	2.272.500

Pembahasan

Dari hasil analisis stakeholder dengan menggunakan metode mactor dihasilkan bahwa aktor yang paling berperan dalam mendorong keberhasilan hilirisasi di tingkat petani adalah Bappeda, Dinas Koperasi UMKM, akademisi, Dinas Perindag dan koperasi petani. Sementara investor dan perbankan menjadi lembaga pendukung dalam mewujudkan hilirisasi di tingkat petani.

Berbagai faktor pendukung dalam mencapai hilirisasi di tingkat petani berupa dukungan dana yang bisa bersumber dari investor atau dari pemerintah melalui kebijakan pemerintah. Kebijakan pemerintah juga penting dalam proses perizinan dan pengembangan pasar. Semua ini harus didukung oleh kemampuan manajemen kelembagaan petani dalam menjaga networking baik dalam lembaga sendiri maupun dengan pihak eksternal (mitra).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa hilirisasi kelapa sawit di tingkat petani secara mandiri dapat dilakukan jika dibentuk dengan pola kemitraan dengan pihak investor dan koperasi dikelola dengan manajemen perusahaan. Pabrik kelapa sawit perlu dibangun pada skala menengah sehingga dapat efisien secara ekonomis. Di samping itu, pengembangan pasar perlu dilakukan untuk keberhasilan program hilirisasi minyak makan merah di tingkat petani.

Perlu ditinjau lagi kebijakan tentang sistim pengadaan dana pendamping dari koperasi karena dapat menghambat operasional usaha koperasi. Pada hilirisasi minyak makan merah perlu dikembangkan teknologi yang berbiaya rendah. Di samping itu perlu adanya program untuk mendorong perusahaan besar untuk bergerak ke produk turunan.

78

ANALISIS POTENSI DAMPAK KEBIJAKAN DEFORESTATION-FREE PRODUCT (DFP) OLEH UNI EROPA TERHADAP KOMODITAS KELAPA SAWIT DI INDONESIA

Peneliti: Dr. Ir. Delima H. A. Darmawan, M.Si; Dr. Ir. Saktyanu K. Dermoredjo, M.Si; Dr. Iwan Hermawan, S.P., M.Si; Dian Dwi Laksani, S.E., M.S.E.; Rizky Eka Putri, S.E., M.Sc.; Steven Raja Ingot, S.E., M.E.; Aldy Nofansya, S.H.Int.

Kebijakan baru Uni Eropa (2023/1115) mengenai produk bebas deforestasi (Deforestation-Free Product/DFP), yang merupakan bagian dari Green Deal, bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca serta mencegah kehilangan keanekaragaman hayati. Kebijakan ini mengedepankan konsumsi produk yang tidak berkontribusi pada deforestasi, yang berdampak langsung pada sektor kelapa sawit di Indonesia. Implementasi kebijakan ini, yang dimulai pada Mei 2023 dan akan berlaku penuh pada Desember 2024 bagi perusahaan besar serta Juni 2025 untuk UMKM, membawa tantangan besar bagi Indonesia. Salah satu tantangan terbesar adalah risiko penilaian kategori tinggi oleh Uni Eropa, yang akan mengharuskan Indonesia memenuhi persyaratan ketat agar produk sawitnya dapat terus memasuki pasar Eropa. Selain itu, Indonesia harus menangani isu country benchmarking, geolokasi, pengembangan kapasitas petani, dan inklusivitas dalam penerapan kebijakan ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kebijakan DFP Uni Eropa terhadap kinerja perdagangan, makroekonomi, dan kesejahteraan Indonesia, mengevaluasi tanggapan pemangku kepentingan kelapa sawit terhadap keberlanjutan operasional, serta merumuskan rekomendasi kebijakan dan strategi perdagangan bilateral Indonesia-UE. Pendekatan metode campuran digunakan, dengan metode kualitatif melalui diskusi dengan pemangku kepentingan dan metode kuantitatif menggunakan pemodelan Regulatory Impact Assessment (RIA) untuk menganalisis dampaknya secara komprehensif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebijakan DFP berpotensi menjadi hambatan non-tarif (NTB) bagi Indonesia, khususnya dalam ekspor produk kelapa sawit dan biodiesel ke Uni Eropa. Pada tahun 2026, ekspor kelapa sawit diperkirakan akan menurun sebesar 8,69%, meskipun penurunan ini diprediksi berangsur-angsur mengecil hingga 6,39% pada tahun 2040. Penurunan ekspor ini akan

