



# RINGKASAN HASIL PENELITIAN



# GRANT RISET SAWIT 2023

**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

[bpdp.or.id](http://bpdp.or.id) | [@bpdpkelapasawit](https://www.instagram.com/bpdpkelapasawit)

**SAWI  
BAIK**

## KATA PENGANTAR

### Direktur Utama Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit



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 kegiatan ditingkatkan 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 2023 ini merupakan media untuk diseminasi hasil penelitian yang telah dilakukan mulai tahun 2021 dan 2022. Sebelumnya telah ada juga Buku Ringkasan Penelitian tahun 2015, tahun 2016, tahun 2018, tahun 2019, tahun 2020, tahun 2021 dan tahun 2022. 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 2023

Eddy Abdurrachman

Pengarah : Eddy Abdurrachman (Direktur Utama)

Penanggungjawab : Zaid Burhan Ibrahim (Plt. Direktur Penyaluran Dana)

Koordinator : Arfie Thahar (Kepala Divisi Program Pelayanan)

Sekretariat : Fitriyah, Neila Amelia, Safira Ayu Bestari, Lucki Bagus, Rangga Rahmananda

Komite Litbang : Prof. (Ris). Dr. Didiék Hadjar Goenadi, Dr. Arief RM Akbar, Dr. Tony Liwang, Dr. Tatang Hernas Soerawidjaja, Prof. Udin Hasanudin, Dr. Jenny Elisabeth, Prof. Dr. Bustanul Arifin, Dr. Aiyen Tjoa, Lila Harsyah Bahktiar S.T., M.T., Prof. Dr. Eng. Agus Haryono, Ir. Edi Wibowo, M.T., Hikmah Fitria, S.T., M.E., Dr. Ir. M. Saleh Mokhtar, MP

Narasumber : Dr. Darmono Taniwiryono (Ketua MAKSI), Dr. Witjaksana Darmosarkoro (R&D Industri Sawit), Dr. Dadan Kusdiana (Dirjen EBTKE), Prof. Dr. Purwiyatno (Akademisi), Sahat Sinaga (GIMNI)

Kontributor : Peneliti Grant Riset Sawit K21 dan K22

Artistik/Design : Arif Prasetyo Wibowo (Tim Desain Grafis)


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



# DAFTAR ISI

<b>GRANT RISET SAWIT</b>	<b>01</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>02</b>
<b>1. BIOENERGI</b>	<b>08</b>
01. PENGEMBANGAN MIXED MATRIX MEMBRANE BERBASIS KARBON TERTEMLAT ZEOLIT (KTZ) UNTUK PROSES PEMISAHAN CO2 DARI BIOGAS PALM OIL MILL EFFLUENT (POME)	10
02. PENINGKATAN NILAI KESTABILAN OKSIDASI BIODIESEL MELALUI TRANSFER HIDROGEN KATALITIK ANTARA FAME DAN GLISEROL SAMBIL MEMPRODUKSI DHA	12
03. PROSES PENINGKATAN MUTU BIOGAS DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DENGAN SISTEM ABSORPSI K2CO3 BERPENGAKTIF PIPERAZIN DAN KONVERSINYA MENJADI ASAM FORMAT DENGAN PROSES ELEKTROKIMIA	14
04. UJI JALAN (ROAD TEST) B40 PADA KENDARAAN BERMESIN DIESEL	16
05. INOVASI LANJUT KATALIS & TEKNOLOGI BENSIN SAWIT DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI PERCONTOHAN MIXED INDUSTRIAL VEGETABLE OIL (MIVO) DAN MINYAK MAKAN SEHAT DARI KELAPA SAWIT	18
06. BIOAVTUR DARI CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN TEKNIK ONE-POT ATMOSFERIK MENGGUNAKAN KATALIS BIMETAL BERMATRIKS KARBON DAN ZEOLIT	20
07. PENGEMBANGAN DISTILASI DAN EKSTRAKSI FURFURAL BERBASIS HIDROLISIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SKALA PILOT	22
08. 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	24
09. UJI TERBANG PESAWAT UDARA PT. GARUDA INDONESIA SEBAGAI LANGKAH AWAL MENUJU IMPLEMENTASI BIOAVTUR	26
<b>2. BIOMATERIAL / OLEOKIMIA</b>	<b>28</b>
10. PRODUKSI PALMKERNELAMIDOPROPYL BETAINE (PKAPB) DARI MINYAK DAN ASAM LEMAK MINYAK INTI SAWIT UNTUK SUBSTITUSI COCAMIDOPROPYL BETAINE IMPOR	30
11. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI STABILISER TERMAL POLYVINYL CHLORIDE (PVC) BERBASIS SAWIT DAN CAMPURAN LOGAM	32
12. PENGEMBANGAN PROSES PRODUKSI OLEOKIMIA SUKROSA ESTER BERBAHAN METIL ESTER SAWIT DAN APLIKASINYA PADA PRODUK PERSONAL CARE, KOSMETIKA DAN CLEANING	34
13. PRODUKSI SKALA PILOT "LITHIUM GREASE" MULTIFUNGSI BERBAHAN BAKU MINYAK KOTOR (MIKO)/CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MIKROGELOMBANG DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR	36
14. ESTERIFIKASI KATALITIK GLISEROL DAN GONDURUKEM UNTUK PRODUKSI BAHAN CAMPURAN MARKAH JALAN DAN PEREKAT	38
15. OPTIMASI KOMPOSISI SUBSTRAT FERMENTASI BERBASIS LIMBAH BIOMASSA TANAMAN KELAPA SAWIT UNTUK MEMPRODUKSI BIOMASSA MISELIUM SEBAGAI PRODUK BIOMATERIAL	40
16. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI CARBON BLACK DARI BIOMASSA KELAPA SAWIT	42
17. PENGEMBANGAN FORMULASI BIOLUBRICANT BERBASIS SAWIT: OPTIMASI KEY-PROPERTIES UNTUK MEMENUHI SPESIFIKASI PELUMAS MESIN DIESEL MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING	44

18. PENGEMBANGAN FORMULASI BAHAN COATING GLOSSY BERBASIS TURUNAN MINYAK SAWIT UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING EKSPOR BUAH LOKAL INDONESIA	46
19. PALMCRETE (BETON SAWIT): PEMANFAATAN (UPCYCLE) CANGKANG KELAPA SAWIT (PALM KERNEL SHELL) SEBAGAI AGREGAT BETON RINGAN MENUJU EKONOMI SIRKULAR	48
<b>3. LAHAN / TANAH / BIBIT / BUDIDAYA</b>	<b>50</b>
20. KAJIAN PRODUKTIVITAS LAHAN SAWIT BERGAMBAT SAAT MEMASUKI PERIODE AWAL TANAMAN MENGHASILKAN DAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PALUDIKULTUR PADA PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT	52
21. TEKNOLOGI PENGANTARAN SERBUK SARI (POLLEN VECTORING TECHNOLOGY) UNTUK PENYERBUKAN KELAPA SAWIT	54
22. PENGEMBANGAN ALAT DETEKSI CEPAT GANODERMA BONINENSE MENGGUNAKAN DIVAIS DETEKSI DNA PORTABEL	56
23. PENGEMBANGAN REFERENSI PAN-GENOME DAN PENERAPAN ASSOCIATION STUDIES PADA KELAPA SAWIT (ELAEIS GUINEENSIS JACQ.) SEBAGAI PERCEPATAN RISET BIOTEKNOLOGI DAN PEMULIAAN KELAPA SAWIT DI INDONESIA	58
24. APLIKASI TEKNIK PEMULIAAN MAJU DAN PENGEMBANGAN MEDIUM KULTUR JARINGAN BERBASIS SILIKA (SI) UNTUK PERCEPATAN PEROLEHAN BIBIT KELAPA SAWIT UNGGUL TOLERAN KEKERINGAN	60
25. PRODUKSI FLAVONOID OPLE INHIBITOR CYP51 HASIL PENAPISAN FITOKIMIA DENGAN MOLECULAR DOCKING DAN UJI EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA BONINSE	62
26. PENGAYAAN BAHAN AKTIF FUNGISIDA ORGANIK GANOR UNTUK MENINGKATKAN EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA	64
27. SAFIRA : SAWIT EFISIEN HARA	66
28. PENGEMBANGAN BIOFUNGISIDA BERBASIS RNA INTERFERENCE (RNAI) SEBAGAI UPAYA KURATIF MENGATASI PENYEBAB BUSUK PANGKAL BATANG KELAPA SAWIT	68
29. PENGAYAAN PEMANFAATAN IRADIASI ENERGI PHOTON UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BERCAK DAUN DAN PEMACU PERTAMBUHAN	70
<b>4. PASCA PANEN / PENGOLAHAN</b>	<b>72</b>
30. RANCANG BANGUN PABRIK MINYAK SAWIT MINI MOBILE TANPA PEREBUSAN	74
31. RANCANG BANGUN WORK PLATFORM PEMANEN TBS KELAPA SAWIT	76
32. PERFORMA NANO HYBRID COOLANT BERBASIS TURUNAN CRUDE PALM OIL PADA RADIATOR MOBIL 1000 CC.	78
33. DESAIN SISTEM KERJA DAN UPPER LIMB EXOSKELETON UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN KESALAMATAN KERJA PANEN-MUAT KELAPA SAWIT	80
<b>5. PANGAN / KESEHATAN</b>	<b>82</b>
34. TEKNOLOGI PREDIGESTION DAN BIOKONVERSI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BUNGKIL INTI SAWIT SEBAGAI BAHAN PAKAN TERNAK AYAM	84
35. PENINGKATAN TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT) PRODUKSI GARAM MAGNESIUM ASAM LEMAK DAN VITAMIN E DARI PFAD UNTUK EKSIPIEN PANGAN DAN KOSMETIKA	86
36. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MITIGASI 3-MCPD DAN GE DARI RBDPO DAN KAJIAN TEKNOEKONOMI	88
37. KAJIAN POTENSI MNYAK INTI SAWIT MERAH SEBAGAI SUPLEMEN MAKANAN	90

38.	GERAKAN PEKERJA SEHAT DAN PRODUKTIF: STUDI MULTIDISIPLIN PADA PERUSAHAAN KELAPA SAWIT _____	92	57.	STUDI EFEKTIVITAS DESTILASI ASAP LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DISTILLATION CYCLONE SEBAGAI INSEKTISIDA ALAMI ULAT API _____	132
39.	PRODUKSI TELUR AYAM RAS FUNGSIONAL TINGGI ANTIOKSIDAN DAN RENDAH KOLESTEROL MELALUI PEMBERIAN LUMPUR SAWIT HASIL BIKONVERSI KAPANG NEOROSPORA SP _____	94	58.	PRODUKSI BIO-COKE DARI LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR DENGAN KALORI TINGGI DAN RAMAH LINGKUNGAN. _____	134
40.	SINTESIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS (MIPS) SEBAGAI ABSORBEN SELEKTIF UNTUK PEMISAHAN DAN PEMURNIAN ISOMER TOCOTRIENOL DARI CRUDE PALM OIL _____	96	59.	PRODUKSI NANOPARTIKEL SILIKA BIOGENIK DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN RUBBER FOAM SOLE PADA BIOSNEAKERS _____	136
41.	NANOEMULSI SUPERVITAMIN E KAYA TOKOTRIENOL SEBAGAI IMUNOTERAPI UNTUK KANKER HASIL EKSTRAKSI SELEKTIF SISTEM DUA FASA DARI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT (NANOVITE) _____	98	60.	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES KONVERSI LIMBAH TKKS MENJADI ASAM GLIKOLAT UNTUK INDUSTRI KOSMETIKA _____	138
42.	PENGEMBANGAN NANOPARTIKEL KARBON DARI LIMBAH KELAPA SAWIT (ELAEIS GUINEENSIS) SEBAGAI BAHAN AEROSOL BERTANDA TECHNETIUM-99M (99MTC) DALAM PENCITRAAN VENTILASI PARU UNTUK DIAGNOSA EMBOLI PARU _____	100	61.	PERAKITAN TEKNOLOGI DETEKSI CEPAT (LASER POINTER DAN LIGHT SENSOR-LAPOLISE) UNTUK INDIKATOR LINGKUNGAN (RESIDU PESTISIDA) _____	140
<b>6.</b>	<b>PENANGANAN LIMBAH / LINGKUNGAN _____</b>	<b>102</b>	62.	OPTIMALISASI AREA REPLANTING SAWIT UNTUK PENGEMBANGAN JAGUNG DAN TERNAK UNGGAS GUNA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR MASYARAKAT DI KABUPATEN KOTAWARINGIN BARAT, KALIMANTAN TENGAH _____	142
43.	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DETEKSI CEPAT KUALITAS AIR LIMBAH PABRIK PENGOLAHAN SAWIT BERBASIS IOT UNTUK Mendukung SUSTAINABILITY _____	104	63.	KAJIAN TATA KELOLA LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR Studi Kasus : Limbah Cair (POME) Pabrik Kelapa Sawit _____	144
44.	REAKTIVASI DAN PRODUKSI KATALIS PADAT DARI SPENT BLEACHING EARTH (SBE), HASIL SAMPING PROSES PEMURNIAN MINYAK SAWIT, UNTUK MENGURANGI BEBAN LINGKUNGAN DAN MENINGKATKAN CITRA UNGGUL INDUSTRI SAWIT _____	106	<b>7.</b>	<b>SOSIAL / EKONOMI / ICT _____</b>	<b>146</b>
45.	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BIO-FISIKA-KIMIA DEOILISASI SPENT BLEACHING EARTH DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MATERIAL PENJERAP LOGAM BERAT DAN RESIDU PESTISIDA DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT _____	108	64.	SAWIT DAN SDGs: KAJIAN TENTANG KONTRIBUSI PADA PENCAPAIAN TARGET SDGs DAN PERANCANGAN STRATEGI PENINGKATAN KONTRIBUSINYA _____	148
46.	PEMANFAATAN GLYCERINE PITCH LIMBAH INDUSTRI OLEOKIMIA MENJADI PRODUK BERNILAI JUAL TINGGI _____	110	65.	PERAN KEBIJAKAN KOMPREHENSIF, SUPLEMENTASI, DAN KECERDASAN EMOSIONAL UNTUK PENINGKATAN STATUS KESEHATAN REPRODUKSI, STATUS GIZI DAN PENYIMPANGAN KERJA PADA PEKERJA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT _____	150
47.	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KONVERSI TERINTEGRASI UNTUK PENGOLAHAN Palm Oil Mill Effluent (POME) dan Produksi Bahan Bernilai Tambah dengan Biomassa Mikroalga _____	112	66.	PERAN KEBIJAKAN KOMPREHENSIF UNTUK PENINGKATAN STATUS GIZI, KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA, DAN KESEHATAN REPRODUKSI PADA PEKERJA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT _____	152
48.	PEMBUATAN PURWARUPA SISTEM PENYEDIA ENERGI LISTRIK TERINTEGRASI (BATERAI DAN SUPERKAPASITOR) DARI LIMBAH KELAPA SAWIT _____	114	67.	MODEL REINTEGRASI SOSIAL-EKONOMI EKS KOMBATAN GAM RIMUENG KURENG BERBASIS USAHA KELAPA SAWIT DI KECAMATAN NISAM ANTARA KABUPATEN ACEH UTARA PROVINSI ACEH _____	154
49.	PENGEMBANGAN PRODUK SILIKA NANO PARTIKEL BERBASIS ABU BOILER CANGKANG SAWIT (Palm Kernel Shell ash) UNTUK APLIKASI BIOMEDIK _____	116	68.	MODEL KOLABORASI AKAR RUMPUT UNTUK PENGUATAN MODAL SOSIAL KELEMBAGAAN PETANI SWADAYA DALAM IMPLEMENTASI SERTIFIKASI ISPO DI PROVINSI RIAU _____	156
50.	OPTIMASI PRODUKSI KOKAS KOMERSIAL BERBASIS LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI REDUKTOR RAMAH LINGKUNGAN _____	118	69.	KAJIAN STRATEGI DAN INSENTIF UNTUK PERCEPATAN PELAKSANAAN SERTIFIKASI SAWIT BERKELANJUTAN (ISPO, RSPO, DAN ISCC): KASUS DI KALIMANTAN BARAT DAN RIAU _____	158
51.	BIODELIGNIFIKASI CEPAT TKKS UNTUK PRODUKSI ASAM FULVAT SEBAGAI IMMUNOMODULATOR POTENSIAL _____	120	70.	KAJIAN ASPEK SOSIAL-EKONOMI DAN PEMASARAN KOMODITAS KELAPA SAWIT: STUDI KASUS DI INDONESIA, MALAYSIA, DAN GHANA _____	160
52.	FUNGSIONALISASI LIMBAH SAWIT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PEROLEHAN KEMBALI LOGAM BERTAMBAH DARI LIMBAH ELEKTRONIK _____	122	71.	INTEGRASI PLATFORM BERBASIS AWAN (CLOUD) UNTUK MENUNJANG MENARA KONTROL RANTAI PASOK KELAPA SAWIT UNTUK STABILISASI HARGA DAN PASOKAN MINYAK GORENG BERSUBSIDI _____	162
53.	INTEGRASI PROSES BIOPRODUKSI ASAM GLUKONAT DAN ASAM XILONAT SEBAGAI PLATFORM CHEMICALS DALAM RANGKA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS KELAPA SAWIT _____	124	72.	PERSEPSI DAN ADOPTSI INOVASI PETANI TERHADAP IMPLEMENTASI SERTIFIKASI INDONESIA SUSTAINABLE PALM OIL: SEBUAH ANALISIS, REVIEW, DAN OUTLOOK _____	164
54.	PENGEMBANGAN MEMBRAN SKALA BENCH UNTUK NUTRIENT RECOVERY DAN RECYCLE AIR LIMBAH POME SEBAGAI AIR PROSES _____	126	73.	INTEGRASI SISTEM DETEKSI SIDIK JARI BERBASIS SPASIAL ORIGIN DENGAN KARAKTERISTIK SOSIAL EKONOMI PETANI UNTUK KEBERLANJUTAN MINYAK SAWIT INDONESIA (I-SEURaMOE) _____	166
55.	PENGEMBANGAN LIMBAH KELAPA SAWIT UNTUK PAKAN LOBSTER AIR TAWAR DALAM MEWUJUDKAN CIRCULAR ECONOMY MINAPOLITAN DI KAWASAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG TIMUR _____	128	74.	KAJIAN KOMPREHENSIF KEBIJAKAN TATA KELOLA DAN EKSPOR BENIH KELAPA SAWIT INDONESIA _____	168
56.	MONITORING DAN CONTROLLING KESEIMBANGAN EMISI KARBON PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT DAN NON-GAMBUT DENGAN METODE KECERDASAN BUATAN _____	130	75.	AKSELERASI PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT (PSR) TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA DAN DAYA SAING KELAPA SAWIT RAKYAT _____	170



**01**   
**BIO**   
**ENERGY**

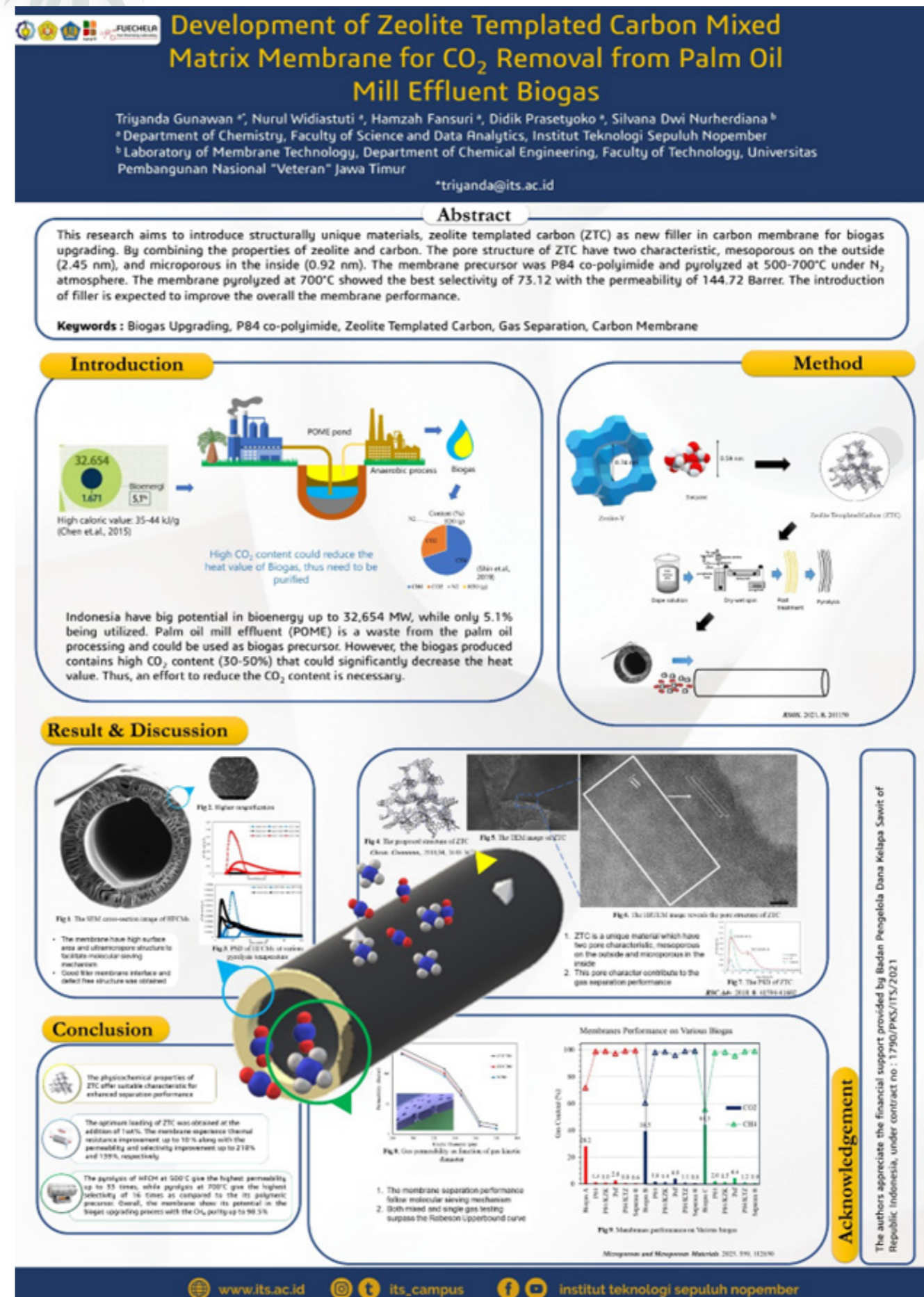
## PENGEMBANGAN MIXED MATRIX MEMBRANE BERBASIS KARBON TERTEMLAT ZEOLIT (KTZ) UNTUK PROSES PEMISAHAN CO<sub>2</sub> DARI BIOGAS PALM OIL MILL EFFLUENT (POME)

Dr. Triyanda Gunawan dan Tim Peneliti.

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia yang terjadi dalam kurun waktu 5 tahun kedepan diperkirakan mencapai 4,77%. Peningkatan tersebut menyebabkan semakin tingginya kebutuhan energi, dimana Indonesia masih memanfaatkan bahan bakar fosil untuk mencukupi kebutuhan energi. Namun, penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan permasalahan lingkungan, seperti meningkatkan emisi gas rumah kaca. Biogas menjadi sumber energi alternatif yang menjanjikan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Selain itu, potensi pengembangan biogas di Indonesia didukung dengan ketersediaan bahan baku, seperti Palm Oil Mill Effluent (POME) yang merupakan residu pengolahan kelapa sawit. Meskipun, biogas memiliki peluang besar sebagai sumber energi, namun adanya kandungan CO<sub>2</sub> yang tinggi pada biogas POME menyebabkan terjadinya penurunan nilai kalor pembakaran sehingga perlu dilakukan pemurnian.