berdampak pada penyerapan tenaga kerja, investasi, dan kesejahteraan ekonomi Indonesia selama periode awal penerapan kebijakan DFP. Secara lebih luas, kebijakan DFP diperkirakan akan berdampak signifikan terhadap kondisi makroekonomi Indonesia, seperti kontraksi ekspor, penurunan PDB, dan penurunan kesejahteraan masyarakat terutama petani sawit. Meskipun pangsa ekspor kelapa sawit Indonesia ke Uni Eropa hanya sekitar 9-10%, posisi Uni Eropa sebagai "rule setting country" membuat DFP menjadi perhatian global. Indonesia perlu berhati-hati karena regulasi ini dapat mempengaruhi reputasi produk sawit di pasar internasional, mengingat bahwa banyak negara lain yang mulai mengadopsi standar serupa. Di sisi lain, Indonesia juga dapat menjalin kerjasama dengan negara-negara terdampak DFP lainnya untuk memperkuat posisi negosiasi dengan EU dan WTO mengenai aturan-aturan yang dianggap diskriminatif dan unilateral. Pelaku usaha kelapa sawit Indonesia juga perlu melihat kebijakan DFP sebagai wake-up call untuk memperbaiki tata kelola industri, meningkatkan transparansi, memperkuat keberlanjutan, dan mengoptimalkan traceability rantai produksi, terutama untuk smallholders yang perlu dukungan peningkatan kapasitas, mengingat infrastruktur yang masih buruk, pemahaman standar produk minim, dan akses pembiayaan terbatas. Langkah-langkah ini tidak hanya penting untuk menjaga akses pasar Eropa, tetapi juga untuk mempertahankan daya saing di pasar global yang semakin peduli pada isu lingkungan. Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah memperluas pengumpulan data, terutama melalui diskusi dengan pemangku kepentingan di wilayah-wilayah dengan tingkat produksi kelapa sawit yang tinggi. Pemangku kepentingan tersebut meliputi pemerintah daerah, pelaku usaha, kelompok petani, akademisi, dan lainnya. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data yang komprehensif guna menyusun rekomendasi kebijakan dan strategi yang matang bagi perdagangan bilateral antara Indonesia dan Uni Eropa.



Analisis Potensi Dampak Kebijakan Deforestation-Free Product oleh Uni Eropa terhadap Komoditas Kelapa Sawit di Indonesia

1. Isu

DFP oleh EU pada kelapa sawit Indonesia berpotensi menjadi NTMs baru. Potensi dampaknya tidak hanya menasar pada perkebunan kelapa sawit di dalam kawasan hutan, tetapi juga komoditas-komoditas lainnya.

2. Tujuan

1. Menganalisis dampak DFP pada trade, macro, dan welfare Indonesia,
2. Menganalisis respons stakeholder Indonesia terhadap DFP, dan
3. Menyusun rekomendasi kebijakan dan strategi.

3. Metode

Mixed method digunakan untuk menjawab tujuan penelitian. Metode kualitatif menggunakan pendekatan Regulatory Impact Analysis (RIA) dan kuantitatif dengan bantuan Model Keseimbangan Umum.

4. Temuan

Isu DFP bukan tentang "EU" tetapi tentang "kita". Indonesia telah berkomitmen menurunkan emisi GRK melalui Paris Agreement. Oleh sebab itu, DFP perlu direspons dengan tidak berlebihan.



Narasumber: Gapki, Apkasindo, POPSI, Unri, USU, Dinas Kehutanan & Lingk. Hidup, Dinas Perindustrian dan Perdagangan, Balai Karantina, Samade, Wilmar, PT. INL, PT. PP LonSum, dan lainnya

5. Tim

Dr. Delima H.A.D. (Ketua); Dr. Saktyanu K.D.; Dr. Iwan H.; Dian D.L., M.S.E.; Rizky E.P., M.Sc.; Steven R.I., M.E.; Aldy N., S.H.Int.

- **Makroekonomi:** DFP berpotensi mengkontraksi ekspor, PDB, kesejahteraan. Meskipun pangsa eksportnya 9-10%, namun EU adalah the rule of setting country dan isu sustainability dalam DFP jadi concern banyak negara, termasuk Indonesia.
- **Pelaku usaha:** DFP menjadi wake-up call melihat tata kelola kelapa sawit nasional.
- **Strategi short run:** Produksi kelapa sawit di kawasan hutan diperuntukkan bagi pasar domestik. **Strategi medium run:** Indonesia dapat memberikan "tekanan" ke EU dengan menggalang Like Minded Countries (LMCs) dan persisten meminta kejelasan prosedur DFP, mulai peta, country benchmarking, dan traceability melalui tagging geolocation. **Strategi long run:** Kejelasan status 1/5 dari total luas kelapa sawit yang di kawasan hutan dengan harmonisasi regulasi dan akselerasi ISPO dengan insentif.

79

AKSELERASI PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA DAN DAYA SAING KELAPA SAWIT RAKYAT

Peneliti: Adi Setiyanto, Sumedi, Erma Suryani, Julia F. Sinuraya, Saktyanu K. Dermoredjo, Sukarman, Rangga D. Yofa, Miftahul Azis, Ahmad M. Ar-Rozi, Aldho R. Irawan, Frilla Ariani, Neni Kholimah, Eka Listia, Wan R. Fauzi

Produksi CPO sangat dipengaruhi oleh produktivitas sawit rakyat yang memiliki pangsa luas sekitar 42 persen dari luas perkebunan sawit nasional. Saat ini, produktivitas sawit rakyat masih rendah yang disebabkan tanaman tua, rusak, atau menggunakan benih tidak bersertifikat. Realisasi Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) yang dilaksanakan Pemerintah sejak 2017 untuk membantu pembiayaan peremajaan kebun sawit masih rendah. Sampai tahun 2023 realisasi Program PSR baru mencapai 345.577 ha dari target total 2,8 juta ha sampai tahun 2033. Secara umum, kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan permasalahan pelaksanaan Program PSR serta rekomendasi kebijakan terkait percepatan pelaksanaan Program PSR. Kajian dilaksanakan selama 3 tahun (2022–2024) di 12 provinsi sentra produksi sawit (Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Barat). Ringkasan ini menyajikan hasil kajian tahun 2023 yang mencakup 4 provinsi yaitu Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, dan Kalimantan Tengah.

Dalam rangka percepatan implementasi Program PSR ditemukan berbagai kendala dan permasalahan terkait aspek kebijakan, legalitas, sosial ekonomi masyarakat maupun implementasi teknis di lapangan. Pada aspek kebijakan/regulasi, perubahan regulasi yang terlalu sering menimbulkan permasalahan operasional di lapangan, dan kurangnya sosialisasi regulasi mengakibatkan keberagaman pemahaman stakeholder. Kendala pada aspek legalitas terutama terkait lahan sawit rakyat yang berada di kawasan hutan atau lahan tumpang tindih dengan hak guna usaha (HGU), sementara hingga saat ini data tersebut belum tersedia. Pada aspek sosial ekonomi, pekebun kurang tertarik mengikuti Program PSR karena akan kehilangan sumber pendapatan utama, terikat dengan pinjaman, kelembagaan pekebun belum optimal, dan anggaran PSR dianggap kurang mencukupi. Pada aspek teknis, banyaknya

kasus yang ditangani Aparat Penegak Hukum (APH) menyebabkan keengganan petani mengikuti Program PSR. Selain itu, terdapat keterbatasan sumber daya manusia dan dukungan anggaran yang relatif rendah untuk kegiatan verifikasi, pemantauan, dan evaluasi. Hambatan lainnya adalah belum tersedianya pihak yang membantu penyiapan dokumen, verifikasi dan pendampingan lembaga pekebun dalam proses pengusulan hingga realisasi (penanaman).

Rekomendasi kebijakan yang diusulkan yaitu: (1) Perbaikan perencanaan pada penetapan luas sasaran dan target peremajaan yang didasarkan pada data akurat dengan mempertimbangkan aspek teknis dan legalitas lahan. Untuk itu diperlukan pendataan dan pemetaan kebun sawit rakyat by name, by address, status lahan, dan kondisi pertanaman (luas, umur, produktivitas, dll); (2) Persiapan implementasi dengan sosialisasi yang lebih intensif, serta sinkronisasi antara proses pengusulan, penetapan, dan kesiapan pelaksanaannya; (3) Peningkatan koordinasi dan sinkronisasi serta dukungan pembiayaan yang memadai pada semua instansi/lembaga yang menangani Program PSR; (4) Integrasi mekanisme pengusulan jalur dinas dan jalur kemitraan; (5) Pengembangan sistem pemantauan dan evaluasi, sehingga mampu memantau pelaksanaan peremajaan sawit rakyat, mulai dari penggunaan anggaran, proses di lapangan hingga penanaman, pemeliharaan, sampai pada tanaman berproduksi; (6) Perluasan layanan BDPKKS dalam mendukung percepatan peremajaan sawit rakyat, meliputi (a) peningkatan plafond yang disesuaikan dengan hasil evaluasi terhadap rencana anggaran biaya (RAB) yang diusulkan; (b) penambahan anggaran PSR untuk usahatani tanaman semusim di sela tanaman sawit secara selektif, berdasarkan usulan dari kelompok tani; (c) Menjajaki pembiayaan BDPKKS untuk subsidi bunga (misalnya diintegrasikan dengan KUR) yang dapat dimanfaatkan untuk tambahan biaya pemeliharaan dan biaya hidup, serta pembiayaan peremajaan dan pengembangan usaha hilir.