Beberapa teknologi pemurnian yang ada seperti pressure swing adsorption, cryogenic distillation -adsorben dan membran merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk proses pemurnian biogas. Di antara beberapa teknologi tersebut, membran merupakan teknologi yang sangat potensial karena ramah lingkungan, efisiensi energi rendah, tidak membutuhkan ruangan yang besar dan dapat menghasilkan dua produk murni sekaligus. Lebih jauh lagi, membran yang ada dipasaran merupakan produk import, sehingga penelitian terkait membran sangat potensial untuk menghasilkan produk substitusi import. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material membran berbasis Karbon Tertemplat Zeolit (KTZ) sebagai filler pada matrix polimer P84 ko-poliimida untuk proses pemisahan CO<sub>2</sub> dari biogas Palm Oil Mill Effluent (POME).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa material KTZ memiliki struktur pori yang unik, yaitu mesopori (2,455 nm) di bagian luar dan mikropori (0,923 nm) di bagian dalam. Lebih lanjut luas permukaan dari material ini mencapai 1254,38 m<sup>2</sup>/g. Membran diujikan pada berbagai jenis biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> 55-70% dan CO<sub>2</sub> 30-45% pada tekanan atmosfer. Membran yang dikembangkan mampu menghasilkan biogas dengan kandungan >95% dan cukup bersaing dengan membran komersial Sepuran ® dan sedikit lebih baik dibandingkan dengan membran komersil berbasis Polysulfone (PSf). Hal ini dikarenakan membran memiliki selektivitas (ketajaman pemisahan) yang sangat tinggi yaitu 20-35. Sedangkan selektivitas minimal untuk memurnikan biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> 50% menjadi biometana (95% CH<sub>4</sub>) adalah 9. Lebih lanjut, kapasitas produksi biogas untuk modul membran bench scale berisi 100 fiber sebesar 0,3 mL/s (0,038 SCFH) dan untuk membran bench scale berisi 1000 fiber (pipa berukuran 1inch), memiliki produktivitas sebesar 1.49 mL/s (~0,19 SCFH). Hasil tersebut adalah untuk membran tercoating polidimetil siloxane (PDMS), sementara yang tanpa coating memiliki produktivitas 10x lebih tinggi namun dengan penurunan selektivitas 5x, yang mana masih masuk dalam batas minimum performa membran untuk menghasilkan biometana dari biogas.



# PENINGKATAN NILAI KESTABILAN OKSIDASI BODIESEL MELALUI TRANSFER HIDROGEN KATALITIK ANTARA FAME DAN GLISEROL Sambil MEMPRODUKSI DHA

Dr. Antonius Indarto Tim Peneliti.

Kapasitas produksi biodiesel (FAME) dari minyak sawit di Indonesia saat ini telah mencapai angka 11 juta liter per tahun dengan tingkat bauran di angka 30% (B30, solar dengan campuran 30% biodiesel). Namun ketahanan oksidasi biodiesel saat ini masih (jauh) di bawah diesel minyak bumi yang periode induksi rancimatnya di atas 35 jam. Ketahanan oksidasi yang minimal menyamai minyak diesel fosil akan menghilangkan kekhawatiran kerusakan kualitas biodiesel selama pengangkutan dan penyimpanan. Oleh sebab itu, perbaikan tingkat oksidasi biodiesel diperlukan untuk meniadakan kekhawatiran tersebut terutama jika kandungan FAME dinaikkan ke nilai 40% (B40) atau lebih. Di sisi lain, makin besarnya produksi biodiesel di Indonesia akan membuat produk samping gliserol kian membanjiri pasar sehingga membutuhkan rute pemasaran baru. Pada penelitian ini, penggunaan gliserol (hasil samping produksi biodiesel) sebagai sumber hidrogen digunakan untuk memodifikasi FAME sawit menjadi biodiesel kualitas tinggi sambil memproduksi DHA (dihidroksiaseton). Biodiesel kualitas tinggi memiliki tingkat oksidasi yang menyetarai nilai diesel minyak bumi sedangkan DHA merupakan bahan kimia yang memiliki nilai komersial yang lebih tinggi dari gliserol dan dapat digunakan sebagai bahan baku asam laktat yang nilai ekonomisnya lebih tinggi. Pada penelitian tahap pertama, pembuatan katalis dengan komposisi tertentu dilakukan untuk mencari katalis yang dapat digunakan untuk proses hidrogenasi FAME sawit ke biodiesel kualitas tinggi sekaligus untuk mengkonversi gliserol ke DHA dalam satu reaksi pada kondisi suhu dibawah titik didih reaktan dan tekanan ruang.

Dari penelitian ini akan dihasilkan teknologi proses terintegrasi konversi gliserol ke DHA dan hidrogenasi FAME ke biodiesel kualitas tinggi yang selanjutnya dapat digunakan dalam skala komersial untuk meningkatkan kualitas FAME sawit dan meningkatkan nilai ekonomi proses produksi biodiesel di Indonesia menjadi lebih ekonomis. Dari hasil penelitian sejauh ini terdapat peningkatan stabilitas oksidasi dari 0,08 jam (baseline) menjadi 42,57 jam untuk tempuhan dengan katalis Cu-Cr dengan berat katalis 2 gram dan waktu reaksi 5 jam. Indikasi penurunan angka Iodium dan angka peroksida menjadi indikasi positif terkait peningkatan kestabilan oksidasi dari biodiesel, dengan DHA mulai terindikasi terbentuk pada konsentrasi 0,2 gram/Liter.

Hasil penelitian akan dipatenkan sebagai teknologi baru yang siap dikomersialisasikan dan dipublikasikan dalam jurnal ilmiah di tingkat nasional ataupun internasional. Urgensi penelitian ini adalah menawarkan teknologi produksi biodiesel kualitas tinggi dan DHA untuk meningkatkan ketahanan pangan Indonesia, mengurangi ketergantungan permintaan ekspor, dan meningkatkan hilirisasi industri kelapa sawit Indonesia. Karakterisasi katalis, bahan baku dan produk dari reaksi di atas akan diselenggarakan untuk mengkonfirmasi hasil perolehan reaksi. Selain itu, optimasi reaksi akan dilakukan untuk mencari kondisi suhu dan tekanan yang memberikan perolehan yang tinggi dari reaksi tersebut.

## PENINGKATAN NILAI KESTABILAN OKSIDASI BODIESEL MELALUI TRANSFER HIDROGEN KATALITIK ANTARA FAME DAN GLISEROL Sambil MEMPRODUKSI DHA

### PEKAN RISET SAWIT INDONESIA 2023

KETUA PENELITI: DR. ANTONIUS INDARTO

#### Latar Belakang

Tahun	Estar metil	Periode induksi rancimat (jam)	Angka setan	Titik leleh (°C)	Angka Iodium (g-I <sub>2</sub> /100g)
2008 (B10)	Laurat, Me C12:0	>20	38,2	3,7	0
2013 (B20)	Minyat, Me C14:0	>20	70	17,1	0
2020 (B30)	Palmitat, Me C16:0	>20	79,8	28,8	0
2021 (B37)	Stearat, Me C18:0	>20	90,6	39	0
2022 (B77)	Oleat, Me C18:1	>14	38,5	-19,5	85,6
2023	Linoleat, Me C18:2	1	40,2	-35	172,4
	Linoleat, Me C18:3	0,2	72	-67	260,3
	Batasan nilai	>10	>51	>187	>115

Bauran biodiesel terus meningkat sehingga diperlukan biodiesel dengan kualitas lebih tinggi

Produksi Biodiesel → Gliserol

• Perlu pemanfaatan gliserol hasil samping biodiesel

	Stabilitas oksidasi	Titik kabut
EMAL Jenuh	✓	✗
Metil oleat	✓	✓
EMAL tak ganda jenuh	✗	✗

Gliserol

Transfer hidrogen dan hidrogenasi

Produk terhidrogenasi (biodiesel kualitas tinggi)

Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk meningkatkan kestabilan oksidasi biodiesel yang tinggi agar bauran biodiesel dapat ditingkatkan tanpa merusak mesin dengan memanfaatkan keberlimpahan gliserol bersamaan memperoleh produk DHA yang bernilai ekonomis tinggi.

#### Metodologi

Sintesis katalis metal ganda dengan metode ko-presipitasi dan impregnasi dengan dan tanpa sonikator

Katalis berbasis Ni Tandem metal berupa: Zn, Cr, Fe Ag

Seleksi katalis untuk produksi biodiesel berkestabilan oksidasi tinggi dan DHA menggunakan metode transfer hidrogen dari gliserol ke FAME sawit

Variasi jenis katalis Suhu, tekanan, dan rasio katalis-umpan ditentukan di awal

Optimasi reaksi produksi biodiesel berkestabilan oksidasi tinggi dan DHA menggunakan metode transfer hidrogen dari gliserol ke FAME sawit

Variasi jenis katalis Variasi kondisi katalis (format/gliserasol) Variasi rasio katalis-umpan

Karakterisasi katalis dan produk

Angka Iodium, angka asam, angka peroksida, kestabilan oksidasi Surface area, stabilitas termal, struktur kristal

#### Hasil Eksperimen

No.	Katalis	Suhu (°C)	Waktu (jam)	Agan Pembasa	Stabilitas Oksidasi (jam)	Angka Peroksida	Angka Iodium	Konsentrasi DHA (g/L)
-	-	-	-	-	0,08	28,62	53,81	-
1	CuCr (2 gram)	200	7,8	Kalium Gluamat	42,57	7,96	52,69	0,19
2	CuCr (2 gram)	225	7,8	Kalium Gluamat	29,77	2,82	53,43	0,54
3	CuCr (1 gram)	225	7,8	Kalium Gluamat	29,31	2,4	52,2	0,52
-	-	-	-	-	13,52	4,2	44,13	-
4	Bedo CuCr (2 gram)	200	7,8	Kalium Gluamat	40	0,7	44,23	0,17
5	CuCr (1 gram)	250	7,8	Kalium Gluamat	35,79	0,7	43,66	0,123

#### Reaksi dan Uji Performa Katalis

Biodiesel, Agen Pembasa, Gliserol, Katalis, Pelarut mitra

Reaksi Hidrogenasi Parsial

Bioreaksi terhidrogenasi

- Uji angka Iodium
- Uji angka peroksida
- Uji kestabilan oksidasi

Performa katalis

Fase akhirik

Analisa kadar DHA

#### KESIMPULAN

Adanya peningkatan stabilitas oksidasi dari 13,52 jam (baseline) menjadi 40 jam untuk tempuhan dengan katalis Cu-Cr dibandingkan dengan katalis-katalis yang telah dicoba

Anggota Tim

Dr. Agatha,  
Dr. Jenny Rizkiana,  
Dr. Yohanes Andre Situmorang

Contact: indarto@che.itb.ac.id

Yukik Basoenji dan Kamargi  
No.1, Gedung Labtek IA  
Kampus ITB Jatihangkar  
Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363  
Tel: +62 (22) 7798800  
Fax: +62 (22) 7798800

# PROSES PENINGKATAN MUTU BIOGAS DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DENGAN SISTEM ABSORPSI K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> BERPENGAKTIF PIPERAZIN DAN KONVERSINYA MENJADI ASAM FORMAT DENGAN PROSES ELEKTROKIMIA

Prof. Dr. Eng. Ir. Irvan, M.Si. dan Tim

Biogas yang terbangkitkan dari Palm Oil Mill Effluent (POME) di kolam penampungan harus ditangkap agar gas rumah kaca tak lepas ke atmosfer sehingga mencemari udara, dimana gas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar ataupun bahan mentah bagi produksi zat-zat kimia yang bernilai tambah. Untuk berbagai keperluan tersebut, biogas perlu diolah untuk meningkatkan mutunya (upgrading) menjadi biometan (> 95 %-v CH<sub>4</sub>) dengan menyingkirkan CO<sub>2</sub> yang dikandungnya. Salah satu cara penyingkiran CO<sub>2</sub> yang relatif murah adalah melalui proses absorpsi kimia menggunakan absorben larutan kalium karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dengan promotor/pengaktif piperazin (PZ), yang telah banyak digunakan pada industri pengolahan gas bumi dan produksi amoniak. Absorben yang telah mengabsorpsi CO<sub>2</sub> pada temperatur rendah bisa diregenerasi dengan proses stripping pada sekitar temperatur didih sehingga CO<sub>2</sub> terlepas kembali dan dapat dimanfaatkan atau dilepas ke atmosfer. Salah satu rute potensial pemanfaatan CO<sub>2</sub> yang perlu dikembangkan adalah konversi melalui proses reduksi elektrokimia menjadi asam format, yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter-parameter yang berpengaruh dalam proses absorpsi CO<sub>2</sub> dari biogas menggunakan larutan absorben K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan promotor piperazin, dan proses reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub> tersebut menjadi asam format.


Penelitian pertama berupa proses absorpsi CO<sub>2</sub>, dengan mempelajari pengaruh penambahan piperazin (PZ) ke dalam 30wt % kalium karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) pada suhu 30oC, 40oC, dan 50oC, konsentrasi PZ 1%, 3%, dan 5%, serta laju alir penyerap 1; 1,5 dan 2 liter/menit. Penelitian dilakukan pada kolom packing berbahan stainless steel dengan tinggi 150 cm dan diameter 9,6 cm yang diisi dengan packing jenis rasching ring berbahan keramik untuk memperluas kontak antara gas dan penyerap. Proses dilakukan berlawanan arus, dimana gas dialirkan dengan laju alir konstan 50 liter/menit dari bawah dan penyerap dengan komposisi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, PZ, dan air suling dari atas kolom. Loading CO<sub>2</sub> dan pembuangan CO<sub>2</sub> dalam sampel ditentukan dengan titrasi asam basa.

Penelitian kedua difokuskan pada proses reduksi elektrokimia gas CO<sub>2</sub> murni dengan variabel laju alir gas CO<sub>2</sub> masuk ke dalam sel elektrokimia (0,05; 0,10; dan 0,15 liter/menit), tegangan yang digunakan (2,98 V dan 4,42 V), dan laju alir air deionisasi yang digunakan (0,035; 0,065; dan 0,095 liter/menit). Penelitian dilakukan pada reaktor elektrolisis tiga kompartemen menggunakan elektrolit padat (Solid-state electrolyte) diantara anoda dan katoda. Produk asam format yang dihasilkan dari kompartemen tengah kemudian dianalisis menggunakan metode titrasi asam basa.


Hasil pengujian awal terhadap peralatan absorpsi menunjukkan bahwa flooding kolom terjadi pada laju alir air 4 liter/menit untuk laju alir udara 20 liter/menit. Sedangkan pengujian absorpsi CO<sub>2</sub> murni menghasilkan jumlah CO<sub>2</sub> yang diserap oleh larutan sebesar 16,574% selama 15 menit, serta pengujian absorpsi CO<sub>2</sub> dalam biogas mampu menyerap CO<sub>2</sub> sebanyak 8,391%. Sementara kalibrasi sel elektrokimia, mampu beroperasi pada tegangan 2 - 5 V dan arus 0,6 - 1 A, sesuai dengan spesifikasi peralatan yang digunakan.

Hasil penelitian absorpsi menunjukkan bahwa PZ 5% mampu memuat 0,0664 mol CO<sub>2</sub>/mol K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan removal CO<sub>2</sub> 92,7575% pada kondisi operasi 50oC dan laju alir penyerap 2 liter/menit. Penambahan PZ 5% mampu meningkatkan penyisihan CO<sub>2</sub> sebesar 16,9525%. Sementara proses elektrolisis menunjukkan bahwa konsentrasi asam format naik seiring dengan kenaikan laju alir CO<sub>2</sub> dan penurunan laju alir air deionisasi, dimana tegangan 4,42 V menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik daripada 2,98 V. Konsentrasi asam format tertinggi yang didapatkan adalah senilai 3,3% pada laju alir CO<sub>2</sub> 0,15 liter/menit dan laju alir air deionisasi 0,035 liter/menit pada tegangan 4,42 V.

Kata kunci: absorpsi, asam format, elektrokimia, karbondioksida, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, piperazine




**Proses Peningkatan Mutu Biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dengan Sistem Absorpsi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Berpengaktif Piperazin dan Konversinya menjadi Asam Format dengan Proses Elektrokimia**




**No. Kontrak : PRJ-18/DPKS/2021**

### LATAR BELAKANG

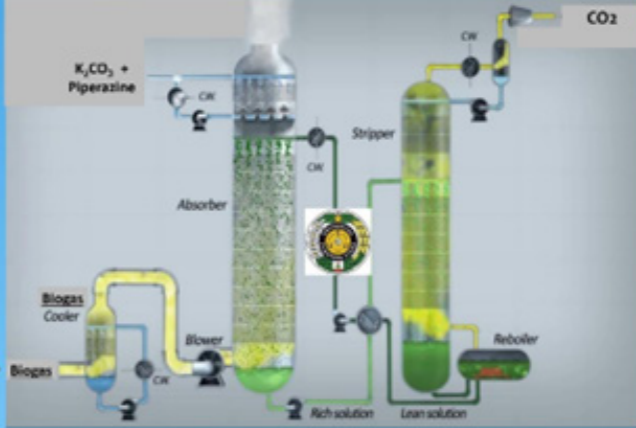
- ❑ Limbah POME menjadi sumber pencemaran di industri kelapa sawit sehingga harus diolah, misal menjadi biogas.
- ❑ Kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas sangat besar, sehingga harus dipisahkan dari gas metan dan pengotor lainnya.
- ❑ Absorpsi CO<sub>2</sub> oleh larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan pengaktif piperazine merupakan solusi pemisahan CO<sub>2</sub> yang tepat, karena biayanya murah dan absorbennya bisa diregenerasi.
- ❑ CO<sub>2</sub> yang terserap dalam absorben dipisahkan dengan proses *stripping*, untuk kemudian dikonversi menjadi asam format (HCOOH) melalui proses reduksi elektrokimia.
- ❑ Asam format yang terbentuk bisa dimanfaatkan untuk industri tekstil, farmasi, pakan, serta *hydrogen carrier*.



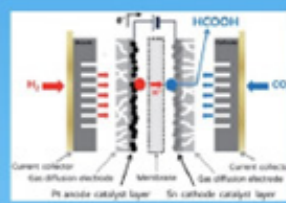
**Limbah POME**



**Anaerobic Digester**



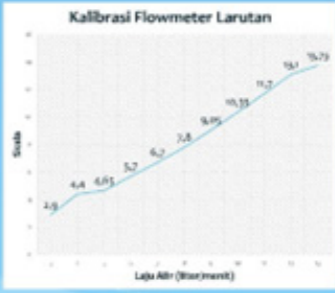
**Kolom Absorber Gas & Stripper**



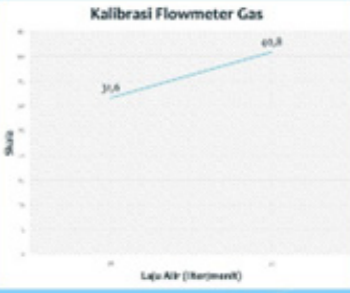
**HCOOH Electrolyzer**

### TUJUAN RISET

1. Mengetahui teknologi pemurnian biogas menggunakan absorpsi CO<sub>2</sub> oleh K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan promotor piperazin di dalam *packed column*, agar dihasilkan biogas dengan kadar metana yang tinggi.
2. Mengetahui variabel yang berpengaruh dalam proses *stripping* absorben, agar CO<sub>2</sub> bisa dipisahkan dengan baik.
3. Mengetahui proses reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub> yang efektif dan efisien, agar dihasilkan produk asam format yang bernilai tinggi.



**Kalibrasi Flowmeter Larutan**



**Kalibrasi Flowmeter Gas**

### Uji absorpsi CO<sub>2</sub> dari udara dengan laju alir 20 liter/menit

Laju Alir Air (L/Menit)	Laju Alir Udara (L/Menit)	Laju Alir CO <sub>2</sub> (L/menit)	CO <sub>2</sub> Masuk (%)	CO <sub>2</sub> Keluar (%)
1,8	20	5	100%	4
3				5
4				7
4				7

Laju Alir Air (L/Menit)	Laju Alir Udara (L/Menit)	Laju Alir CO <sub>2</sub> (L/menit)	CO <sub>2</sub> Masuk (%)	CO <sub>2</sub> Keluar (%)
1,8	20	10	100%	10
3				9
4				12
4				12

Laju Alir Air (L/Menit)	Laju Alir Udara (L/Menit)	Laju Alir CO <sub>2</sub> (L/menit)	CO <sub>2</sub> Masuk (%)	CO <sub>2</sub> Keluar (%)
1,8	20	15	100%	10
3				20
4				20
4				11

### TIM PENELITI

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Irvan, M.Si. (Ketua)  
081376413915, irvan@usu.ac.id
2. Dr. Eng. Taufiq bin Nur, ST M.Eng. (anggota)
3. Muhammad Sigit Cahyono, S.T., M.Eng. (anggota)
4. M. Noviansyah Aridito, S.Pd., M.Sc. (anggota)



## UJI JALAN (ROAD TEST) B40 PADA KENDARAAN BERMESIN DIESEL

Dr. Cahyo Setyo Wibowo dan Tim

Pada tahun 2022, Kementerian ESDM c.q. Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS melaksanakan kegiatan uji jalan (road test) penggunaan bahan bakar B40 pada kendaraan bermesin diesel yang didanai oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPD PKS). Kegiatan ini melibatkan beberapa stakeholder, meliputi Ditjen EBTKE, Ditjen Migas, BBPMGB LEMIGAS, BBSP KEBTKE, BRIN,

PT Pertamina (Persero), APROBI, Komite Teknis Bioenergi, IKABI, dan Akademisi. Dengan terlibatnya seluruh pemangku kepentingan terkait, diharapkan dapat diperoleh kesepakatan bersama dalam penyusunan rekomendasi teknis implementasi penggunaan B40 untuk kendaraan bermesin diesel sehingga dapat berjalan dengan baik tanpa ada resistensi yang besar. Tujuan kegiatan uji jalan (road test) penggunaan bahan bakar B40 pada kendaraan bermesin diesel adalah untuk:

- Membandingkan kinerja B40 dan B30D10 terhadap B30 serta mendapatkan konfirmasi usulan pengembangan spesifikasi B100;
- Mendapatkan konfirmasi efek penggunaan B40 dan B30D10 pada kondisi awal dibandingkan dengan kondisi akhir sesuai jarak tempuh uji jalan;
- Mendapatkan output berupa rekomendasi teknis penggunaan B40 dan B30D10 pada kendaraan bermesin diesel.