AKSELERASI PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA DAN DAYA SAING KELAPA SAWIT RAKYAT

1



Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) bertujuan untuk meningkatkan provitas perkebunan rakyat

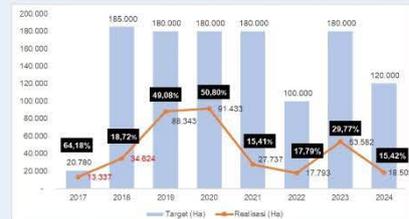


REALISASI PROGRAM PSR MASIH RENDAH

Realisasi tahun 2023 baru mencapai 345.577 ha dari target total 2,8 juta ha pada tahun 2033



Lokasi kajian: Sumut, Riau, Sumsel, dan Kalteng



2

TEMUAN KUNCI



- Perubahan regulasi yang terlalu sering mengakibatkan terjadinya multitafsir dan menimbulkan permasalahan operasional di lapangan
- Usulan Program PSR melalui jalur kemitraan tidak terpantau oleh dinas di kabupaten/kota
- Prosedur perolehan rekomendasi tidak tumpang tindih dengan Kawasan hutan dan HGU membutuhkan waktu lama

ASPEK KEBIJAKAN/REGULASI

ASPEK SOSIAL EKONOMI PETANI

- Sebagian besar petani rakyat memiliki lahan terbatas dan merupakan sumber utama penghasilan.
- Beberapa SHM petani ditahan perbankan sebagai jaminan dalam peminjaman modal
- Anggaran Program PSR hanya sampai tahap P1 (tanaman belum menghasilkan)
- Petani rakyat belum menerapkan *Good Agricultural Practices* dan kurangnya peran penyuluh

- Kemampuan verifikasi dinas daerah terbatas (SDM dan anggaran)
- Banyaknya kasus yang ditangani APH mengakibatkan kurangnya minat petani untuk ikut Program PSR
- Belum tersedianya lembaga verifikator dan pendamping di setiap daerah
- Capaian Program PSR dipengaruhi oleh dukungan Pemerintah Daerah

ASPEK TEKNIS IMPLEMENTASI

ASPEK LEGALITAS LAHAN

- Belum tersedia data status lahan sawit rakyat dalam Kawasan hutan dan tidak tumpang tindih HG
- Penyelesaian lahan sawit dalam Kawasan hutan dengan UU Cipta kerja (pasal 110A dan 110B) tetap tidak melepaskan kawasan hutan, sehingga tetap tidak dapat dilakukan peremajaan
- Penetapan target sasaran Program PSR belum mempertimbangkan legalitas lahan

3

REKOMENDASI



Perbaiki perencanaan pada penetapan luas sasaran dan target peremajaan, yang didasarkan pada data akurat dengan mempertimbangkan aspek teknis dan legalitas lahan. Diperlukan pendataan dan pemetaan kebun sawit rakyat by name, by address, status lahan, dan keadaan pertanaman (luas, umur, produktivitas, dll)

Peningkatan koordinasi, sinkronisasi, dan dukungan pembiayaan yang memadai pada semua instansi/lembaga yang menangani Program PSR

Persiapan implementasi dengan **sosialisasi yang lebih intensif**, serta sinkronisasi antara proses pengusulan, penetapan, dan kesiapan implementasi

Pengembangan sistem monitoring dan evaluasi

Integrasi mekanisme pengusulan jalur dinas dan jalur kemitraan

Perluasan layanan BDPKS meliputi:

- **Peningkatan plafond** yang disesuaikan dengan hasil evaluasi terhadap usulan rencana anggaran biaya (RAB);
- Penambahan **anggaran untuk usahatani tanaman semusim di sela tanaman sawit** secara selektif;
- Menjajaki **pembiayaan BDPKS untuk subsidi bunga** untuk tambahan biaya pemeliharaan dan biaya hidup, serta pembiayaan peremajaan dan pengembangan usaha hilir.

Adi Setiyanto (Ketua)*, Sumedi, Erma Suryani, Julia F. Sinuraya, Saktyanu K. Dermoredjo, Sukarman, Rangga D. Yofa, Miftahul Azis, Ahmad M. Ar-Rozi, Aldho R. Irawan, Frilla Ariani, Neni Kholimah, Eka Listia, Wan R. Fauzi

* amihardjo@yahoo.com

PRJ-25.15/DPKS/DIT.IV/2024



Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian
Kementerian Pertanian

Terima Kasih

BADAN PENGELOLA DANA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Graha Mandiri Lantai 5, Jl. Imam Bonjol No. 61, Jakarta 10310, Indonesia
Telp. +62-21-39832091-94 | Fax. +62-21-39832095

bpbd.or.id | [@bpbdkelapasawit](https://www.instagram.com/bpbdkelapasawit)

**SAWI
T BALK**