Pada kegiatan uji jalan penggunaan bahan bakar B40 pada kendaraan bermesin diesel, bahan bakar yang diuji memiliki dua formulasi campuran yaitu bahan bakar B40 dengan formulasi pencampuran 60% Minyak Solar (B0) dengan 40% Biodiesel (B100\*) dengan spesifikasi usulan komite teknis bioenergi dan bahan bakar B30D10 dengan formulasi pencampuran 60% Minyak Solar dengan 10% Diesel Biohidrokarbon dan 30% Biodiesel (B100\*) dengan spesifikasi usulan komite teknis bioenergi. Kendaraan bermesin diesel yang digunakan pada kegiatan ini berjumlah 12 (dua belas) unit yang terdiri dari enam unit kendaraan <3,5 ton (tiga merk masing-masing dua unit) dan enam unit kendaraan >3,5 ton (tiga merk masing-masing dua unit). Pemilihan kendaraan uji jalan tersebut didasarkan atas data statistik populasi kendaraan di Indonesia tahun 2017 hingga awal tahun 2022 dan berdasarkan hasil diskusi dengan para stakeholder. Adapun jarak tempuh kendaraan <3,5 Ton per hari yaitu 650 kilometer dan untuk kendaraan <3,5 Ton yaitu 550 kilometer.

Berdasarkan hasil uji jalan B40 dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan yaitu :

- B40 dan B30D10 menunjukkan perbaikan karakteristik angka setana, lubrisitas, dan kandungan sulfur, dibandingkan minyak solar murni (B0). Adapun B30D10 menunjukkan perbaikan karakteristik kandungan air, kestabilan oksidasi, dan nilai kalor dibandingkan B40.
- Selama penyimpanan 6 bulan di daerah Lembang dan Cirebon, bahan bakar B40, B30D10, dan B30 masih stabil berdasarkan analisis kestabilan oksidasi, bilangan asam, viskositas, berat jenis, dan kandungan FAME. Adapun peningkatan kandungan air dengan laju 1,1 ppm/hari (B40) dan 1,0 ppm/hari (B30D10 dan B30).
- Kapasitas absorpsi kadar air minyak solar (B0), diesel-biohidrokarbon (D100), dan biodiesel (B100) meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Diesel-biohidrokarbon memiliki kapasitas absorpsi kandungan air yang mirip dengan minyak solar. Biodiesel memiliki kapasitas absorpsi yang lebih tinggi, akibat kehadiran gugus ester pada struktur molekulnya yang mengakibatkan sifat higroskopis terhadap molekul air.
- Pembentukan endapan presipitasi dipengaruhi oleh konsentrasi biodiesel dalam minyak solar, kandungan monogliserida, suhu pengujian, dan waktu pengkondisian. Semakin tinggi nilai monogliserida maka semakin tinggi pembentukan endapan presipitasi.
- Bahan bakar B40 dan B30D10 tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kinerja kendaraan, emisi, komponen mesin, kompatibilitas material, dan sifat fisika kimia minyak lumas masing-masing kendaraan.
- Hasil pengujian cold startability disimpulkan bahwa seluruh kendaraan dapat menyala dengan normal (waktu penyalaan kurang dari 5 detik) pada kondisi temperatur dingin dengan waktu soaking 7, 14, 21, dan 28 hari pada seluruh variasi monogliserida bahan bakar.

Adapun luaran dari uji jalan B40 ini berupa rekomendasi teknis penetapan spesifikasi B35 dan B100 untuk B35 serta draft usulan spesifikasi B40, B30D10, dan B100 untuk B40. Selain itu, luaran dari uji jalan ini yaitu "Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nabati dan Campurannya dengan Kandungan Maksimum 40% untuk Mesin Diesel" yang telah diterbitkan oleh Ditjen EBTKE.

**UJI JALAN (ROAD TEST) PENGGUNAAN BAHAN BAKAR B40 PADA KENDARAAN BERMESIN DIESEL**

Nomor Kontrak: PRL/327/DPKS/2022

**LATAR BELAKANG**  
**Palm Oil for Renewable Energy**  
 To an effort to reduce fossil fuel import dependency, Indonesia aims to develop green fuels, derived from palm oil & its by-products.

**RUANG LINGKUP DAN LUARAN**  
**PELAKSANAAN KEGIATAN INI MELIBATKAN SEMUA PIHAK DARI INSTANSI PEMERINTAH, AKADEMISI, PRAKTIKI, MAUPUN ASOSIASI**

Untuk memperoleh kesepakatan bersama dalam penyusunan rekomendasi teknis guna mendukung keberhasilan implementasi penggunaan B40 dan B30D10 untuk kendaraan bermesin diesel tanpa ada resistensi yang besar

**BAHAN BAKAR UJI**  
 Komponen Blending B40 yang diuji :  
 B40 = 60%B0+40%B100\*  
 B30D10 = 60%B0+30%B100\* +10%D100

**KENDARAAN UJI**  
 Kendaraan penumpang dengan bobot <3,5 ton yang terdiri atas 3 merk @2 unit  
 Kendaraan dengan bobot >3,5 ton yang terdiri atas 3 merk @2 unit

**RUTE KENDARAAN BERBOBOT <3,5 TON**  
 Jarak tempuh 650 Km/hari hingga 50.000 Km dengan rute: Lembang - Cianjur - Kuningan - Cirebon - Tegay (Adiwerna) - Pemalang - Subang - Lembang (Jarak tempuh semula 500 km/hari)

**RUTE KENDARAAN BERBOBOT >3,5 TON**  
 Jarak tempuh 550 Km/hari hingga 40.000 Km dengan rute: Lembang - Purwokerto - Cikampek - Cipai - Cirebon - Tegay (Adiwerna) - Subang - Lembang (Jarak tempuh semula 400 km/hari)

**FASILITAS DI BASECAMP LEMBANG DAN CIREBON**  
 STASIUN PENGISIAN DAN BLENDING BAHAN BAKAR  
 Mini Laboratorium  
 Fuel Station  
 Fuel Blending  
 Storage Stability Test

**TIMELINE PELAKSANAAN KEGIATAN UJI JALAN B40**

1 Juli 2022: 27-Jul-22: Launching Uji Jalan  
 1 Agustus 2022: 23-Sep-22: Moner I  
 1 September 2022: 25-Okt-22: Moner I  
 1 Oktober 2022: 11-Dek-22: Uji Jalan Kendaraan Seleksi  
 1 November 2022: 11-Dek-22: Uji Jalan Kendaraan Seleksi

1 Maret 2023: 1-Feb-23: Sosialisasi II (Wibowo)  
 1 Februari 2023: 12-Jan-23: Sosialisasi II (Meden)  
 1 Januari 2023: 6-Jan-23: Sosialisasi II (Bandung)  
 1 Desember 2022: 13-Okt-22: Sosialisasi I (Jakarta)

**Laboratorium Pengujian Aplikasi Produk Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS**  
**BLU**  
**ASPEED**

**Contact Person:**  
**Dr. Cahyo Setyo Wibowo**  
 No. Kontak : +62 817-9190-074  
 Email : cahyo.wibowo@esdm.go.id

**www.lemigas.esdm.go.id**  
 Your Excellent Partner in Oil and Gas

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

Dr. CB Rasrendra dan Tim Peneliti.

Upaya untuk mengembangkan industri sawit dapat disinergikan dengan upaya perwujudan kedaulatan pangan dan energi di Indonesia. Dari jumlah produksi CPO, hanya sekitar 30% minyak sawit digunakan untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri, sedangkan hampir 70% lainnya diekspor ke berbagai negara. Melimpahnya produksi CPO ini merupakan peluang sekaligus tantangan untuk menciptakan kemandirian dan ketahanan pangan dan energi Indonesia. Untuk mewujudkan hal tersebut, implementasi bahan bakar nabati (BBN, biofuel) biohidrokarbon dari sawit perlu dilakukan dengan upaya pemerataan dan peningkatan kesejahteraan petani melalui program yang tepat untuk menyediakan bahan bakar biohidrokarbon berbasis sawit yang berkelanjutan.

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.

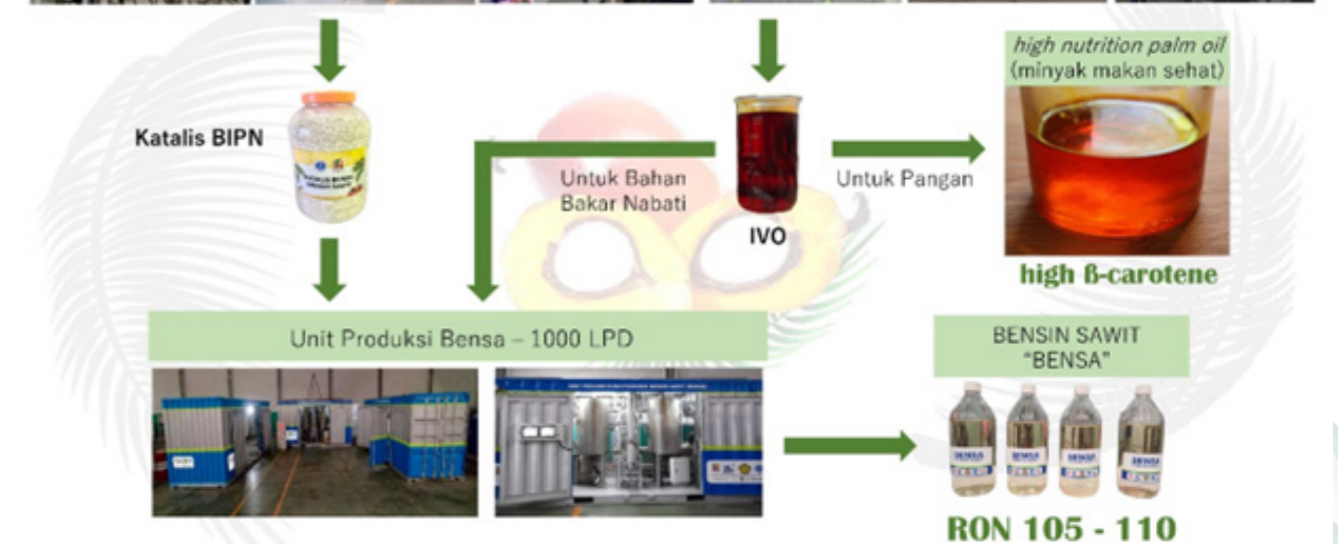
Riset ini mengupayakan optimasi lanjut teknologi produksi bensa dan penggunaan ragam umpan yang lebih fleksibel untuk mendapatkan bensa dengan harga yang lebih kompetitif melalui upaya-upaya:

1. Penerapan teknologi yang dapat mengolah hasil kebun sawit rakyat menjadi bahan baku bensin bio-hidrokarbon 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.



### Inovasi Lanjut Katalis & Teknologi Bensin Sawit dan Pengembangan Teknologi Produksi Percontohan MIVO dan Minyak Makan Sehat dari Kelapa Sawit (Riset Inisiatif BDPKS:PRJ-357/DPKS/2022)



**Tim Peneliti**  
 Dr. CB Rasrendra, Dr. Subagio, Dr. Melia Laniwati,  
 Prof. IGBN Makertihartha, Prof. Ronny Purwadi,  
 Dr. Jenny Rozkiana, Dr. Gradprix T. M. Kadja,  
 Dr. Daniel Pramudita, Dr. Haryo PW, Fadhi MT,  
 Dr. Haryo Devianto, Dr. Anggit Raksajati,  
 Dr. Anita K. Wardani, Dr. Iman K. Reksowardojo,  
 Dr. Pandji Prawisudha, Ir. Sapto Tranggono,  
 M. Perian SE, MP, Prof. Nuri Andarwulan



Pusat Rekayasa Katalisis  
 Institut Teknologi Bandung

katalis@cheitb.id 022 - 2500989



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

Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D.Eng. dan Tim Peneliti.

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 (avtur) adalah Crude Palm Oil (CPO) dan Palm Kernel Oil (PKO). Bahan baku tersebut jumlahnya berlimpah di Indonesia, sehingga dapat meningkatkan aspek keberlanjutan. Dengan demikian penelitian ini dapat mendorong penciptaan produk/pasar baru yang mendukung green ekonomi.

Proses produksi bahan bakar bioavtur yang didanai BDPKPS ini dilakukan melalui proses HDO-HC menggunakan umpan CPO dan PKO yang bernilai ekonomi tinggi dengan teknik one-pot dalam sistem reaktor stainless steel triple-decker semi-batch bertekanan rendah (atmosferik). Produksi bioavtur ini menggunakan katalis mono- dan bi-metal tersupport pada nano Karbon aktif, H-mordenit dan H-ZSM-5 yang lebih aktif dan selektif terhadap senyawa bio-hidrokarbon (bioavtur) yang memiliki karakter standar ASTM. Kajian uji usability (masa pakai katalis), aktivitas dan selektivitas katalis logam Co, Mo, W, CoMo dan CoW berpengembangan nano Karbon aktif, H-mordenit dan H-ZSM-5 merupakan kebaruan yang bermanfaat untuk aplikasi skala industri di masa depan yang bernilai ekonomis.

Proses pengembangan logam Co, Mo dan/atau W ke dalam matriks HZSM-5 (Z), Karbon (C) dan Mordenit (M) berhasil dilakukan berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, XRD, dan SEM-EDX. Uji aktivitas katalitik pada HDO-HC menggunakan umpan CPO yang telah dimurnikan (RPO) dan katalis sistem Mo/Z-Co/Z dan telah berhasil menghasilkan produk cair yang mengandung senyawa hidrokarbon yang jumlah atom karbonnya C7-C16 yang merupakan rentang jumlah atom karbon avtur dengan total yield 45,057% serta selektivitas fraksi bioavtur tertinggi pada fraksi 1 sebesar 97,88% dan fraksi 2 sebesar 99,30%. Hasil analisis titik beku produk bioavtur katalis dengan sistem Mo/Z-Co/Z pada temperatur -42°C.

Uji aktivitas katalitik pada HDO-HC menggunakan umpan RPO dan katalis bermatriks karbon telah berhasil menghasilkan produk cair yang mengandung senyawa hidrokarbon yang jumlah atom karbon C7-C16 yang merupakan rentang jumlah atom karbon avtur dengan total yield dan selektivitas bioavtur tertinggi sebesar 49,75% dan 97,98%.

Uji aktivitas katalitik pada HDO-HC menggunakan umpan RPO dan katalis NiMo/M telah berhasil menghasilkan produk cair yang mengandung senyawa hidrokarbon yang jumlah atom karbonnya, C7-C16 yang merupakan rentang jumlah atom karbon avtur dengan total yield dan selektivitas bioavtur tertinggi sebesar 51,38% dan 82,17%.

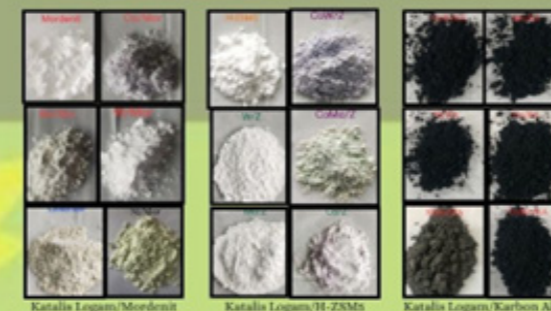
Uji aktivitas katalitik pada HDO menggunakan umpan PKO yang telah dimurnikan (RKO) dan katalis Molibdenum dengan matriks H-ZSM-5, H-mordenit dan Karbon aktif telah berhasil menghasilkan produk cair yang mengandung senyawa hidrokarbon dengan jumlah atom karbon C7-C16 merupakan rentang jumlah atom karbon avtur dengan yield dan selektivitas bioavtur tertinggi masing-masing katalis bermatriks sebesar 39,92% dan 96,37% untuk katalis Mo/Z, sebesar 46,08% dan 93,19% untuk katalis Mo/M serta sebesar 41,28% dan 97,14% untuk katalis Mo/C.

Hasil analisis simulasi karakter ASTM produk bioavtur menggunakan katalis bermatriks karbon untuk HDO-HC RPO menunjukkan karakter ASTM total aromatik, titik didih akhir dan viskositas pada temperatur -20°C telah memenuhi standar nasional (SK Dirjen No. 59 K/HK.02/DJM/2022) dan internasional (Def Stan 91-091 Issue 14).

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

NO KONTRAK:  
PRJ-365/DPKS/2022  
3660/UN1/DITLIT/Dit-Lit/PT.01.03/2022

### GAMBAR CAPAIAN HASIL

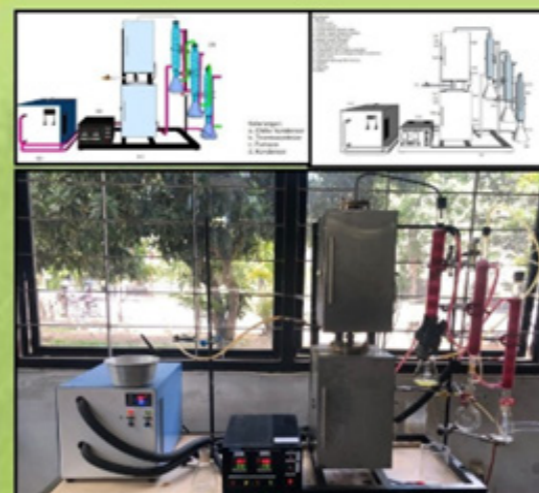


### TUJUAN PENELITIAN

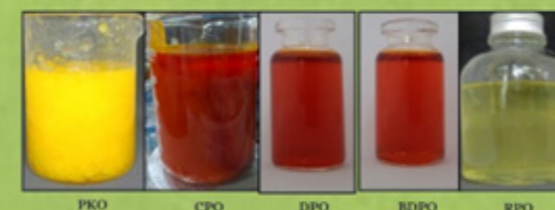
- Sintesis dan karakterisasi katalis mono- dan bi-metal tersupport pada nano Karbon aktif, H-mordenit dan H-ZSM-5.
- Uji aktivitas katalitik HDO-HC menggunakan umpan RPO dan RKO dengan katalis mono- dan bi-metal tersupport pada Karbon aktif, H-mordenit dan H-ZSM-5.
- Optimasi kondisi Proses HDO-HC menggunakan umpan RPO dan RKO dengan katalis mono- dan bi-metal tersupport pada Karbon aktif, H-mordenit dan H-ZSM-5.
- Uji usability katalis pada proses HDO-HC.
- Regenerasi katalis terdeaktivasi.

### LUARAN HASIL

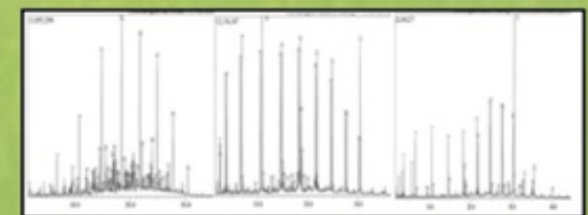
1. Lima (5) paten terdaftar dengan nomor:
  - P00202306614
  - P00202306799
  - P00202306942
  - P00202306943
  - P00202307204
2. Katalis heterogen :
  - Mordenit, Co/Mor, Mo/Mor, W/Mor, Ni/Mor, CoMo/Mor, CoW/Mor, NiMo/Mor,
  - H-ZSM5, Co/Z, W/Z, Mo/Z, CoMo/Z, CoW/Z,
  - Karbon Aktif, Co/KA, Mo/KA, W/KA, Ni/KA, CoMo/KA, CoW/KA, NiMo/KA.
3. Reaktor One-pot triple-decker bertekanan atmosferik reaksi dalam fasa gas untuk produksi bioavtur.
4. Bioavtur sebanyak 300 mL memiliki titik beku -42°C.
5. Paper submitted di jurnal internasional bereputasi REAC (Scopus Q3, Springer)



Reaktor One-pot triple-decker bertekanan atmosferik



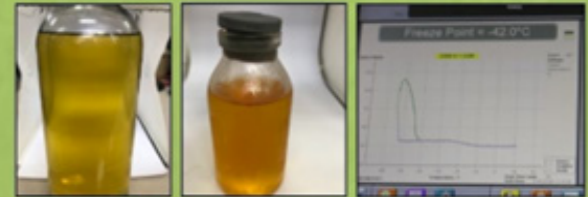
PKO CPO DPO BDPO RPO



Kromatogram (a) Avtur standar, (b) produk bioavtur F1 (c) produk bioavtur F2



Bioavtur F1 Bioavtur F2 Bioavtur F1 Bioavtur F2 Bioavtur F2



Bioavtur F1 Bioavtur F2 Titik Beku Bioavtur F2

Kelompok Peneliti:  
1. Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D.Eng (ketua)  
Kontak: 0811226044 (gpg), wega@ugm.ac.id (e-mail)  
2. Prof. Dr. rer. nat. Karna Wijaya, M.Eng.  
3. Prof. Indriana Kartini, S.Si, M.Si, Ph.D.  
4. Prof. Ir. Suryo Purwono, M.Sc., Ph.D., IPU, ASEAN Eng. ACPE  
5. Prof. Rodiansono, S.Si, M.Si, Ph.D.  
6. Dr. Ahy Mars, M.Si.



## PENGEMBANGAN DISTILASI DAN EKSTRAKSI FURFURAL BERBASIS HIDROLISIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SKALA PILOT

Prof. Dr. Ing. Misri Gozan, M. Tech., IPU dan tim peneliti

Furfural (C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Furfural termasuk dalam salah satu top value-added chemical dan sebagai "Building Block Material" karena dapat digunakan sebagai bahan baku beberapa senyawa kimia seperti furfuryl alcohol, Tetrahydrofuran (THF) dan lainnya. Furfural banyak digunakan dalam industri penyulingan minyak, plastik, farmasi, dan agrokimia. Furfural dapat dihasilkan dari xylose dan hemiselulosa. Tandan Kosong Sawit (TKKS) merupakan salah satu lignoselulosa yang mengandung hemiselulosa.

Saat ini, kebutuhan furfural di Indonesia masih dipenuhi oleh impor. Sedangkan kita ketahui TKKS merupakan produk samping dari industri sawit yang cukup melimpah. TKKS dihasilkan sekitar 20% dari produksi CPO yang dihasilkan. Secara umum TKKS mengandung lignin (29-32%), selulosa (35-39%), dan hemiselulosa (14-20%). Sehingga TKKS sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku furfural. Departemen Teknik Kimia FTUI telah membangun miniplant Furfural yang didanai oleh BDPKS. Miniplant tersebut dirancang untuk menghasilkan crude furfural dengan kapasitas umpan TKKS sekitar 50 kg/batch. Pada miniplant ini belum terdapat unit purifikasi furfural. Oleh karena itu focus pada kegiatan ini adalah pengembangan unit purifikasi furfural.

Proses pemurnian furfural dapat dilakukan dengan distilasi dan ekstraksi. Pada pengembangan distilasi telah dilakukan simulasi kurva VLE furfural-air. Hasil simulasi menunjukkan model NRTL lebih ideal dibandingkan model van Laar dan Raoult's. Selain itu, juga telah disimulasikan pemurnian furfural dengan distilasi menggunakan software ASPEN. Pemurnian disimulasikan dengan model conventional distillation, sequenced distillation dan extractive distillation. Proses pemurnian dengan extractive distillation menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan distilasi lainnya.

Pengembangan purifikasi furfural juga dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi. Berbagai variasi pelarut organik seperti butanol, Toluena dan MIBK digunakan untuk mengekstrak crude furfural. Hasil proses menunjukkan pelarut MIBK dapat mengekstrak furfural lebih tinggi dibandingkan dua pelarut lainnya. Selain itu juga dilakukan pengembangan proses konversi xylosa menjadi furfural dengan menggunakan pelarut DES/Biphasic. Pelarut DES (Deep Eutectic Solvent) merupakan pelarut yang ramah lingkungan yang dapat berperan sebagai pelarut dan katalis dalam proses konversi biomassa. Pencampuran DES dengan pelarut organik dapat membentuk pelarut DES/Biphasic. Pada penelitian ini digunakan DES dengan pencampuran antara Choline chloride dan AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, serta pelarut MIBK dan Toluena. Penelitian ini menghasilkan kondisi proses yang relatif rendah dengan yield yang tinggi sehingga dapat diterapkan pada skala industri.

## PENGEMBANGAN DISTILASI DAN EKSTRAKSI FURFURAL BERBASIS HIDROLISIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SKALA PILOT

Prof. Dr. Ing. Misri Gozan, M. Tech., IPU  
dan tim Universitas Indonesia  
email: mgozan@ui.ac.id

Furfural (C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>):

- Golongan furan,
- Top value-added chemical sebagai "Building Block Material",
- Bahan baku untuk produksi furfuryl alcohol, Tetrahydrofuran (THF) dll.,
- Banyak digunakan dalam industri: penyulingan minyak, plastik, farmasi, dan agrokimia.

Problem & Solusi

- Furfural 100% di Indonesia impor,
- TKKS melimpah (20% dari massa TBS),
- Kandungan hemiselulosa (14-20%).

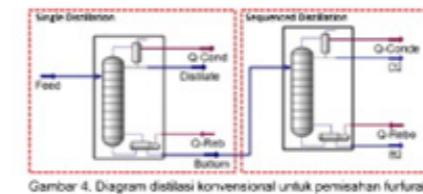
Potensi bahan baku dan produksi furfural.

Tujuan Riset:

- Meningkatkan kapasitas miniplant furfural dengan kapasitas umpan TKKS menjadi 100 kg/batch,
- Membuat unit purifikasi furfural.

Pengembangan distilasi:

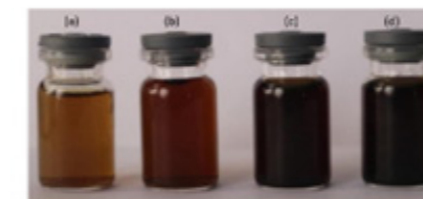
Simulasi (ASPEN) dengan model conventional distillation, sequenced distillation dan extractive distillation → Proses pemurnian dengan extractive distillation menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan distilasi lainnya.



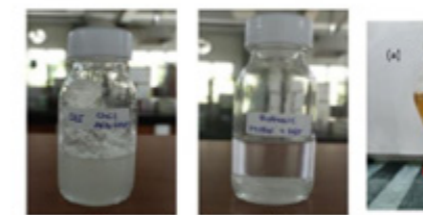
Gambar 4. Diagram distilasi konvensional untuk pemisahan furfural/air



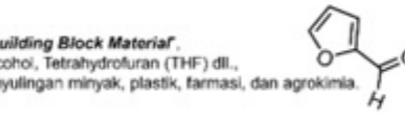
Gambar 5. Pilot Plant Produksi Furfural dari TKKS berbasis Hidrolisis: (a) Infrastruktur overall, (b) Tangki pretreatment, (c) Reaktor dan (d) Kondensor



Gambar 6. Produk Cair Hidrolisis TKKS (a) Run 14 - Asam Levulinat, (b) Run 4 - Asam Levulinat Campuran, (c) Run 5 - Furfural (c), dan (d) Run 10 - Furfural Campura

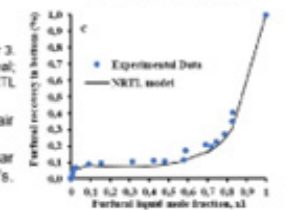
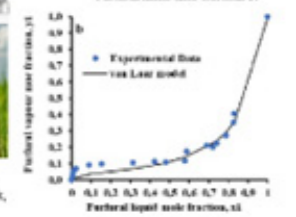
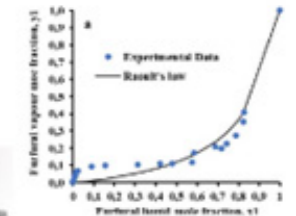


Gambar 8. DES [ChCl][AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O] murni (a) dan campurannya dengan MIBK yang berbentuk biphasic system (b).



Gambar 2. Pemurnian Furfural di Berbagai Sektor Industri, seperti: penyulingan minyak, plastik, farmasi dan agrokimia

Gambar 3. Kurva VLE pemodelan furfural-air model (a) Raoult's ideal, (b) van Laar, dan (c) NRTL. Simulasi awal kurva VLE furfural-air → Model NRTL lebih ideal dibandingkan model van Laar dan Raoult's.



Proses Purifikasi dengan Ekstraksi (variasi: pelarut organik: butanol, Toluena dan MIBK) → Pelarut MIBK mengekstrak furfural lebih tinggi.

Konversi xylosa dengan pelarut DES/Biphasic.

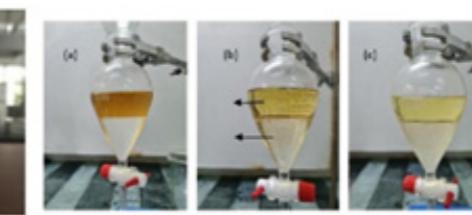
- Deep Eutectic Solvent (DES) adalah pelarut ramah lingkungan yang dapat berperan sebagai pelarut dan katalis dalam proses konversi biomassa.
- Pencampuran DES dengan pelarut organik dapat membentuk pelarut DES/Biphasic.
- DES yang digunakan: Choline chloride dan AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, serta pelarut MIBK dan Toluena.

Hasil: kondisi proses yang relatif rendah dengan yield yang tinggi sehingga dapat diterapkan pada skala industri.

Data simulasi distilasi berurutan untuk campuran furfural/air

Parameter	Distillation 1		Distillation 2		Distillation 3	
	Reflux ratio = 1.5	Reflux ratio = 1.5	Reflux ratio = 1.5	Reflux ratio = 1.5	Reflux ratio = 1.5	Reflux ratio = 1.5
	N stage = 0		N stage = 0		N stage = 0	
	Input	Top product	Bottom product	Top product	Bottom product	Top product
Furfural (kmol/h)	5	2.58	2.42	0.12	2.30	0.04
Water (kmol/h)	95	93.43	2.57	2.08	0.49	0.04
Total molar flow (kmol/h)	100	96.01	4.99	2.20	2.79	0.49
Total mass flow (kg/h)	2191.85	1912.67	279.21	46.24	229.87	11.61

Gambar 7. Campuran DES-MIBK sebelum produksi furfural (a) dan campuran MIBK/furfural pada fasa non polar organik yang telah dipisahkan.



Gambar 9. Separasi Fasa Organik (a) 1-butanol, (b) MIBK, dan (c) Toluena dan Fasa Cair Menggunakan Separating Funnel.



Gambar 10. Reaktor Skala Lab

# 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

Dr. Eng Hosta Ardhyanta, ST, M.Sc. dan Tim Peneliti

Salah satu energi alternatif terbarukan (renewable) adalah Biogasoline. Biogasoline dapat bersumber dari CPO (Crude Palm Oil) dan RBDPO (Refined Bleached Deodorized Palm Oil) merupakan produk turunan kelapa sawit. Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Jumlah produksinya terus meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu cara untuk mengolah CPO dan RBDPO adalah dengan cara Catalytic Cracking. Proses Catalytic Cracking dapat dilakukan dengan cara memanaskan CPO dan RBDPO dalam temperatur tinggi. Namun metode pemanasan ini menghasilkan yield yang rendah sehingga digunakan katalis untuk meningkatkan yield produk hasil. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan teknologi sintesis biogasoline dari CPO dan RBDPO yang efektif dan efisien. Pada tahun pertama penelitian ini difokuskan pada optimasi parameter proses Catalytic Cracking pada CPO untuk menghasilkan biogasoline sesuai standar.

Dalam proses optimasi parameter proses dilakukan investigasi pada 4 parameter proses utama yaitu Jenis katalis, komposisi/rasio katalis : CPO, temperatur dan waktu proses Catalytic Cracking. Jenis katalis yang di variasikan adalah  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , Zeolite HSZM-5 dan Zeolite USY. Untuk komposisi atau rasio Katalis terhadap CPO di variasikan 1:50; 1:75; 1:100; dan 1:125. Adapun temperatur diamati pada 380, 400 dan 420oC. Sedangkan waktu proses diamati 0.5; 1; 1,5; dan 2 menit. Adapun respon yang diamati dalam pengamatan optimasi parameter proses ada 7 yaitu yield yang dicapai, berat molekul, densitas, viskositas, flash point, titik didih dan nilai kalor.

Pada proses Catalytic Cracking CPO, yield optimal yang dicapai 65%, Fraksi Gasoline C5-C11 sebanyak 42%, dengan viskositas 4,11cSt, densitas 0,832 gr/cm3 dengan nilai kalor 9972, flash point 17oC, molecular weight 140 gr/mol. Adapun nilai oktan yang dicapai 109,2 dan titik 276oC. Optimasi ini dicapai pada parameter proses dengan rasio CPO :  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dengan temperatur proses Catalytic Cracking 400-420oC selama 2 jam dengan katalis yang digunakan adalah  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Doping pada katalis yang digunakan dengan nikel atau yang lain dapat dilakukan untuk meningkatkan efektifitas penggunaan katalis.

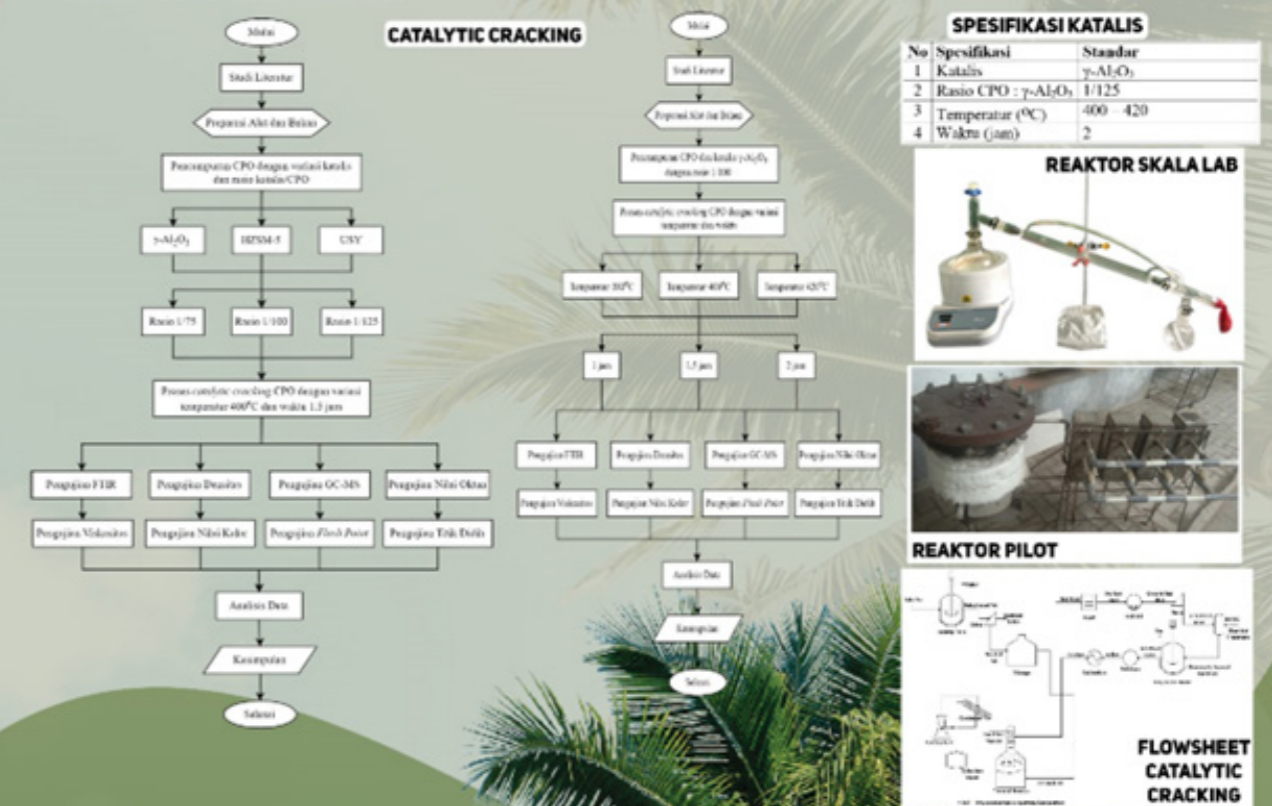
Proses penelitaian proses catalytic cracking pada RBDPO sedang dilaksanakan untuk menentukan optimasi parameter prosesnya.

# 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

## 1 TUJUAN PENELITIAN

1. Mendapatkan optimasi parameter proses catalytic cracking CPO dan RBDPO menjadi Biogasoline

## 2 METODOLOGI PENELITIAN



## 3 CAPAIAN HASIL

### HASIL PENELITIAN

Respon	Sampel	Yield	Fraksi Gasolin C5-C11 (%)	Viskositas (cSt)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	Nilai Kalor (kcal/kg)	Flash Point (°C)	Molecular Weight (g/mol)	Nilai Oktan (RON)	Titik Didih (°C)
Standar			89.86	<1	0.715-0.730	10509-10986	(<40 to 15)	140-170	>90	<215
Ref			Densitas portable	Shell Petroleum Canada (1999)	Shell Worldwide Fuel Chartes, 2019)	International Energy Agency (IEA), 2011	Fire Protection Association (NFPA) 2021	(Fajar, M. R. et al., 2017)	(Worldwide Fuel Chartes, 2019)	
ITS	400oC, 2 jam	64,704	42,08	4,11	0,8329	9972	17	140	109,2	276

### SAMPSEL PRODUK MENGGUNAKAN



### PENELITI :

1. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, ST, M.Sc (Ketua) 081398376767 / hosta@mat-eng.its.ac.id
2. Sigit Triwicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D
3. Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si
4. Vania Mitha Pratiwi, ST, MT
5. Rindang Fajarin, S.Si, M.Si

## UJI TERBANG PESAWAT UDARA PT. GARUDA INDONESIA SEBAGAI LANGKAH AWAL MENUJU IMPLEMENTASI BIOAVTUR

Dr. Rais Zain

Pada tahun 2022, Kementerian ESDM c.q. Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS melaksanakan kegiatan uji jalan (road test) penggunaan bahan bakar B40 pada kendaraan bermesin diesel yang didanai oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS). Kegiatan ini melibatkan beberapa stakeholder, meliputi Ditjen EBTKE, Ditjen Migas, BBPMGB LEMIGAS, BBSP KEBTKE, BRIN,

PT Pertamina (Persero), APROBI, Komite Teknis Bioenergi, IKABI, dan Akademisi. Dengan terlibatnya seluruh pemangku kepentingan terkait, diharapkan dapat diperoleh kesepakatan bersama dalam penyusunan rekomendasi teknis implementasi penggunaan B40 untuk kendaraan bermesin diesel sehingga dapat berjalan dengan baik tanpa ada resistensi yang besar. Tujuan kegiatan uji jalan (road test) penggunaan bahan bakar b40 pada kendaraan bermesin diesel adalah untuk:

- Membandingkan kinerja B40 dan B30D10 terhadap B30 serta mendapatkan konfirmasi usulan pengembangan spesifikasi B100;
- Mendapatkan konfirmasi efek penggunaan B40 dan B30D10 pada kondisi awal dibandingkan dengan kondisi akhir sesuai jarak tempuh uji jalan;
- Mendapatkan output berupa rekomendasi teknis penggunaan B40 dan B30D10 pada kendaraan bermesin diesel.

Pada kegiatan uji jalan penggunaan bahan bakar B40 pada kendaraan bermesin diesel, bahan bakar yang diuji memiliki dua formulasi campuran yaitu bahan bakar B40 dengan formulasi pencampuran 60% Minyak Solar (B0) dengan 40% Biodiesel (B100\*) dengan spesifikasi usulan komite teknis bioenergi dan bahan bakar B30D10 dengan formulasi pencampuran 60% Minyak Solar dengan 10% Diesel Biohidrokarbon dan 30% Biodiesel (B100\*) dengan spesifikasi usulan komite teknis bioenergi. Kendaraan bermesin diesel yang digunakan pada kegiatan ini berjumlah 12 (dua belas) unit yang terdiri dari enam unit kendaraan <3,5 ton (tiga merk masing-masing dua unit) dan enam unit kendaraan >3,5 ton (tiga merk masing-masing dua unit). Pemilihan kendaraan uji jalan tersebut didasarkan atas data statistik populasi kendaraan di Indonesia tahun 2017 hingga awal tahun 2022 dan berdasarkan hasil diskusi dengan para stakeholder. Adapun jarak tempuh kendaraan <3,5 Ton per hari yaitu 650 kilometer dan untuk kendaraan >3,5 Ton yaitu 550 kilometer.

Berdasarkan hasil uji jalan B40 dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan yaitu :

- B40 dan B30D10 menunjukkan perbaikan karakteristik angka setana, lubrisitas, dan kandungan sulfur, dibandingkan minyak solar murni (B0). Adapun B30D10 menunjukkan perbaikan karakteristik kandungan air, kestabilan oksidasi, dan nilai kalor dibandingkan B40.
- Selama penyimpanan 6 bulan di daerah Lembang dan Cirebon, bahan bakar B40, B30D10, dan B30 masih stabil berdasarkan analisis kestabilan oksidasi, bilangan asam, viskositas, berat jenis, dan kandungan FAME. Adapun peningkatan kandungan air dengan laju 1,1 ppm/hari (B40) dan 1,0 ppm/hari (B30D10 dan B30).
- Kapasitas absorpsi kadar air minyak solar (B0), diesel-biohidrokarbon (D100), dan biodiesel (B100) meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Diesel-biohidrokarbon memiliki kapasitas absorpsi kandungan air yang mirip dengan minyak solar. Biodiesel memiliki kapasitas absorpsi yang lebih tinggi, akibat kehadiran gugus ester pada struktur molekulnya yang mengakibatkan sifat higroskopis terhadap molekul air.
- Pembentukan endapan presipitasi dipengaruhi oleh konsentrasi biodiesel dalam minyak solar, kandungan monogliserida, suhu pengujian, dan waktu pengkondisian. Semakin tinggi nilai monogliserida maka semakin tinggi pembentukan endapan presipitasi.
- Bahan bakar B40 dan B30D10 tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kinerja kendaraan, emisi, komponen mesin, kompatibilitas material, dan sifat fisika kimia minyak lumas masing-masing.





**2 | B**  MATERIAL   
**OLEOKIMIA**

## PRODUKSI PALMKERNELAMIDOPROPYL BETAINE (PKAPB) DARI MINYAK DAN ASAM LEMAK MINYAK INTI SAWIT UNTUK SUBSTITUSI COCAMIDOPROPYL BETAINE IMPOR

Dr. Ir. Meiti Pratiwi, ST., MT. dan Tim Peneliti.

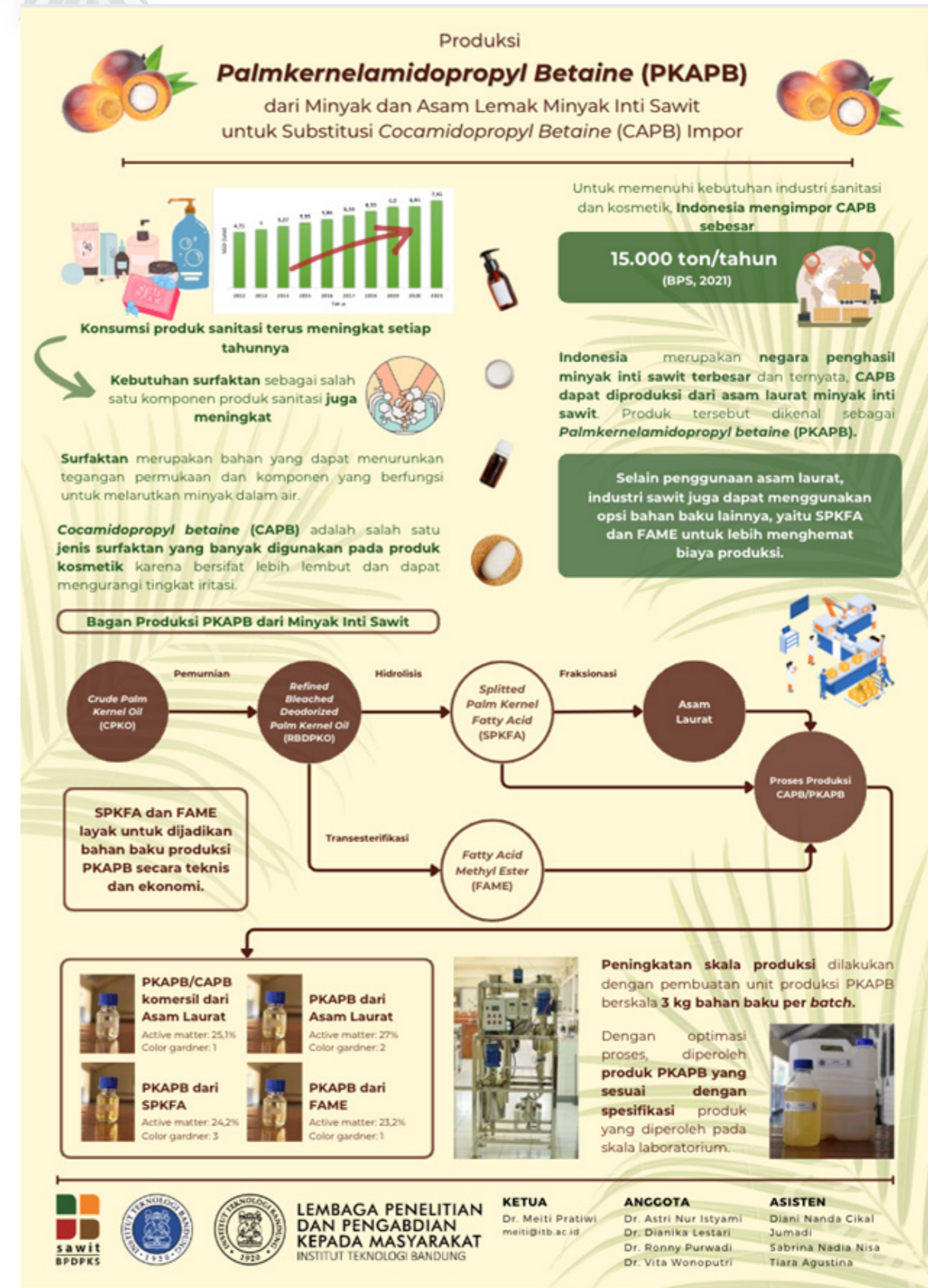
Produk sanitasi tubuh atau personal hygiene care merupakan produk yang terus dibutuhkan oleh manusia. Salah satu komponen terpenting dalam produk-produk sanitasi tubuh adalah surfaktan, yakni kelompok senyawa yang memiliki gugus polar dan gugus nonpolar sehingga dapat melarutkan minyak dalam air. Cocamidopropyl betaine (CAPB) adalah salah satu jenis surfaktan yang banyak ditemukan dalam berbagai produk sanitasi tubuh. Dibandingkan sodium lauryl sulphate (SLS) dan sodium lauryl ether sulphate (SLES) yang umum digunakan sebagai surfaktan, CAPB bersifat lebih lembut dan lebih tidak menyebabkan iritasi. CAPB kerap digunakan sebagai ko-surfaktan bersama dengan SLS, SLES, atau surfaktan lainnya.

Hingga saat ini, produsen-produsen besar produk sanitasi di Indonesia masih mengimpor CAPB, khususnya dari China dan Jepang. Padahal, bahan baku dari CAPB adalah asam laurat dari minyak inti sawit, yang produksinya didominasi oleh Indonesia (sehingga produk ini lebih tepat disebut sebagai PKAPB, Palm Kernel Amidopropyl Betaine). Indonesia masih mengimpor CAPB/PKAPB dalam jumlah besar, yaitu 15.000 ton/tahun. Hal ini disebabkan oleh murahnya harga CAPB/PKAPB yang diproduksi di luar negeri.

Alih-alih menggunakan asam laurat sebagai bahan baku produksi PKAPB, industri sawit Indonesia dapat menggunakan dua opsi bahan baku lainnya untuk produksi PKAPB, yaitu splitted palm kernel fatty acid (SPKFA) atau fatty acid methyl ester (FAME) dari minyak inti sawit. SPKFA adalah asam-asam lemak dari hidrolisis minyak inti sawit yang belum melalui tahap fraksinasi, sehingga praktis dapat menjadi bahan baku yang lebih murah dibandingkan asam laurat. Sementara FAME merupakan hasil transesterifikasi dari minyak inti sawit, yang biaya produksinya lebih rendah dibandingkan asam-asam lemak dari minyak inti sawit.

Dalam penelitian bertajuk Produksi Palmkernelamidopropyl Betaine (PKAPB) Dari Minyak Dan Asam Lemak Minyak Inti Sawit Untuk Substitusi Cocamidopropyl Betaine Impor ini, dilakukan investigasi terhadap kelayakan SPKFA dan FAME minyak inti sawit sebagai bahan baku produksi, baik secara teknis maupun ekonomis. Untuk PKAPB dari SPKFA, produk memiliki kandungan aktif yang setara dengan CAPB komersial (dari asam laurat), hanya memiliki warna yang sedikit kuning (melalui uji Color Gardner). Untuk PKAPB dari FAME PKO, baik kandungan aktif maupun tingkat kebenaran yang sama dengan CAPB/PKAPB komersial dari asam laurat. Perhatian khusus diberikan terhadap identifikasi keberadaan sisa FAME pada produk akhir, karena FAME dapat menyebabkan iritasi pada kulit. Namun dalam penelitian ini, dikonfirmasi bahwa tidak didapati sisa FAME dalam produk, sehingga produk PKAPB dari FAME dapat digunakan dengan aman seperti halnya CAPB/PKAPB dari asam laurat.

Pada penelitian ini, peningkatan skala produksi telah dilakukan dengan pembuatan unit produksi PKAPB dengan skala 3 kg bahan baku per batch produksi. Melalui optimasi beberapa variabel, diperoleh produk PKAPB yang sesuai dengan spesifikasi produk pada percobaan skala laboratorium. Dengan demikian, diperoleh kesimpulan bahwa baik SPKFA maupun FAME dari minyak inti sawit layak digunakan sebagai bahan baku produksi PKAPB dengan kandungan aktif surfaktan yang setara dengan CAPB komersial dari asam laurat.





## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI STABILISER TERMAL POLYVINYL CHLORIDE (PVC) BERBASIS SAWIT DAN CAMPURAN LOGAM

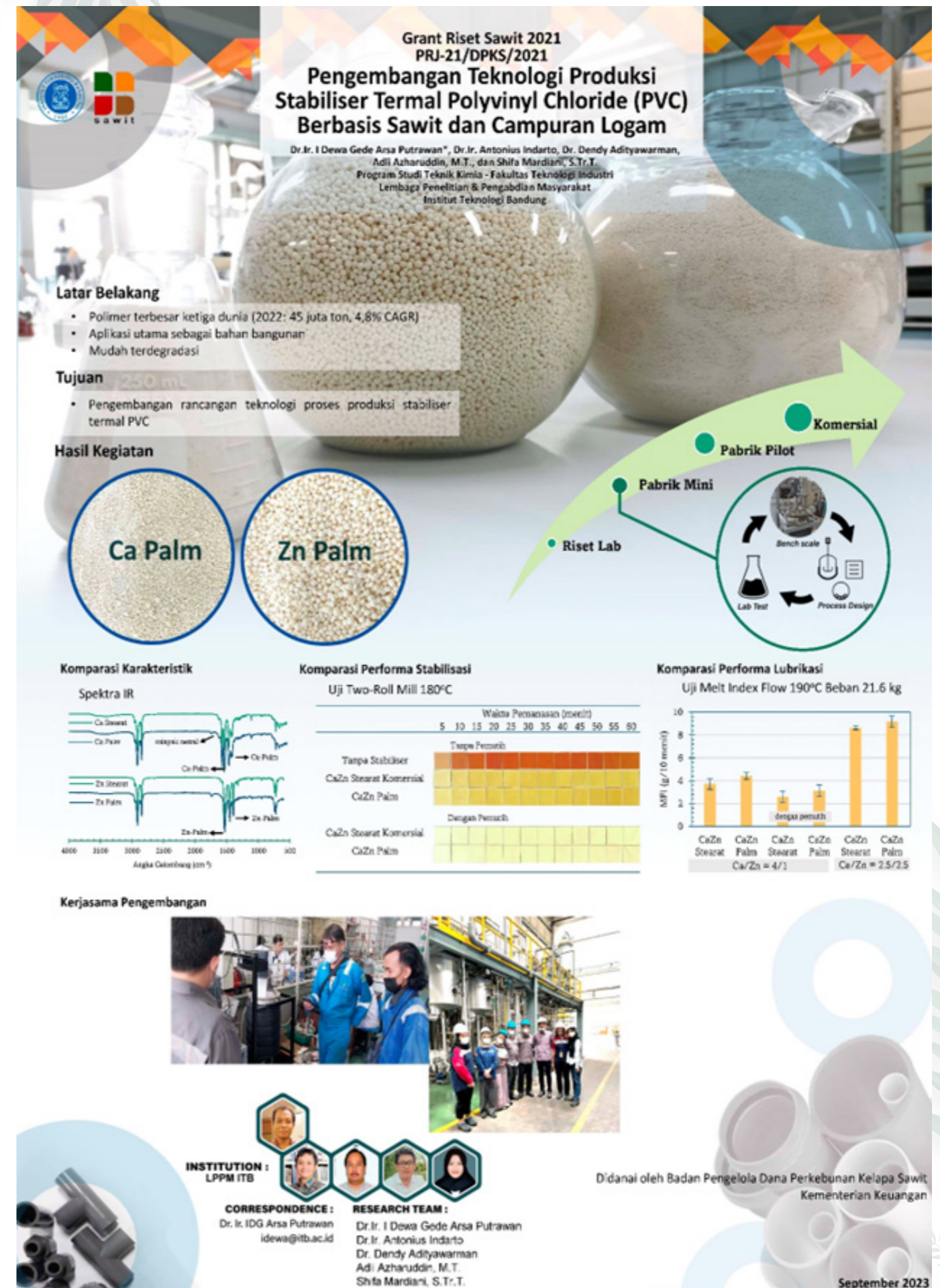
I Dewa Gede Arsa Putrawan dan Tim Peneliti

Polivinil klorida/polyvinyl chloride (PVC) adalah polimer ketiga terbesar di dunia, sebagian besar untuk konstruksi dimana pipa dan fitting menyerap sebanyak 45%. Karena mudah terdegradasi oleh panas, resin PVC harus ditambah stabiliser termal sebelum dicetak. Stabiliser termal PVC umumnya berupa senyawa-senyawa logam organik. Stabiliser termal konvensional yang saat ini digunakan di industri adalah senyawa-senyawa logam organik berbasis timbal (Stab Timbal). Stab Timbal sangat efektif dan murah. Masalah lingkungan menyebabkan penggunaan Stab Timbal dikurangi, bahkan mulai dihapus di negara-negara maju seperti kawasan Eropa.

Stabiliser termal berbasis campuran logam (Stab Campuran Logam) merupakan alternatif terhadap Stab Timbal yang kemungkinan besar akan dilarang secara global di masa mendatang. Stab Campuran Logam dibuat dari campuran logam transisi IIB/alkali tanah dan asam lemak. Dari sisi efektivitas, jenis ini tidak seefektif Stab Timbal. Akan tetapi, kekurangan ini dapat diatasi dengan melibatkan ko-stabiliser. Stab Campuran Logam sangat potensial dikembangkan karena Indonesia kaya asam lemak. Pengembangan Stab Campuran Logam di tanah air juga sangat strategis karena kawasan Asia-Pasifik, dimana sebagian besar (termasuk Indonesia) adalah negara berkembang, merupakan pasar terbesar PVC dan mengonsumsi 50% lebih stabiliser termal dunia. Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) adalah produk samping pemurnian minyak sawit dengan komponen utama berupa asam lemak bebas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku Stab Campuran Logam.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknologi produksi stabiliser termal PVC berbasis Campuran Logam dari PFAD. Penelitian dilaksanakan melalui kontrak dengan nomor PRJ-21/DPKS/2021 tanggal 13 Agustus 2021 yang terbagi dalam dua tahap kegiatan, yaitu Tahap 1 berupa sintesis dan uji efektivitas Stab Campuran Logam melalui percobaan dalam skala laboratorium dan Tahap 2 berupa sintesis Stab Campuran Logam dalam skala bench atau pabrik mini dan optimasi formula adonan (compound) PVC.

Stab Campuran Logam yang dikembangkan berbasis PFAD dalam penelitian ini memiliki karakter dengan penampilan warna putih pucat, mengalir bebas, kadar abu 11,0 s/d 12,5 %-b, kelembaban maksimum 2,5 %-b, dan asam lemak bebas maksimum 1%. Karakter Stab Campuran Logam yang dihasilkan tidak berbeda dengan Stab Campuran Logam komersial di pasaran yang umumnya berbasis stearat. Efektivitas Stab Campuran Logam yang dihasilkan telah diuji baik melalui uji statik maupun uji dinamik. Pada dosis yang sama, uji statik dehidroklorinasi menunjukkan bahwa Stab Campuran Logam dari PFAD memberikan waktu induksi (induction time)  $46 \pm 1$  menit dan waktu stabilisasi (stability time)  $60 \pm 4$  menit. Stab Campuran Logam komersial memberikan waktu  $45 \pm 1$  menit dan  $64 \pm 3$  menit. Uji dinamik dengan penggiling ganda (two-roll mill) menunjukkan bahwa secara visual perubahan warna yang diberikan Stab Campuran Logam dari PFAD mirip dari waktu ke waktu hingga 60 menit pemanasan. Stab Campuran Logam dari PFAD memberikan efek stabilisasi yang sebanding dengan Stab Campuran Logam komersial. Perubahan warna resin PVC yang distabilkan dengan Stab Campuran Logam dari PFAD bahkan tidak terlihat ketika menggunakan  $\text{TiO}_2$  yang merupakan pemutih umum pada formulasi pipa PVC. Temuan dari kegiatan penelitian ini telah didaftarkan dalam dua paten, 1 paten tentang proses dan 1 paten tentang komposisi. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkuat hilirisasi sawit khususnya pemanfaatan PFAD untuk oleokimia, mengurangi ketergantungan aditif ke pihak luar dan meningkat



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

Prof. Dr. Erliza Hambali dan Tim Peneliti

Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia. Produksi minyak sawit Indonesia tahun 2022 hampir mencapai 52 juta ton (Ditjenbun, 2022). Menurut Kemenperin (2022), sekitar 2,8 juta ton masih diekspor dalam bentuk CPO, sekitar 26 juta ton diekspor dalam bentuk refined, dan hanya sekitar 3,7 juta ton yang diekspor dalam bentuk oleokimia. Sukrosa ester merupakan salah satu contoh produk hilirisasi minyak sawit yang ramah lingkungan, tidak beracun, biokompatibel dengan berbagai bahan baku industri, dan biodegradable. Sukrosa ester termasuk ke dalam kelompok surfaktan anionik yang mempunyai kemampuan sebagai bahan pengemulsifikasi, pengstabil sistim emulsi, dan kondisioner sangat baik. Oleh sebab itu sukrosa ester sangat banyak diaplikasikan pada berbagai produk emulsi. Namun saat ini, pemenuhan permintaan dalam negeri terhadap sukrosa ester masih dipenuhi dari impor. Padahal Indonesia sebagai produsen kelapa sawit terbesar didunia seharusnya yang menjadi produsen produk sukrosa ester, sehingga dapat memaksimalkan nilai tambah hasil hilirisasi minyak sawit.

Peningkatan permintaan produk personal care, kosmetika dan cleaning pada berbagai kalangan usia setiap tahun selalu meningkat. Hal ini perlu ditangkal dengan mengembangkan produk personal care, kosmetik dan cleaning berbahan sukrosa ester dari minyak sawit. Oleh sebab itu perlu dilakukan serangkaian penelitian terkait dengan pengembangan proses produksi oleokimia sukrosa ester dari berbagai jenis metil ester asam lemak sawit dan aplikasinya pada berbagai produk personal care, kosmetika dan cleaning. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan teknologi proses produksi oleokimia sukrosa ester berbahan metil ester sawit dan mengaplikasikannya pada produk personal care, kosmetik dan cleaning.

Tahap pertama penelitian dimulai dengan melakukan proses esterifikasi asam lemak (laurat, miristat, palmitat, stearat dan oleat) menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% dengan jumlah katalis bervariasi antara 1,5 – 3% dan rasio mol reaktan berkisar 1:5 – 1:8. Rendemen produk metil ester yang dihasilkan berkisar 87 - 98%. Spesifikasi metil ester yang dihasilkan adalah: densitas 0,85 – 0,87 g/cm<sup>3</sup>, viskositas 2,3 – 5,35 cP, bilangan asam 0,001 – 3,480 mg KOH/g sampel, bilangan penyabunan 192 – 231 mg KOH/g sampel, bilangan iod 1,05 – 103,41 g Iod/100 g sampel, gliserol total 0,008 – 0,066 %-massa, gliserol bebas 0,004 – 0,042 %-massa, bilangan ester 95,3 – 99,9 %-massa dan kadar air 0,08 – 0,2 %.

Hasil analisis produk sukrosa ester yang dihasilkan adalah: pH 10 – 12, stabilitas busa 0 - 88%, stabilitas emulsi 21 – 78%, tegangan permukaan 24 – 33 dyne/cm, tegangan antar muka 3 - 17 dyne/cm, sudut kontak 14 - 89°, ukuran droplet 1,6 - 14,6 µ dan rendemen 29 – 59%. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada proses sintesis sukrosa ester dari metil ester asam lemak sawit lebih baik dibandingkan dengan menggunakan katalis Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Disain reaktor untuk proses sukrolisis skala 5 L/batch berhasil dikembangkan yang didisain mengacu pada kondisi proses terbaik sintesis sukrosa ester dari berbagai jenis metil ester asam lemak sawit (laurat, miristat, palmitat, stearat, oleat). Dimensi reaktor sukrolisis yang dihasilkan dengan diameter 16,5 cm, tinggi 33 cm berbahan SS 304, tekanan 1 bar dan suhu operasi dapat mencapai 150 oC. Hasil analisis FTIR produk sukrosa ester yang dihasilkan menunjukkan gugus C=O terlihat muncul pada bilangan gelombang 1.744 cm<sup>-1</sup> dan gugus C-H serta gugus CH<sub>2</sub> muncul pada bilangan gelombang 2.924 cm<sup>-1</sup>.-kan kesiapan Indonesia secara teknis maupun ekonomi akan larangan Stab Timbal yang pada akhirnya akan meluas ke tingkat global. Sebagai kelanjutan, Tim Peneliti saat ini sedang merintis kerja sama untuk pengembangan lanjut hasil penelitian menuju skala pilot dan komersial.

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

Prof. Dr. Erliza Hambali dan Tim Peneliti  
Email : erlizahambali@apps.ipb.ac.id - 0811157030

**Tujuan Penelitian**  
Mengembangkan proses produksi oleokimia sukrosa ester berbahan metil ester sawit dan aplikasinya pada produk *personal care*, *kosmetika* dan *cleaning*.

**Capaian Penelitian :**

- Dihasilkannya prototype produk sukrosa ester berbahan ester sawit.
- Dihasilkannya reaktor proses sintesis sukrosa ester sawit dan produksi produk *personal care*, *kosmetika* dan *cleaning* skala 5 L/batch dan analisis karakteristik produk yang dihasilkan.
- Dihasilkan Business Model Canvas (BMC) produk Sukrosa Ester dan aplikasinya pada produk *personal care*, *kosmetika* dan *cleaning*.
- Draft publikasi untuk disubmit di jurnal nasional /jurnal Internasional.

Produk sawit sebagai bahan baku yang digunakan dalam penelitian:

Sukrosa Ester berbahan Metil Ester Sawit berhasil disintesis dengan spesifikasi sebagai berikut :

Parameter	Unit	Nilai
pH		10 - 12
Stabilitas Busa	%	0 - 88
Stabilitas Emulsi	%	21 - 78
Tegangan Permukaan	dyne/cm	24 - 33
Tegangan Antarmuka	dyne/cm	3 - 17
Sudut Kontak	°	14° - 89°
Ukuran Droplet	µ	1,6 - 14,6
Rendemen	%	29 - 50

Produk sukrosa ester berbahan sawit:  
Personal Care, Kosmetika, Cleaning

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

Mohammad Khotib dan Tim Peneliti.

Kebutuhan gemuk (grease) dalam setahun mencapai 30 ribu ton untuk industri dan ritel menurut data BPS 2018. Kebutuhan terbanyak diserap sektor Otomotif dan industri dengan nilai mencapai 44 juta dolar AS serta pasokan didominasi dari impor. Komponen gemuk terdiri dari minyak dasar (base oil), pengental, dan aditif. Bahan baku gemuk dominan bersumber dari minyak mineral atau berbasis petroleum, sedangkan pasar global bio-based grease hanya sebesar 0.84%. Oleh karena itu, diusulkan penelitian pemanfaatan MIKO/CPO FFA tinggi menjadi bahan baku minyak dasar, pengental, dan aditif dalam gemuk litium dengan teknik mikrogelombang. Kelebihan penggunaan mikrogelombang adalah waktu pembuatan yang singkat.


Tahapan dalam rangka produksi lithium grease dilakukan dengan tahapan : (1) Pembuatan aditif berupa pemodifikasi friksi dilakukan dengan mereaksikan MIKO/CPO dan dietanolamina dalam reaktor mikrogelombang dengan rasio 5:1 pada daya 750 watt selama 25 menit, (2) karakterisasi pemodifikasi friksi berupa pH (1%), kadar air, ALB, amina bebas, dan total amida, (3) epoksidasi MIKO/CPO dilakukan dengan mereaksikan MIKO/CPO (FFA>30%), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan asam format dengan rasio mol 1:5:4 dengan waktu reaksi selama 90 menit pada suhu 80oC, (4) karakterisasi hasil epoksidasi berupa penetapan kadar bilangan iod. (5) pembuatan lithium grease dilakukan dengan mereaksikan base oil (CPO/MIKO terepoksidasi) dan lithium hidroksida pada daya 750 watt selama 1 jam. Mineral oil (paraffin dan polibutena) dan grafit ditambahkan dan reaksi dilanjutkan pada daya 750 watt selama 25 menit. Daya reaksi diturunkan sehingga tercapai 100oC dan ditambahkan pemodifikasi friksi, ZDTP, dan BHT sebagai aditif lithium grease. Formula pembuatan lithium grease adalah:

- Lithium Grease NLGI 1 : MIKO/CPO (60%), pemodifikasi friksi (16%), paraffin padat (15%), LiOH (1.5%), inhibitor korosi (5%), grafit (1.5%), ZDTP (0.5%), BHT (0.5%).
- Lithium Grease NLGI 2 : MIKO/CPO (60%), pemodifikasi friksi (15%), paraffin padat (15.7%), LiOH (1.8%), inhibitor korosi (5%), grafit (1.5%), ZDTP (0.5%), BHT (0.5%).
- Lithium Grease NLGI 3 : MIKO/CPO (60%), pemodifikasi friksi (15%), paraffin padat (16.5%), LiOH (2%), inhibitor korosi (5%), grafit (1.5%), ZDTP (0.5%), BHT (0.5%).


Pemodifikasi yang dibuat merupakan senyawa fatty alkanolamida dan memiliki spesifikasi pH (1%)=9.34; ALB (0.7%), amina bebas (3.7%) dan total amida (95.6%). Spesifikasi produk memenuhi kriteria Texas Coco-diethanolaide komersial (2011). Karakteristik FTIR juga mengkonfirmasi keberadaan puncak C=O amida pada bilangan gelombang 1634 cm<sup>-1</sup> dan hilangkan puncak C=O karboksilat pada bilangan gelombang 1720 cm<sup>-1</sup>. Konversi bilangan iod melalui epoksidasi MIKO/CPO pada rasio mol antara MIKO/CPO:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan asam format dengan rasio mol 1:5:4 dengan waktu reaksi selama 160 menit pada suhu 80oC sebesar 98.0%. lithium grease yang dibuat dengan target formula NLGI 1, 2 dan 3 telah memenuhi SNI 7069-8:2017 dengan parameter (a) penetration worked, @25oC = 308 Mm/10, (b) Dropping point=146oC, (c) wear scare Diam (four Ball)=0.72 mm. Aplikasi produk grease pada peralatan industri berupa motor belt conveyor di PT Bumi sawindo permai selama 6 bulan tidak menunjukkan efek negatif. Selain itu, produk grease juga di PT KAWat enamel pada peralatan motor hidrolik selama 3 bulan dan tidak menunjukkan efek negatif.

Sukrosa ester yang dihasilkan telah diformulasikan pada produk personal care, kosmetika dan cleaning (losion, krim wajah dan sabun tanah). Formulasi lotion terbaik dihasilkan menggunakan sukrosa ester palmitat (10%), formulasi krim wajah menggunakan sukrosa ester miristat (2%) dan formulasi sabun tanah terbaik menggunakan sukrosa ester miristat (4%).

Kata kunci: Asam Lemak, CPO, Krim, Losion, Metil Ester, Sabun Tanah, Sukrosa Ester



# LITHIUM COMPLEX BIOGREASE




PROGRAM GRANT RISET SAWIT


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

Mohammad Khotib\*, Burhanuddin\*\*, Zainal Alim Mas'ud\*, Eny Sulisty Hermyanti\*\*\*  
\*) Departemen Kimia, FMIPA IPB, \*\*\*) Departemen Agribisnis IEM IPB, \*\*\*) Laboratorium Terpadu IPB

#### LATAR BELAKANG



Kebutuhan pasar global terhadap grease mencapai US\$ 3.50 Billion di 2021 dan terus meningkat mencapai nilai US\$ 4.35 Miliar pada tahun 2027(1). Bidang otomotif/transportasi, peralatan berat, dan metalurgi/metalworking merupakan pengguna grease dengan tiga urutan terbesar. Minyak mineral dengan tipe lithium grease mendominasi pasar global grease(2), sedangkan bio-based grease sekitar 0.84% memenuhi kebutuhan global. Oleh karena itu, bio-based lithium grease dengan sumber bahan baku minyak sawit berpeluang untuk dikomersialisasikan secara masif.



PRODUKSI LITHIUM GREASE BERBASIS MINYAK SAWIT YANG SUDAH DIHALAU TEKNIK MIKROGELOMBANG

#### METODE DAN HASIL

##### 1. PEMBUATAN PEMODIFIKASI FRIKSI

MIKO/CPO (FFA>30%) dan dietanolamine (DEA) dengan rasio 5:2 ditimbang dan dimasukkan dalam reaktor mikrogelombang pada kondisi 750 watt selama 25 menit. Kapasitas 1 batch sebesar 5 kg selama 25 menit.

Waktu epoksidasi (menit)	Bilangan iod (g @100 g minyak)	Konversi (%)
90	11.8219	78.6%
95	7.3337	88.6%
110	6.3850	87.6%
125	2.9567	94.1%
160	0.9864	98.0%



Pemodifikasi friksi	ALB (%)	Amina Bebas (%)	Total Amida (%)	pH 1%
Produk (palm dietanolamida)	0,7	3,7	95,6	9,34
Spesifikasi Texas Coco-DEA (2011)	Max 1,0	Max 9,0	Min 90	8,5-10,5

##### 2. EPOKSIDASI MINYAK SAWIT SEBAGAI MINYAK DASAR (BASE OIL)


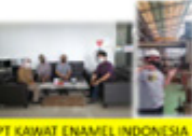
Formula epoksidasi optimal (kg mol): MIKO/CPO (FFA>30%), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan asam format gada 1:5:4 dengan waktu reaksi selama 90 menit pada suhu 80oC

##### KONDISI PROSES PRODUKSI:

- Reaksi pembentukan base oil & sabun dilakukan pada daya 750 watt selama 1 jam
- Penambahan base oil, aditif kel. 1 dilakukan pada daya 750 watt selama 25 menit
- Penambahan aditif kel. 2 dilakuakn setelah suhu <100oC

#### OUR INDUSTRIAL TESTIMONY

**BIOGREASE (FFA>30%) DAPAT DIGUNAKAN PADA PERALATAN INDUSTRI DAN BAGIAN KENDARAAN TANPA MEMBERIKAN DAMPAK NEGATIF SELAMA UJI COBA**

FOOTNOTES  
 1. <https://www.businesswire.com/news/home/20220425005636/en/global-grease-market-size-to-reach-4.35-billion-dollar-by-2027-opportunity-and-forecasts-researchandmarkets.com>  
 2. NLGI LUBRICATING GREASE PRODUCTION SURVEY TAHUN 2020  
 3. SNI 7069-8:2017 MINYAK GEMUK KENDARAAN BERMOTOR

CONTACT PERSON: MOHAMMAD KHOTIB  
 +62 818-0970-5705

## ESTERIFIKASI KATALITIK GLISEROL DAN GONDORUKEM UNTUK PRODUKSI BAHAN CAMPURAN MARKAH JALAN DAN PEREKAT

Dr. Aqsha dan Tim Peneliti

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 produksinya dapat mencapai lebih dari 60 ribu ton (80% di ekspor). Gondorukem (gum resin) dapat digunakan sebagai bahan perekat untuk berbagai industri. 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 formulasi 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 200-250°C, 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 hamper sama.

Dari penelitian ini akan dihasilkan teknologi proses konversi gondorukem mentah menjadi gondorukem dengan kualitas yang lebih baik yang selanjutnya dapat digunakan dalam skala komersial untuk meningkatkan kualitas gondorukem dan meningkatkan nilai ekonomi proses produksi gum resin gondorukem di Indonesia. Hasil penelitian akan dipatenkan sebagai teknologi baru yang siap ditingkatkan skalanya ke skala pilot dan dipublikasikan dalam jurnal ilmiah di tingkat nasional ataupun internasional. Urgensi penelitian ini adalah menawarkan teknologi produksi gum resin dengan kualitas tinggi untuk meningkatkan hilirisasi produk berbasis nabati di Indonesia, meningkatkan nilai ekspor perdagangan gum resin, mengurangi permasalahan produk samping biodiesel dan meningkatkan ketahanan industri perkebunan Indonesia secara umum.







### 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



#### 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 <sub>2</sub>	25 ml/menit



#### METODOLOGI

- Sintesis katalis metal tunggal dan ganda berpenyangga
  - Katalis tunggal
  - Katalis ganda
- Seleksi katalis: esterifikasi katalitik gliserol dan gondorukem
  - Variasi Katalis
  - T (250°C), dan P (1 bar)
- Pembuatan Produk Markah Jalan
  - Variasi suhu (100-300°C) dan tekanan (0,1-1 bar)
  - Rasio katalis (0,5 ; 1 ; 5 ; 10 ; 15%), reaktan (1:1-1:4)
- Karakterisasi katalis dan analisa produk
 

Kejernihan, titik lunak, stabilitas termal, dsb

#### HASIL & KESIMPULAN



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

Kerjasama antara ITB & Perhutani



**INTELLECTUAL  
PROPERTY  
PROTECTED**



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

## OPTIMASI KOMPOSISI SUBSTRAT FERMENTASI BERBASIS LIMBAH BIOMASSA TANAMAN KELAPA SAWIT UNTUK MEMPRODUKSI BIOMASSA MISELIUM SEBAGAI PRODUK BIOMATERIAL

Prof. Dr. Pingkan Aditiawati dan Tim Peneliti.

Biomaterial berbasis biomassa menjadi salah satu alternatif yang bisa digunakan untuk menghasilkan bahan baku untuk: kemasan, bahan bangunan, bahan pagedap suara, dan pengganti kulit hewani. Beberapa penelitian terkait pembuatan biomaterial pengganti kulit telah dilakukan dengan berbagai macam jamur seperti: *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus*, dan *Marasmiellus palmivorus*. Biomaterial berbasis jamur dapat dihasilkan dengan menggunakan media dari berbagai macam limbah berbasis selulosa, seperti: campuran serbuk kayu dari berbagai jenis pohon. Tetapi kualitas biomaterial yang dihasilkan akan bervariasi bergantung pada komposisi serbuk kayu, sehingga perlu dicari media yang dapat menghasilkan biomaterial berbasis jamur dengan hasil yang konsisten, mempunyai kekuatan, serta kelenturan material yang menyerupai kulit hewani. Hasil limbah perkebunan kelapa sawit yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki potensi untuk digunakan sebagai media pembuatan biomaterial berbasis jamur.

Tujuan umum pada penelitian tahun satu ini adalah untuk memproduksi mycelium leather (MyLea) dari TKKS dengan dua jenis jamur (*P. ostreatus* dan *G. lucidum*). Tujuan tersebut dibagi menjadi beberapa kegiatan: 1) Menentukan formula media untuk produksi Mylea berbasis TKKS; 2) Menentukan spesies jamur optimum untuk produksi MyLea berdasarkan kemampuan laju pertumbuhan dan aktivitas enzim. Target luaran dari penelitian tahun pertama adalah: formulasi media untuk produksi biomaterial berbasis jamur dan SOP produksi biomaterial dengan media TKKS.

Pada penelitian ini digunakan TKKS sebagai pengganti serbuk kayu yang digunakan oleh mitra. Pembuatan media modifikasi berbasis TKKS untuk produksi Mylea mengacu pada SOP produksi yang dikembangkan oleh mitra (Mycotech) dengan komposisi: limbah TKKS (72%), Pollard (15%), Tepung Tapioka (10%), CaCO<sub>3</sub> (3%). Digunakan dua jenis jamur yaitu *G. lucidum* dan *P. ostreatus*. Kedua jamur tersebut diseleksi berdasarkan laju pertumbuhan pada medium TKKS. Seleksi kemampuan pertumbuhan dilakukan pada dua variasi massa media TKKS yaitu 6 dan 10 g, diinkubasi pada suhu 22-26°C selama 21 hari. Laju pertumbuhan jamur dihitung berdasarkan diameter miselium setiap 24 jam. Berdasarkan hasil formulasi media, didapatkan pertumbuhan jamur terbaik adalah *P. ostreatus* dengan laju 2.42 cm.hari<sup>-1</sup> pada massa media 10 g. Selanjutnya dilakukan uji aktivitas enzim lakase (degradasi lignoselulosa) terhadap jamur *P. ostreatus* selama produksi inokulum padat berbasis solid state fermentation (koji). Hasil uji aktivitas enzim lakase pada *P. ostreatus* tertinggi adalah 106 U/L pada hari ke-3.

Berdasarkan hasil formulasi media, maka disusun SOP produksi Mylea dengan menggunakan media berbasis TKKS. Tahapan produksi dimulai dari: 1) pembuatan bubuk TKKS dengan ukuran 1 cm, 2) formulasi media TKKS dengan bahan lainnya, 3) sterilisasi, 4) inokulasi koji jamur, 5) fermentasi biomaterial jamur dengan media TKKS pada kotak plastik ukuran 12x19 cm dengan ketebalan 1 cm yang diinkubasi pada suhu ruang (25-26°C) selama 4 minggu. Biomaterial Mylea yang diperoleh diuji: analisis struktur (SEM), kekuatan tarik dan kompresif (tensile strength dan compressive strength). Hasil Mylea yang diperoleh berdasarkan SOP tersebut hingga saat ini masih belum optimum dan sedang dalam tahap validasi. Pengujian kekuatan dan struktur biomaterial belum dilakukan.

Output dari penelitian tahun pertama ini adalah: 1) Formulasi media produksi Mylea terdiri dari TKKS 72%, pollard 15%, tepung tapioka 10%, dan CaCO<sub>3</sub> 3%; 2) *P. ostreatus* merupakan jamur optimum untuk produksi Mylea dengan laju pertumbuhan 2.42 cm/hari dan aktivitas enzim lakase 106 U/L pada hari ke-3 dalam koji. Sehingga capaian output tahun pertama: formulasi media untuk produksi biomaterial berbasis jamur (100%) dan SOP produksi biomaterial dengan media TKKS (90%).

### 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 Turto Prakoso, Dr. Rudi Dungani, Maya Fitriyanti, Ph.D., Neil Priharto, Ph. D.,  
 Dzulianur Mutsila, M.T.  
 PIC: pingkan@itb.ac.id

#### Latar Belakang

**Gambar 1.** Mycelium leather sebagai biomaterial

- Alternatif Kulit Hewan
- Ramah Lingkungan
- Produksi Cepat

**Gambar 2.** Serbuk berbagai macam kayu

Produk tidak stabil

**Gambar 3.** Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Menghasilkan produk yang stabil.

#### Tujuan Penelitian

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

- Menentukan formula medium untuk produksi Mylea menggunakan limbah (TKKS) sebagai pengganti serbuk kayu.
- Menyeleksi kandidat jamur *Pleurotus ostreatus* dan *Ganoderma lucidum* yang akan digunakan untuk produksi MyLea

**Target luaran**

- Fomulasi media untuk produksi biomaterial berbasis jamur
- SOP produksi biomaterial dengan media TKKS

#### Capaian Hasil

#### SOP & METODE

Capaian: 90%

\*Validasi SOP sedang dilakukan, pengujian kekuatan tarik, kompresif dan analisis struktur (SEM) material belum dilakukan

#### Produksi inokulum

#### FORMULASI

Capaian: 100%

**Tabel 1.** Pertumbuhan *G. lucidum* vs *P. ostreatus* (Komposisi medium: Kelapa sawit 72%, pollard 15%, tepung tapioka 10%, CaCO<sub>3</sub> 3%. Inokulum 8 mm x 8 mm, Diameter cawan petri 9 cm, aerob)

Berat Substrat	6 gram					10 gram					Laju pertumbuhan
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
<i>G. lucidum</i>											0,64 cm/hari
<i>P. ostreatus</i>											2,42 cm/hari

**Gambar 3.** Kurva Tumbuh *G. lucidum* vs *P. ostreatus* pada formulasi medium terbaik

Komposisi medium: Kelapa sawit 72%, pollard 15%, tepung tapioka 10%, CaCO<sub>3</sub> 3%.  
 Inokulum 8 mm x 8 mm, Diameter cawan petri 9 cm, aerob, n = 5

**Gambar 4.** Hasil uji aktivitas enzim lakase *P. ostreatus* selama produksi inokulum padat berbasis solid state fermentation (koji) menggunakan metode Laccase enzymatic assay reagen ABTS (panjang gelombang 420 nm)

Uji aktivitas enzim lakase *P. ostreatus* pada substrat produksi inokulum padat berbasis solid state fermentation (koji) menggunakan metode Laccase enzymatic assay reagen ABTS (panjang gelombang 420 nm)

#### Kesimpulan

- Formulasi media produksi Mylea terdiri dari TKKS 72%, pollard 15%, tepung tapioka 10%, dan CaCO<sub>3</sub> 3%.
- P. ostreatus* merupakan jamur optimum untuk produksi Mylea dengan laju pertumbuhan 2.42 cm/hari dan aktivitas enzim lakase 106 U/L pada hari ke-3 dalam koji.

## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI CARBON BLACK DARI BIOMASSA KELAPA SAWIT

Ir. Agus Kismanto M.Sc. dan Tim Peneliti

Carbon black adalah butiran sangat halus dari karbon, yang diproduksi dengan cara membakar secara partial dan mempirolisa dari minyak fosil. Sebagian besar produksi carbon black digunakan sebagai penguat ban kendaraan, tetapi banyak aplikasi lain misalnya : pigmen UV stabilizer, isolator, tinta, coating hoses, conveyor belts, dll. Produksi dunia untuk carbon black sekitar 15 juta ton dengan nilai sekitar 14 milyar USD. Pada saat ini semangat untuk memproduksi produk-produk rendah karbon terus digiatkan, agar di masa depan transisi menuju dunia yang net-zero emission dapat tercapai. Carbon Black yang diproduksi dari biomassa merupakan pilihan yang menarik.

Perkebunan sawit adalah sumber biomassa yang luar biasa, yang bisa mencapai 200 juta ton per tahun, sehingga lebih dari cukup untuk memasok bahan baku carbon black untuk seluruh pasar global. Dengan harga carbon black yang sekitar USD 1000/ton menjadikan riset teknologi produksi carbon black dari biomassa kelapa sawit merupakan hal yang sangat menjanjikan. Carbon black mempunyai ciri utama kadar karbon yang >.95%, kadar abu yang kurang dari 0,4% dan ukuran sekitar 20 – 300 nm. Dalam riset ini dikaji teknologi produksi sehingga dapat diproduksi Carbon Black yang berbahan baku 100% terbarukan.

Teknologi yang produksi yang telah diteliti dimulai dengan melakukan slow pyrolysis pada suhu 400-600oC terhadap biomassa kelapa sawit terlebih dahulu, sehingga terbentuk minyak pirolisa dan arang. Minyak pirolisa ini kemudian akan dijadikan sebagai umpan produksi di reaktor furnace black yang bersuhu 1300 – 1750oC. Metoda Penelitian yang dipilih adalah dengan melakukan benchmarking terhadap carbon black dari beberapa merek yang terkenal terlebih dahulu, lalu membangun peralatan teknologi produksi carbon black pada skala kecil sehingga dapat dilakukan percobaan dengan bahan baku minyak berat seperti dilakukan oleh pabrik konvensional. Pada peralatan ini kemudian dilakukan modifikasi dan optimasi peralatan agar biaya produksi dan mutu produk optimal. Setelah itu dilakukan penggantian bahan baku produksi carbon black dengan bahan minyak pirolisa biomassa kelapa sawit dan dilakukan optimalisasi produksi terus menerus, sehingga biaya produksi dan mutu yang lebih optimal. Setelah ini dicapai maka dilakukan design upscaling untuk keperluan komersialisasi.

Pada tengah tahun pertama penelitian ini, telah diterbitkan karya ilmiah dengan judul "Prospect and challenges of producing carbon black from oil palm biomass: A review", pada jurnal Bioresource Technology Reports 23 (2023) 101587. Dari hasil perhitungan teoritis, kebutuhan bahan baku sekitar 7.15 kg biomassa kering/kg carbon black, sehingga pengembangan carbon black ini sangat menarik untuk diteliti. Reaktor Carbon Black telah berhasil dibangun, dengan kapasitas 10 kg bahan baku/jam. Sampel sol karet sol sepatu yang fillernya merupakan carbon black yang diolah dari minyak pirolisa pelepah sawit juga telah dibuat. Tantangan riset masih banyak harus diselesaikan, untuk meningkatkan mutu dan rendemen walaupun diproduksi pada skala kecil. Pengetahuan ini sangat berguna untuk upscaling reaktor sehingga mencapai kapasitas komersial.

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.

#### PROSES PRODUKSI CARBON BLACK

#### 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.

#### CAPAIAN HASIL SAAT INI

**Reaktor Carbon Black**

**Paper Published**

Sampel sol sepatu olahraga dengan filler carbon black pelepah kelapa sawit

#### PENELITI

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

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

Dr. Ir. Rizqon Fajar dan Tim Peneliti

Rekayasa biolubricant diperlukan untuk menghasilkan formulasi yang memenuhi spesifikasi teknis mesin diesel baik dari segi sifat kimia fisika maupun kinerja tribologi (key-properties). Rekayasa terhadap minyak sawit (trigliserida) sebagai bahan baku biolubricant dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan stabilitas termal oksidasi, sifat lubrisitas dan sifat kimia fisika lainnya, melalui reaksi epoksidasi dan aminasi. Terhadap senyawa-2 tersebut (base stock) dilakukan pencampuran (blending) untuk menghasilkan berbagai formulasi biolubricant yang memenuhi berbagai spesifikasi teknis mesin diesel, terutama SAE-40.

Pada riset ini, penentuan key-properties berbagai senyawa base stock dilakukan melalui pengukuran dan pemodelan machine learning untuk menghemat waktu dan sumber daya. Penentuan key-properties meliputi viskositas, indeks viskositas, stabilitas termal dan sifat lubrisitas. Selain itu dilakukan karakterisasi terhadap base stock untuk memastikan kualitas reaksi sintesa meliputi Angka Iodin, Oxiran, analisa IR, C-NMR dan H-NMR.

Capaian riset saat ini adalah diperolehnya berbagai base stock melalui reaksi epoksidasi dan aminasi dari palm olein. Adapun karakterisasi yang sudah diselesaikan adalah terhadap senyawa Metil Amine Triglisierida (MAT) adalah sebagai berikut, Viskositas 40oC: 177mm<sup>2</sup>/s; Viskositas 100oC: 18,4 mm<sup>2</sup>/s; Indeks Viskositas: 90; Temperatur Onset (TGA): 328oC & Koefisien Friksi (CoF): 0.12. Selain itu telah dihasilkan peta blending berbagai base stock untuk berbagai komposisi yaitu Metil Amin Triglisierida (MAT)-Fatty Acid Methyl Ester (FAME); Metil Amin Triglisierida (MAT)-Triglisierida (TG) dan Metil Amine Triglisierida (MAT)-Fatty Acid Methyl Ester (FAME)-Triglisierida (TG) yang memenuhi spesifikasi viskositas SAE-40.

Dari hasil pemetaan berbagai komposisi blending (base oil) dari MAT-FAME; MAT-TG dan MAT-FAME-TG maka akan dilakukan seleksi terhadap blending yang memenuhi spesifikasi teknis baik sifat kimia fisika maupun kinerja tribologinya, meliputi viskositas, viskositas indeks, Temperatur Onset dan Koefisien Friksi. Setelah dilakukan evaluasi dan optimasi, ditetapkan beberapa komposisi blending terpilih yang akan lanjut ke pengujian mesin diesel di laboratorium. Parameter uji pada mesin meliputi kinerja mesin, ketahanan pelumas dan rating komponen. Hasil uji mesin pada laboratorium tersebut akan menghasilkan formula base oil yang akan digunakan pada uji coba mesin di lapangan.

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

NO KONTRAK : PRJ-06/DPKS/DIT.IV/2023

**1 TUJUAN PENELITIAN**

Melakukan rekayasa biolubricant untuk menghasilkan formulasi pelumas yang mampu memenuhi spesifikasi teknis untuk mesin, khususnya mesin diesel pada sektor industri, perkebunan dan pertanian

**2 METODE PENELITIAN**

**Epoksidasi & Aminasi Palm Olein**

Melakukan optimasi proses epoksidasi dan aminasi terhadap palm olein, serta pemilihan senyawa kandidat (base stock) dengan melibatkan machine learning maupun experimental

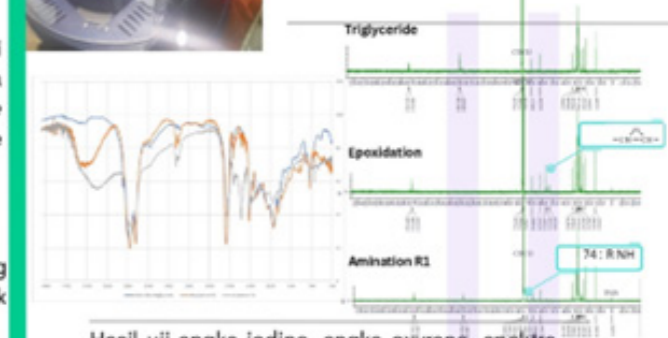
**Formulasi Biolubricant**

Dilakukan formulasi melalui skema blending dengan berbagai senyawa (base stock) untuk memenuhi spesifikasi SAE-40

**3 KARAKTERISASI**


**Karakterisasi**

Karakterisasi hasil sintesis base stock meliputi angka iodine, angka oxyrane, Spektroskopi IR, H-NMR, C-NMR, Viskositas, Viskositas Index, TGA dan Uji Tribometer




Hasil uji angka iodine, angka oxyrane, spektra IR, C-NMR, H-NMR mengkonfirmasi keberhasilan proses epoksidasi maupun aminasi palm olein


**4 CAPAIAN HASIL**



**TG**  
(Triglyceride)



**ETG**  
(Epoksidasi Triglyceride)




**A-ETG**  
(Aminasi Triglyceride)

**1 Karakterisasi Key Properties**


Methylamine-TG hasil sintesis memiliki karakteristik parameter kunci : V40 : 177 mm<sup>2</sup>/s, V100:18.4 mm<sup>2</sup>/s, VI: 88.9, Temperature Onset (TGA) : 328 deg C, CoF : ≈ 0.12

**2 Peta Blending Base Stock**



Peta blending Methyl Amin, TG dan FAME yang mampu memenuhi spesifikasi SAE- 40

**3 Prototype Biolubricant (Base Oil)**



Beberapa prototype bilolubricant yang memenuhi SAE-40 & spesifikasi teknis lain akan dilakukan pengujian pada engine, dengan parameter uji meliputi unjuk kerja, ketahanan pelumas dan rating komponen engine

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

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

Wiwik Handayani dan Tim Peneliti

Produksi buah-buahan Indonesia cukup tinggi, akan tetapi ekspor Indonesia masih sedikit. Ekspor buah-buahan selama ini menggunakan angkutan udara karena perlu waktu kirim yang cepat disebabkan karena sifat buah yang berumur pendek terutama buah klimaterik. Oleh karena itu biaya pengiriman yang harus ditanggung tinggi akibatnya daya saing rendah. Sifat pada umumnya buah yang berumur pendek dan cepat rusak (perishable) menjadi kendala bila buah harus dikirim ke tempat yang jauh yang membutuhkan waktu yang lama (lebih dari 2 minggu) dan mengakibatkan kerugian besar bila tidak cepat terserap konsumen. Masalah lain pada produk hortikultura buah adalah jatuhnya harga pada saat musim panen puncak. Hal ini karena suplai berlebih dari seluruh daerah produksi. Harga jual dibawah biaya produksi mengakibatkan kerugian yang besar baik pada produsen maupun pelaku usaha perdagangan buah. Musim puncak ini umumnya berlangsung 2 – 3 minggu. Setelah musim puncak harga akan kembali naik karena suplai sudah mulai berkurang. Teknologi coating atau pelapisan buah dari larutan yang diformulasikan dengan berbahan dasar turunan minyak sawit telah diciptakan untuk menjadi solusi masalah tersebut. Penerapan teknologi ini diharapkan akan mencegah timbulnya kerugian yang dialami oleh para pelaku usaha buah-buahan sehingga akan meningkatkan nilai tambah daya saing agroindustri hortikultura buah-buahan.

Bahan coating yang telah ada di pasaran dan telah dipergunakan untuk memperpanjang masa simpan dan kesegaran buah terbuat dari lilin impor (beeswax), lilin konvensional, polimer minyak bumi, dan kitosan. Sedangkan bahan baku yang mendapat perhatian cukup besar untuk dikembangkan adalah yang berasal dari sawit dan turunannya. Dipilihnya bahan baku dari turunan minyak sawit karena Indonesia memiliki sumber daya alam sawit yang melimpah dengan luas perkebunan sawit. Selain itu turunan minyak sawit (Palm Stearin) juga memiliki karakteristik sifat pelilinan sehingga bisa diaplikasikan menjadi larutan coating untuk buah ini. Beberapa negara pengimpor buah-buahan seperti negara Eropa, Amerika, Asia seperti Filipina, Jepang, dan lainnya yang menerima buah dari Indonesia menginginkan tampilan buahnya yang mengkilap (glossy) agar terlihat lebih menarik ketika mereka display di supermarket. Jadi teknologi coating ini sangat diperlukan bagi eksportir Indonesia selain untuk memperpanjang masa kesegaran buah agar biaya pengirimannya menjadi lebih ekonomis jika via laut dan dapat mempercantik penampilan buah. Oleh karena itu, kami mengembangkan riset teknologi coating berbasis turunan minyak sawit ini ke arah produk coating glossy agar ekspor buah lokal Indonesia menjadi lebih luas lagi sehingga dapat meningkatkan nilai tambah daya saing ekspor buah lokal Indonesia.

Adapun kegiatan riset yang akan dilakukan antara lain melakukan teknologi proses formulasi coating glossy berbasis turunan minyak sawit dan bahan baku alami lainnya dengan bahan lokal, uji karakteristik produk coating glossy berbasis turunan minyak sawit, uji aplikasi produk coating glossy berbasis turunan minyak sawit pada buah-buahan, uji pengiriman ekspor buah yang telah dilapisi dengan produk coating glossy berbasis turunan minyak sawit, analisis prospek pemasaran dan ekonomi produk larutan coating glossy berbasis turunan minyak sawit, dan publikasi jurnal internasional tentang produk coating glossy berbasis turunan minyak sawit.

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

Pekan Riset Sawit Indonesia 2023

### RINGKASAN

**Larutan Coating Berbasis Turunan Sawit :** Larutan yang terbuat dengan bahan dasar dari turunan sawit yang dipergunakan untuk melapisi permukaan kulit buah sehingga dapat memperpanjang masa kesegaran buah.

**Tujuan Coating Glossy Berbasis Turunan Minyak Sawit**

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

**Diagram Alir Proses Formulasi Coating Glossy**

**HASIL PEMBAHASAN**

**Karakteristik Produk Larutan Coating Glossy Berbasis Turunan Sawit**

No.	Parameter	Unit	Result	Level of Detection	Method
1	Pink	-	Deteksi erosi, warna putih susu	-	-
2	Densitas	g/mL	0,909	-	18-11-2019-192
3	Viskositas	dP	25,13	-	18-11-2019-199-SG (Eksistensi)
4	pH	-	6,08	-	58-01-2011-192
5	Angka Lemak Total (ALT)	mlangit	1,3x10 <sup>2</sup>	-	18-11-2019-199-SG
6	Escheria Coli	MPN/g	0	-	58-10-2011-2012
7	Salmonella sp.	125g	Negative	-	60-1075-12217-land 1-2008
<b>Legam Berat</b>					
Artem (Ar)	mg/kg	Not detected	0,0002	-	18-13-14-192-199-SG (GCP MS)
Cadmium (Cd)	mg/kg	Not detected	0,0005	-	18-13-14-192-199-SG (GCP MS)
Mercuri (Hg)	mg/kg	Not detected	0,0005	-	18-13-14-192-199-SG (GCP MS)
Tinbat (Pb)	mg/kg	Not detected	0,001	-	18-13-14-192-199-SG (GCP MS)
Tinbat (Zn)	mg/kg	Not detected	0,0025	-	18-13-14-192-199-SG (GCP MS)
Keperangan (K)	mlangit	2,0 x 10 <sup>2</sup>	-	-	58-10-2011-2012
10	Asupan Protein	um	3,132%	value	Metode Laser Scattering
11	Kandungan Protein	Esar turunan sawit, emulsifier, polimerisasi berbasis nanopartikel, anti fungi, dan antibiotik	-	-	-

	Hari Ke-1	Hari Ke-2	Hari Ke-3	Hari Ke-4	Hari Ke-5	Hari Ke-6	Hari Ke-7	Hari Ke-8
	08-06-23	09-06-23	12-06-23	13-06-23	14-06-23	15-06-23	15-06-23	15-06-23
KONTROL								
COATING GLOSSY								

	Hari Ke-9	Hari Ke-10	Hari Ke-11	Hari Ke-12	Hari Ke-13	Hari Ke-14	Hari Ke-15	Hari Ke-16
	16-06-23	19-06-23	20-06-23	21-06-23	22-06-23	23-06-23	23-06-23	23-06-23
KONTROL								
COATING GLOSSY								

	Hari Ke-17	Hari Ke-18	Hari Ke-19	Hari Ke-20	Hari Ke-21	Hari Ke-22	Hari Ke-23	Hari Ke-24
	24-06-23	26-06-23	27-06-23	28-06-23	29-06-23	30-06-23	01-07-23	02-07-23
KONTROL								
COATING GLOSSY								

### KESIMPULAN

- Coating berbasis minyak sawit mampu menekan susut bobot hingga 11,40 persen selama penyimpanan 16 hari
- Hasil Coating pada mangga gedong gincu dengan tingkat kematangan 90% dapat memperpanjang umur simpan hingga 2 (dua) minggu pada suhu ruang serta memiliki permukaan yang tidak lengket, cepat kering dan kulit masih terlihat hijau segar seperti awal pemetikan mangga.

**Contact :**

- Wiwik Handayani, ST, MT (0856 4448 310)
- Drs. Agus Tri Purwanto, MSc (0856 4226 843)
- Ir. Naina Budi Susetya, M.Sc (089 4231 916)
- Dian Anggrani, ST, MT (0813 2733-0744)
- Margo Siregar, ST, MT (082 8616 840)
- Mulyana Handayani, S.TP, M.Sc, PhD (0813 9427 3071)

Mitra Kerjasama

**PT. LARIS MANIS UTAMA**  
INTEGRATED FRESH AND FROZEN FOOD INDUSTRY



## PALMCRETE (Beton Sawit): PEMANFAATAN (UPCYCLE) CANGKANG KELAPA SAWIT (PALM KERNEL SHELL) SEBAGAI AGREGAT BETON RINGAN MENUJU EKONOMI SIRKULAR

Sotya Astutiningsi dan Tim Peneliti.

Kelapa sawit merupakan pohon yang hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan, salah satunya adalah cangkang dari pembungkusannya. Setelah isi buahnya diambil untuk menghasilkan minyak, tersisa bahan cangkang (palm kernel shell). Cangkang memiliki nilai ekonomi yang baik karena dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar biomassa pengganti batubara. Pada penelitian yang didanai oleh BPDPKS di tahun anggaran 2021 ini, penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai pengganti agregat alam pada beton akan dikaji, baik dari sudut pandang performa beton sebagai elemen struktur, sisi lingkungan, maupun kajian tekno-ekonomi.

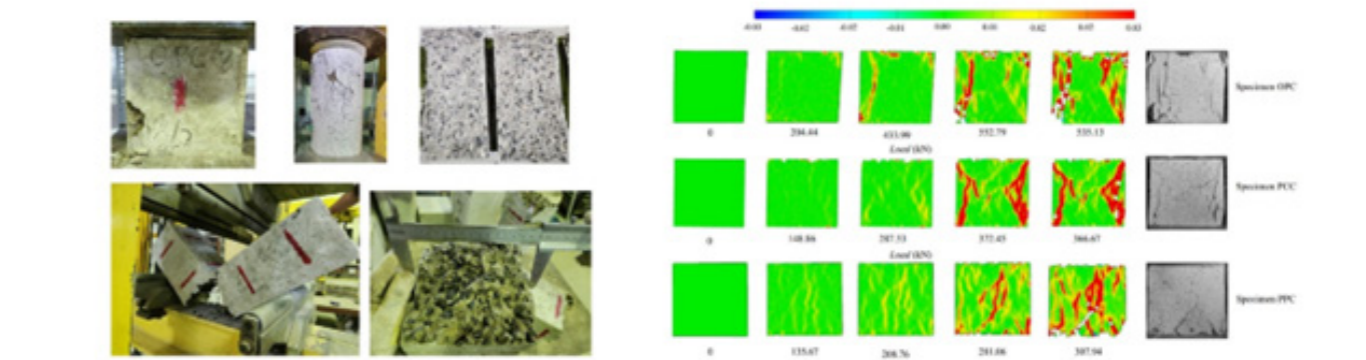
Cangkang sawit dapat dikategorikan sebagai material berbasis kayu dengan kekerasan yang tinggi dengan nilai 26,9 skala kekerasan yang diukur dengan metode Vickers mendekati kekerasan logam emas murni. Selain kekerasan yang tinggi, cangkang juga mengandung bio-oil yang bersifat mengawetkan sehingga tidak dimakan oleh rayap.

Beton adalah material komposit yang tersusun atas agregat (kerikil) yang diikat oleh pasir dan pasta semen. Agregat yang biasa digunakan pada beton normal adalah berupa pecahan batu alam. Beton normal yang dihasilkan biasanya memiliki berat jenis sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>. Beton dengan agregat yang disubstitusi dengan cangkang kelapa sawit atau dinamakan PalmCrete®, memiliki berat jenis sekitar 1850-1900 kg/m<sup>3</sup>.

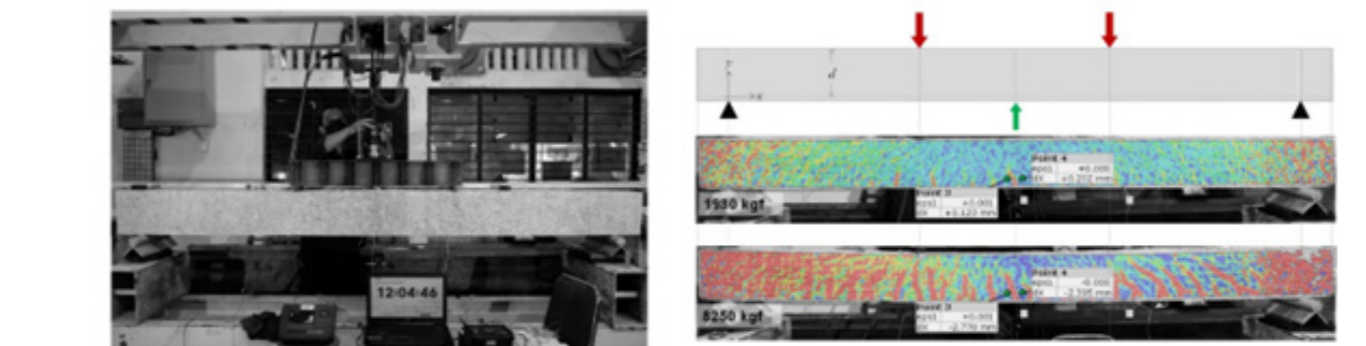
PalmCrete® memiliki kekuatan rata-rata sebesar 19.1 MPa (pengujian berdasarkan standar ASTM C-39 / SNI-1974-2011). Kekuatan ini setara dengan beton biasa yang dapat dipakai pada struktur bangunan sederhana, seperti tempat tinggal. Pengujian secara eksperimen dilakukan dengan menggunakan korelasi citra digital (Digital Image Correlation - DIC) dilakukan pada benda uji kubus 15 cm dengan pembebanan tekan. Selain itu, metode DIC juga dilakukan pengujian sawit untuk balok bertulang dengan dimensi 15 cm x 25 cm x 300 cm dengan pembebanan semi siklik seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Teknik DIC memungkinkan untuk memperoleh data pengamatan bukan retak pada balok beton cangkang. Hasil analisis menunjukkan bahwa PalmCrete® berperilaku seperti halnya beton normal pada pembebanan lentur empat titik. Pada pembebanan semi siklik, PalmCrete® menunjukkan sifat keuletan (ductility) yang lebih tinggi dari beton biasa. Hal ini mengindikasikan potensi beton yang lebih tahan terhadap beban gempa. Kelebihan lain dari beton cangkang adalah sifatnya yang pervious (lolos air) yang berpotensi untuk dapat diaplikasikan sebagai paving block dengan pengaliran. Tentunya diperlukan studi lebih lanjut dan mendalam untuk potensi pemanfaatannya.



Gambar 2. Material Cangkang Kelapa Sawit. (a) kondisi material awal. (b) kondisi cangkang setelah perlakuan awal (pretreatment)



Gambar 4. Pengujian Sampel Kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan metode Digital Image Correlation



Gambar 5. Pengujian Sampel Balok 15 cm x 25 cm x 300 cm dengan metode Digital Image Correlation



**LAHAN**



**TANAH**



**BIBIT**



**BUDIDAYA**



**— 03**

## KAJIAN PRODUKTIVITAS LAHAN SAWIT BERGAMBUS SAAT MEMASUKI PERIODE AWAL TANAMAN MENGHASILKAN DAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PALUDIKULTUR PADA PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT

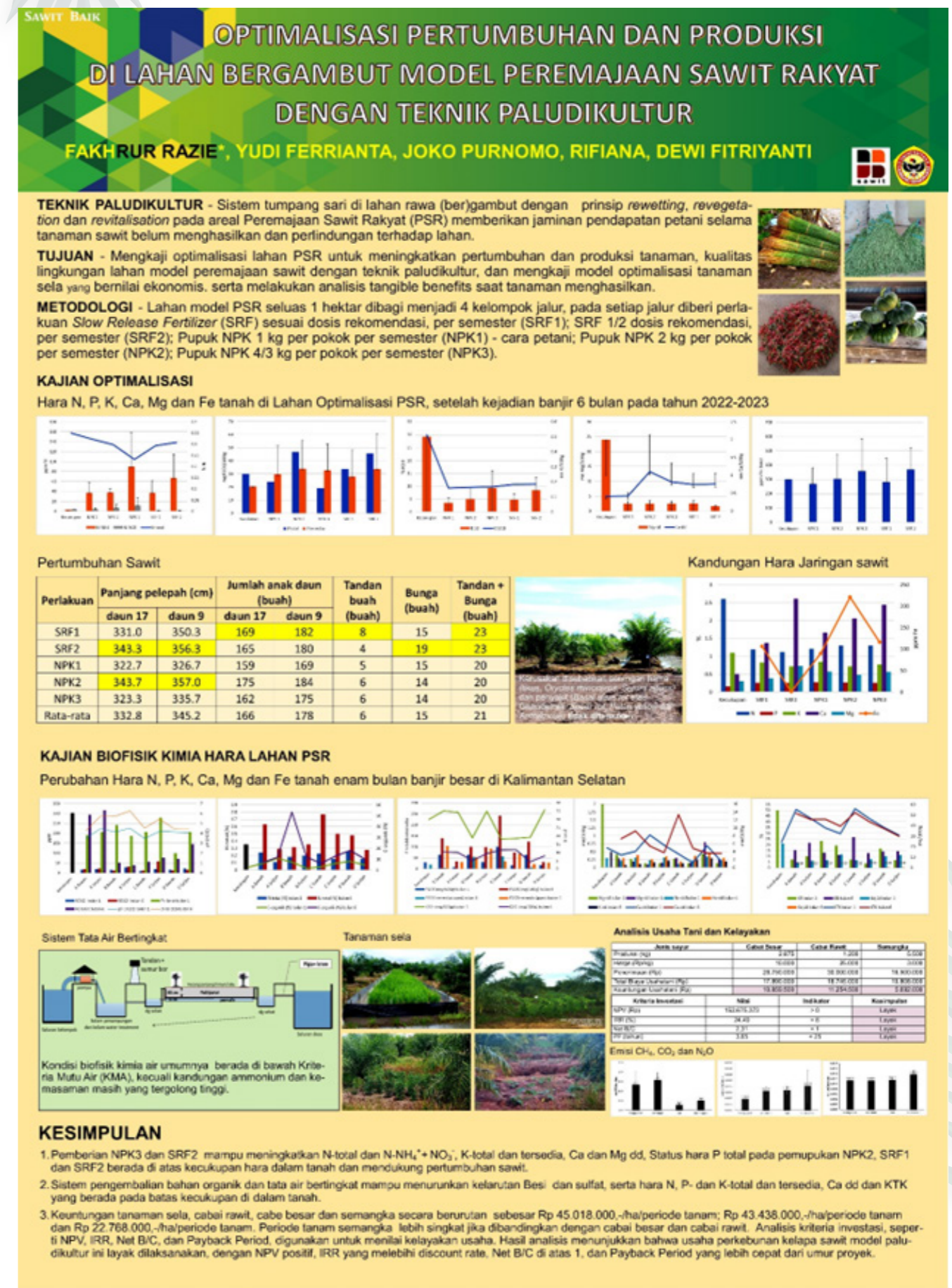
Dr. Ir. Fakhur Razie, M.Si dan Tim Peneliti.

Target dari penelitian ini adalah melakukan kaji tindak penerapan model paludikultur pada kegiatan peremajaan sawit rakyat dan model optimalisasi tanaman sela tahan naungan yang bernilai ekonomis pada saat penutupan tajuk tanaman sawit di Kalimantan Selatan. Penelitian mencakup kajian biofisik kimia lahan dan air, kondisi agronomis sawit, analisis pemupukan, pemilihan lokasi peremajaan sawit, analisis usahatani hortikultura, dan analisis finansial. Secara umum hasil penelitian menunjukkan kebutuhan untuk manajemen pupuk yang hati-hati, perencanaan peremajaan sawit yang cermat, dan pertimbangan lingkungan dalam penggunaan pupuk. Selain itu, penelitian juga menyoroti mekanisme adaptasi dan resiliensi petani dalam menghadapi bencana banjir dan perubahan iklim, termasuk pemanfaatan modal sosial yang kuat dan adaptasi dalam berbagai aspek pertanian. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, penting untuk menjaga keberlanjutan pertanian kelapa sawit dengan memperhatikan aspek lingkungan dan sosial.

Tiga aspek utama: kajian adalah biofisik kimia lahan dan air, kajian kondisi agronomis sawit, hama penyakit, optimalisasi lahan dan analisis tangible dan intangible benefits serta mekanisme adaptasi petani terhadap bencana banjir. Kondisi kimia tanah dan air (Fe, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, N, C-organik, P, K, dan basa-basa tukar) menunjukkan perubahan positif di lahan penelitian. Pemupukan berhasil meningkatkan kandungan hara, meskipun terjadi fluktuasi. Kualitas air di saluran dan kolam dapat dikendalikan dengan mengatur air dengan membuat saluran yang lebih lebar, meningkatkan pompa air, dan meninggikan tanggul keliling. Kondisi agronomis sawit menunjukkan rendahnya kandungan N, K, dan Mg dalam jaringan tanaman, sementara P dan Fe tergolong pelepas dan jumlah pelepas umur 24 bulan cukup baik (sedang-tinggi). Kelapa sawit dxp Simalungun memiliki keunggulan berbuah sangat awal, ditemukan sekitar 2,78% tanaman hanya tumbuh bunga jantan.

Kajian optimalisasi lahan dimulai pada Juni 2022 dengan penggunaan dua jenis pupuk, yaitu pupuk slow release, pupuk NPK, dan pengapuran dolomit. Dapat disimpulkan pemupukan NPK 2 dan 3 serta SRF tampak efektif dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara untuk tanaman, terutama N dan P. Namun, perlu memperhatikan dampak lingkungan seperti rendahnya kandungan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Dari kajian ini ditekankan bahwa diperlukan manajemen yang hati-hati dalam penggunaan pupuk untuk mengoptimalkan produksi tanaman dan menjaga keseimbangan lingkungan.

Estimasi untuk 25 tahun untuk usaha ini diketahui total penerimaan per hektar adalah sekitar Rp 765.546.500. sedangkan arus keluar mencakup biaya investasi (peralatan dan bibit pohon kelapa sawit) serta biaya operasional (biaya tetap dan variabel). Total biaya variabel selama 25 tahun mencapai sekitar Rp 178.734.804 per hektar. Berdasarkan analisis finansial, usaha perkebunan kelapa sawit dengan model paludikultur ini terlihat menguntungkan dan layak untuk dijalankan, meskipun faktor risiko dan aspek non-finansial tetap dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan.



# TEKNOLOGI PENGANTARAN SERBUK SARI (POLLEN VECTORIZING TECHNOLOGY) UNTUK PENYERBUKAN KELAPA SAWIT

Dr. Agus Susanto dan Tim Peneliti

Fenomena kemunculan tandan buah kelapa sawit dengan nilai fruit set rendah belakangan ini mulai menjadi momok di perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Saat ini, permasalahan fruit set rendah semakin umum dijumpai pada tanaman menghasilkan (TM) muda, khususnya di periode panen lima tahun pertama. Kemunculan fenomena tandan buah dengan fruit set rendah sangat merugikan karena berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas kebun. Beberapa upaya untuk mengatasi fenomena buah dengan fruit set rendah telah diperkenalkan, mulai dari penyerbukan bantuan (assisted pollination) hingga introduksi *Elaeidobius kamerunicus* berbasis teknologi Hatch & Carry. Penelitian ini mengembangkan konsep pengantaran kumbang dan serbuk sari menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) yang diharapkan dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan fruit set rendah di perkebunan kelapa sawit. Dengan kata lain, sistem Hatch & Carry yang telah ada dikembangkan melalui pendekatan otomatisasi berbasis drone. Konsep teknologi yang dihadirkan meliputi (i) teknik produksi massal sumber kumbang penyerbuk selaku vektor serbuk sari melalui manipulasi peletakan telur di sumber bunga jantan dengan berbagai tingkat kemekaran, (ii) optimasi material pembawa kumbang penyerbuk, (iii) optimasi material pembawa untuk serbuk sari, dan (iv) kalibrasi drone untuk pengantaran kumbang penyerbuk sebagai agen polinasi.

Pada tahun pertama kegiatan penelitian telah berhasil menyelesaikan dua konsep tahapan yaitu teknik produksi massal kumbang penyerbuk dengan manipulasi peletakan telur dan optimasi material pembawa kumbang penyerbuk. Jumlah kumbang sebanyak 100 ekor individu merupakan perlakuan yang paling efisien dengan tingkat multiplikasi sebesar 5 kali pada tingkat kemekaran bunga jantan 25%; 17 kali pada tingkat 50%; 20 kali pada tingkat 75% dan 24 kali pada tingkat kemekaran bunga jantan 100%. Tingkat kemekaran bunga jantan untuk memperoleh individu *E. kamerunicus* tertinggi adalah 100%, tingkat kemekaran 50% dapat menjadi alternatif pengganti. Hasil analisis percobaan optimasi material pembawa kumbang penyerbuk menunjukkan bahwa durasi penyimpanan merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkat mortalitas kumbang *E. kamerunicus*. Semakin lama durasi penyimpanan pada masing-masing taraf material pembawa, kepadatan kumbang, dan suhu inkubasi maka tingkat kematian kumbang akan semakin meningkat. Durasi simpan yang terbaik adalah 3 hari dengan suhu optimum 10-15 °C dengan jenis material millet menjadi pilihan terbaik pada kepadatan rendah, dan kaul jagung pada kepadatan tinggi. Drone selanjutnya akan mengangkut perangkat insect release mechanism (IRM) dengan komposisi media millet sebagai pembawa, polen dengan konsentrasi 3 g/L, serta dengan kepadatan 2000 kumbang per volume uji.

## Teknologi pengantaran serbuk sari (Pollen Vectoring Technology) untuk penyerbukan kelapa sawit

No. Kontrak: PRJ-28/DPKS/2021

Koleksi bunga jantan dan serbuk sari

Inkubasi bunga, penetasan dan koleksi *E. kamerunicus*

Penyimpanan *E. kamerunicus* pada media dan transport

Penambahan serbuk sari dan pemuatan ke drone

**Konsep Teknologi:**

Pelepasan *E. kamerunicus* yang mengangkut polen di lapangan

**Tujuan Penelitian:**

Membangun sistem pengantaran serbuk sari berbasis drone yang diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penyerbukan kelapa sawit di lapangan

**1. Capaian Hasil Tahun Pertama:**

Tingkat kemekaran bunga jantan untuk memperoleh individu *E. kamerunicus* tertinggi adalah 100%, tingkat kemekaran 50% (5000 individu) dan 75% dapat menjadi alternatif pengganti. Semakin banyak individu maka akan semakin sedikit jumlah kumbang yang dihasilkan, akibat persaingan saat peletakan telur.

**2. Perbandingan:**

Sumber keragaman	df	S.S.	M.S.	F hit	F tab
Material pembawa	2	1479.12	737.56	8.55	< .001
Kepadatan	2	1130.35	565.18	6.55	0.002
Suhu	2	10039.07	5019.54	104.0	< .001
Durasi simpan	2	64045.59	32022.79	371.39	< .001
Material pembawa x Kepadatan	4	733.13	183.28	2.13	
Material pembawa x Suhu	4	2063.47	515.87	6.07	< .001
Kepadatan x Suhu	4	411.2	102.8	1.19	
Material pembawa x Durasi simpan	4	1183.8	295.9	3.45	0.01
Kepadatan x Durasi simpan	4	943.9	235.97	2.74	0.031
Suhu x Durasi simpan	4	3246.81	811.65	9.7	< .001
Material pembawa x Kepadatan x Suhu	8	1213.84	151.7	1.76	
Material pembawa x Kepadatan x Durasi simpan	8	1648.51	206.06	2.66	0.008
Material pembawa x Suhu x Durasi simpan	8	3268.81	408.6	4.65	< .001
Kepadatan x Suhu x Durasi simpan	8	2549.07	318.63	3.4	0.001
Material pembawa x Kepadatan x Suhu x Durasi simpan	16	1788.82	111.8	1.3	
Residual	162	13689.49	84.5		
Total	242	41773.14			

- Hasil percobaan menunjukkan adanya interaksi nyata pada tiga taraf perlakuan yang melibatkan durasi simpan, yaitu material pembawa\*kepadatan\*durasi simpan; material pembawa\*suhu\* durasi simpan; dan kepadatan\*suhu\* durasi simpan.
- Semakin lama durasi simpan pada masing-masing taraf material pembawa, kepadatan kumbang, dan suhu inkubasi maka kematian kumbang akan semakin meningkat.
- Durasi simpan yang terbaik adalah 3 hari dengan suhu optimum 10-15 °C. Jenis material millet menjadi pilihan terbaik pada kepadatan rendah, dan kaul jagung pada kepadatan tinggi.

**Tim Peneliti:**

- Dr. Agus Susanto (Ketua) | [agusmarihat@gmail.com](mailto:agusmarihat@gmail.com) | 08116201350
- Tjut Ahmad Perdana Rozziansha
- Hari Priwiratama
- Mahardika Gama Pradana

# PENGEMBANGAN ALAT DETEKSI CEPAT GANODERMA BONINENSE MENGGUNAKAN DIVAIS DETEKSI DNA PORTABEL

Dr. Yudan Whulanza

Deteksi cepat Ganoderma pada perkebunan kelapa sawit merupakan langkah yang sangat penting dalam penentuan teknik pengendalian. Saat ini, deteksi berbasis marka molekuler dengan menggunakan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR) telah dikembangkan untuk mendeteksi cepat adanya infeksi atau serangan Ganoderma, serta agen antagonis lain yang membantu proses pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) utama pada perkebunan kelapa sawit. Namun penggunaan instrumen PCR cukup sulit untuk dilakukan di lapangan. Selain harga instrumen yang mahal, proses pengoperasian memerlukan beberapa tahapan dan alat, dan diperlukan tenaga laboratorium dengan keahlian khusus.

Dalam riset ini, dilakukan pengembangan piranti deteksi molekuler dengan teknologi miniaturisasi yang memungkinkan piranti tersebut menjadi lebih portabel dan praktis dalam penggunaannya. Purwarupa yang direalisasikan portabel dan praktis karena dirancang untuk mendeteksi sampel dalam jumlah sedikit sampai 8 spesimen. Terdapat tiga fitur utama dalam purwarupa ini yaitu: adanya modul preparasi sampel padat menjadi cairan, simplifikasi proses ekstraksi, dan integrasi modul amplifikasi serta deteksi secara optis.

Modul preparasi telah diuji pada berbagai sumber sampel yaitu batang, daun, dan Ganoderma. Modul preparasi mengubah sampel padat menjadi sampel cairan menggunakan prinsip penggerusan. Modul ekstraksi DNA menggunakan teknologi on-chip-extraction secara magnetik untuk menggantikan proses ekstraksi menggunakan sentrifugasi. Penangkapan DNA pada microbeads magnet yang digerakkan pada cairan sampel secara bolak-balik. Hasil benchmarking menunjukkan proses ekstraksi menggunakan chip yang dijalankan pada divais portabel memberikan hasil yang sebanding dengan metode konvensional.

Modul amplifikasi menggunakan thermocycler yang telah diverifikasi pada kajian sebelumnya. Berdasarkan amplifikasi DNA, primer yang optimal digunakan adalah primer ITS 1 (CTTGGTCATTAGAGGAAGTAA) dan Gan 2 (GCGTTACATCGCAATACA) dengan produk PCR (amplikon) sekitar 200 bp. Untuk mengecek keberhasilan isolasi DNA, dilakukan proses amplifikasi PCR dengan profil suhu: a) initial denaturation pada suhu 94 °C; 3 menit, b) denaturation pada suhu 94 °C; 1 menit, c) annealing pada suhu 54°C; 30 detik, d) extension/elongation pada suhu 72 °C; 1 menit, e) post extension pada suhu 72 °C; 5 menit, dan f) termination pada suhu 4 °C; ∞. Siklus PCR berulang sebanyak 35 siklus. Protokol PCR pada deteksi cepat ini diharapkan dapat digantikan dengan protokol isothermal sehingga amplifikasi dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat. Namun, protokol isothermal membutuhkan desain primer yang perlu studi lebih lanjut.

Modul deteksi menggunakan metode optis pada sampel cairan. Pada proses deteksi sampel hasil amplifikasi, digunakan prinsip deteksi fluoresens dengan sumber LED warna biru. Sinar diteruskan dan dilewatkan dengan longpass filter yang kemudian ditangkap oleh photosensor dan memberikan ukuran secara kuantitatif. Hasil ini dibandingkan dengan data-data pembanding (control) dan memberikan hasil positif atau negatif adanya kandungan Ganoderma pada sampel.

Tahap akhir proyek ini adalah integrasi semua modul (preparasi-ekstraksi-amplifikasi-deteksi) dalam satu mobile-lab. Proses integrasi memerlukan semua modul berfungsi secara penuh dan telah dibandingkan dengan standar emas (PCR konvensional). Mobile-lab berukuran 40 x 30 x 10 cm untuk menampung semua modul yang disebutkan di atas yang selanjutnya dicobakan di lapangan.

# Pengembangan Alat Deteksi Cepat *Ganoderma boninense* Menggunakan Divais Deteksi DNA Portabel



NO : PRJ-30/DPKS2021 NO: 159/PKS/WRII-DRP/UI/2021

### LATAR BELAKANG

**Permasalahan identifikasi Ganoderma**  
Gejala tidak tampak secara visual dan perlu proses lab melalui deteksi molekul (PCR)  
Terlambat terdeteksi dan dalam pengerjaan memerlukan skill/investasi alat tinggi

**Usulan untuk penyelesaian masalah**  
Divais deteksi cepat Ganoderma, mudah dioperasikan dan portabel  
Integrasi proses preparasi-ekstraksi-amplifikasi-deteksi dalam 1 paket

### TUJUAN : PURWARUPA PRODUK

Purwarupa piranti deteksi DNA portabel yang mudah digunakan di lapangan untuk deteksi cepat Ganoderma

### CAPAIAN HASIL

METODE SAAT INI vs METODE USULAN

**INTEGRASI MODUL PREPARASI DAN EKSTRAKSI**

**INTEGRASI MODUL AMPLIFIKASI DAN DETEKSI**

### VERIFIKASI HASIL

VERIFIKASI METODE KONVENSIONAL VS USULAN

Menunjukkan hasil yang sama dengan metode konvensional

No	Uraian	Status	Comments
01	Uraian	Selesai	
02	Uraian	Selesai	
03	Uraian	Selesai	
04	Uraian	Selesai	
05	Uraian	Selesai	
06	Uraian	Selesai	
07	Uraian	Selesai	
08	Uraian	Selesai	
09	Uraian	Selesai	
10	Uraian	Selesai	
11	Uraian	Selesai	
12	Uraian	Selesai	
13	Uraian	Selesai	

Deteksi hasil amplifikasi menggunakan metode optis memberikan perbedaan signifikan untuk sampel positif dan negative

### PERKEMBANGAN PURWARUPA

Koordinator Tim Periset: Dr. Yudan Whulanza  
Email: yudan.whulanza@ui.ac.id

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

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

Tanaman sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah komoditas penting bagi Indonesia sebagai penyumbang devisa tertinggi dari sektor non-migas, yaitu sebesar 17,6%. Pada tahun 2021, industri sawit berkontribusi secara signifikan dengan nilai ekspor Rp. 536,85 triliun (Kemenperin, 2022). Usaha peningkatan produktivitas melalui pemuliaan sawit telah dimulai sejak tahun 1920, saat perkebunan komersial pertama berdiri. Pemuliaan sawit secara konvensional terbukti mampu meningkatkan produksi minyak sawit sebesar 10-20% pada setiap generasi, namun masih terkendala waktu yang lama (hingga 20 tahun/siklus). Hadirnya bioteknologi maju khususnya teknik molekuler memungkinkan pemuliaan sawit yang lebih cepat dan presisi melalui seleksi berbasis marka, seleksi genomik, rekayasa genetik, hingga genome editing. Penerapan teknik molekuler pada pemuliaan sawit memungkinkan percepatan siklus pemuliaan dengan mempersingkat waktu seleksi serta peningkatan keragaman genetik. Di sisi lain penerapan teknik molekuler memerlukan peta genom yang akurat sebagai referensi untuk mengidentifikasi gen beserta variasi genomik yang dapat digunakan sebagai marka maupun target rekayasa genetik.

Peta genom pertama yang dipublikasikan pada tahun 2013 telah berhasil menjelaskan 1,535 milyar dari sekitar 1,8 milyar basa DNA kelapa sawit (Singh et al. 2013). Peta tersebut disusun dari satu tanaman sawit terpilih, yaitu pisifera AVROS. Referensi genom yang hanya disusun dari satu tanaman tidak dapat menjelaskan variasi genetik berbagai populasi sawit yang digunakan dalam pemuliaan. Dengan semakin maju serta terjangkaunya teknologi pengurutan DNA (next-generation sequencing dan third-generation sequencing) memungkinkan pengurutan genom sawit berkualitas tinggi dengan biaya terjangkau. 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, variasi struktural yang hanya dapat diidentifikasi melalui analisis varian dengan referensi pan-gnome, akan digunakan untuk menemukan marka fungsional terkait kuantitas dan kualitas minyak sawit melalui studi asosiasi terhadap populasi liar sawit orijin Kamerun dan Angola.

Genom dari 32 aksesori tanaman sawit yang mewakili berbagai populasi penting di Indonesia seperti Deli, Lame, Yangambi, dan AVROS akan diurutkan menggunakan teknologi sequencing generasi kedua dan ketiga. Kombinasi antara long- dan short-reads digunakan untuk mendapatkan draft genom berkualitas tinggi dengan total coverage sekitar 60x. Kumpulan draft genom telah berhasil disusun dengan panjang genom bervariasi antara 904 hingga 1.578 Mb. Kumpulan draft genom akan digunakan untuk menyusun referensi pan-genom melalui pendekatan map-to-pan. Variasi struktural berupa presence-absence variation (PAV), copy number variation (CNV), serta inversi akan diidentifikasi dari referensi pan-genom. Deteksi variasi struktural akan dilakukan menggunakan pendekatan genotyping-by-sequencing terhadap 350 aksesori liar yang berasal dari Kamerun dan Angola dan divalidasi terhadap 50 aksesori varietas PPKS540. Sebanyak 35 fenotipe terkait kualitas dan kuantitas minyak serta vegetatif sawit sedang diamati. Studi asosiasi antara variasi struktural dengan fenotipe aksesori liar akan dilakukan menggunakan pendekatan Pan-GWAS. Komparasi genomik antara *E. guineensis* dan *E. oleifera* dilakukan untuk mendapatkan variasi struktural terkait karakter kualitas minyak. Selain berguna sebagai marka genetik, variasi struktural juga dapat digunakan sebagai target untuk rekayasa genetik, baik menggunakan pendekatan transgenik maupun teknologi terbaru CRISPR/Cas9.



### Pengembangan Referensi Pan-Genom dan Penerapan Association Studies pada Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai Percepatan Riset Bioteknologi dan Pemuliaan Kelapa Sawit di Indonesia

**SUDARSONO\*, DINY DINARTI, HERY ADRIWAN SIREGAR, REDY ADITAMA**  
 \*IPB University  
 e-mail: sudarsono.ogh@iipps.ipb.ac.id

**KOLABORASI**

**PENDAHULUAN**  
 Kemajuan bioteknologi maju dan penerapan teknik molekuler pada pemuliaan sawit memungkinkan percepatan siklus pemuliaan, meningkatkan presisi, dan meningkatkan keragaman genetik. Di sisi lain, penerapan teknik molekuler memerlukan peta genom yang akurat sebagai referensi untuk mengidentifikasi gen beserta variasi genomik yang dapat digunakan sebagai marka maupun target rekayasa genetik.

Genom dari 32 aksesori tanaman sawit yang mewakili berbagai populasi penting di Indonesia seperti Deli, Lame, Yangambi, dan AVROS akan diurutkan menggunakan teknologi sequencing generasi kedua dan ketiga. Kombinasi antara long- dan short-reads digunakan untuk mendapatkan draft genom berkualitas tinggi dengan total coverage sekitar 60x. Kumpulan draft genom telah berhasil disusun dengan panjang genom bervariasi antara 904 hingga 1.578 Mb. Kumpulan draft genom akan digunakan untuk menyusun referensi pan-genom melalui pendekatan map-to-pan. Variasi struktural berupa presence-absence variation (PAV), copy number variation (CNV), serta inversi akan diidentifikasi dari referensi pan-genom. Deteksi variasi struktural akan dilakukan menggunakan pendekatan genotyping-by-sequencing terhadap 350 aksesori liar yang berasal dari Kamerun dan Angola dan divalidasi terhadap 50 aksesori varietas PPKS540. Sebanyak 35 fenotipe terkait kualitas dan kuantitas minyak serta vegetatif sawit sedang diamati. Studi asosiasi antara variasi struktural dengan fenotipe aksesori liar akan dilakukan menggunakan pendekatan Pan-GWAS. Komparasi genomik antara *E. guineensis* dan *E. oleifera* dilakukan untuk mendapatkan variasi struktural terkait karakter kualitas minyak. Selain berguna sebagai marka genetik, variasi struktural juga dapat digunakan sebagai target untuk rekayasa genetik, baik menggunakan pendekatan transgenik maupun teknologi terbaru CRISPR/Cas9.

**METODE PENELITIAN**  
 Pengembangan Pan-Genom

**ANALISIS PAN-GWAS**

**HASIL DISEMINER**  
 Komparasi genomik E. guineensis dan E. oleifera

**REKOMENDASI**

Proses pengendalian sumber DNA pada tanaman sawit pertama di Kebun Raya Bogor dengan DNA-Seq

**REKOMENDASI**

Referensi pan-genom sawit akan menjadi acuan untuk mempercepat siklus pemuliaan sawit dengan menggunakan pendekatan Pan-GWAS. Selain itu, referensi pan-genom sawit juga akan menjadi acuan untuk mengidentifikasi marka fungsional yang dapat digunakan sebagai target untuk rekayasa genetik, baik menggunakan pendekatan transgenik maupun teknologi terbaru CRISPR/Cas9.

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

Galuh W. Permatasari dan Tim Peneliti.

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. Metode yang dilakukan meliputi pemilihan gen target, validasi gen target, pemilihan bahan tanam yang akan diedit, serta optimasi teknik agroinfiltrasi pada planlet sawit.

Hasil yang telah didapatkan pada tahun pertama adalah: 1) pemilihan bahan tanam. Kelapa sawit kelompok Yangambi telah dipilih untuk menjadi bahan tanam yang akan diedit berdasarkan level ekspresi gen P5CS yang lebih rendah 100 kali daripada tanaman kelapa sawit transgenik toleran kekeringan; 2) pemilihan gen target. Dilakukan studi literatur, analisis gene networking dan alignment secara global menggunakan BlastP. Terdapat dua gen terpilih yakni OST2 dan BRL3 yang menjadi target penyuntingan. Saat ini, plasmid CRISPR/Cas9 OST2 telah terinsersi dalam agrobacterium, sedangkan plasmid CRISPR/dCas9 BRL3 dalam proses perakitan; 3) optimasi metode Agroinfiltrasi. Optimasi metode Agroinfiltrasi yang telah dilakukan pada planlet (usia 5 tahun) dan kecambah sawit (usia 1-2 bulan) yakni: 1. teknik injeksi atau syringe-based pada bagian tulang daun dan pangkal batang, dan 2. vacuum infiltration-based. Selanjutnya dilakukan validasi secara berkala pada hari ke 1, 7 dan 28 pasca Agroinfiltrasi dengan primer seleksi NPTII. Hasil menunjukkan primer seleksi NPTII masih terdeteksi pada semua perlakuan di planlet maupun kecambah dengan persentase Agroinfiltrasi yang bervariasi. Syringe-based pada planlet sawit menunjukkan efisiensi transformasi yang bervariasi, dari 83% sampai 94%. Sedangkan syringe-based pada kecambah menunjukkan efisiensi transformasi 100% pada hari ke-1, namun menurun pada hari ke-7 dan ke-28 setelah Agroinfiltrasi. Perlakuan vacuum-based menunjukkan efisiensi 100% pada planlet dan kecambah sawit dengan waktu vakum 1, 5, dan 10 menit dan tekanan 200 mbar. Hal ini menunjukkan bahwa teknik vacuum-based memiliki efisiensi transformasi yang stabil hingga hari ke-28 pasca Agroinfiltrasi.

Permasalahan yang terjadi selama riset adalah adanya kontaminasi jamur maupun bakteri pada planlet yang disisipkan konstruk CRISPR sehingga tidak dapat dilakukan observasi dalam jangka waktu lama dan keterbatasan jumlah planlet. Langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah validasi kestabilan insersi NPTII pada planlet secara berkala setiap bulan hingga tahap pre-nursery, induksi kalus dari planlet terinsersi konstruk CRISPR/Cas9 dan melakukan optimasi penggunaan silika pada media tanam induksi kalus.

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

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

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (IOPRI)

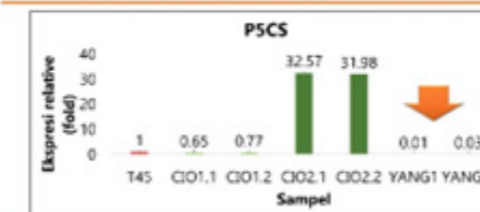


### Tujuan Penelitian

Melakukan perakitan bibit kelapa sawit unggul toleran kekeringan dengan pendekatan CRISPR/Cas9 melalui metode Agroinfiltrasi

### Capaian Riset

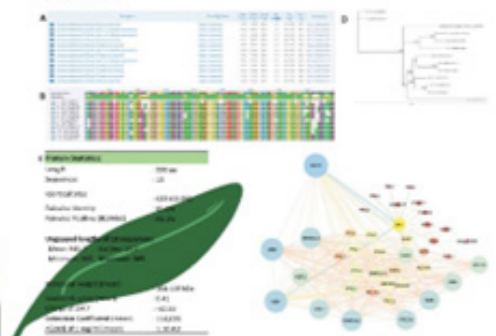
#### 1. Pemilihan bahan tanam



Ekspresi gen **P5CS** pada Yangambi 1 dan 2 lebih rendah 100x lipat daripada tanaman transgenik kekeringan (T45). Sawit kelompok Yangambi dapat digunakan sebagai bahan tanam yang akan diedit

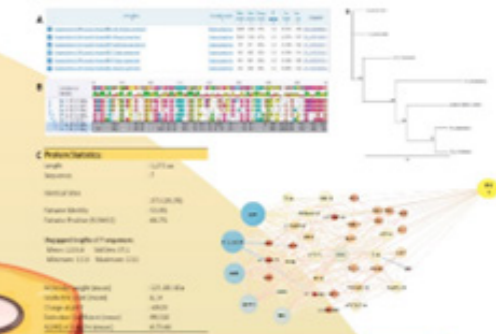
#### 2. Pemilihan gen target

##### A. OST2



persentase kemiripan AtOST2 dengan EgHA1 mencapai **87.46%** dengan query cover 100%

##### B. BRL3



persentase kemiripan AtBRL3 dengan EgBRL1 mencapai **65.43%** dengan query cover 87%

#### 3. Desain sgRNA konstruk CRISPR/Cas9

##### A. OST2

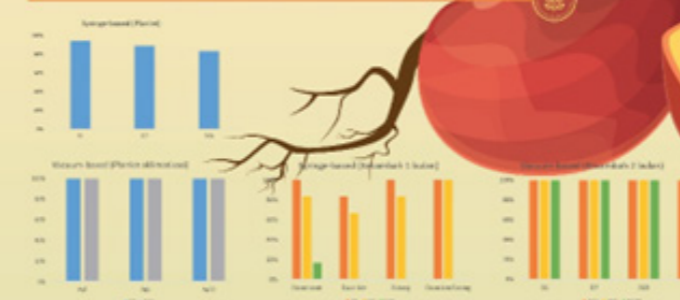


##### B. BRL3



Desain sgRNA OST2 untuk CRISPR/Cas9 sebagai *knockout gene*, sedangkan BRL3 untuk konstruk CRISPR/Cas9 sebagai *activator/inducer gen*

#### 4. Optimasi Teknik Agroinfiltrasi



Agroinfiltrasi dilakukan dengan dua pendekatan, yakni *syringe-based* dan *vacuum-based*. Kestabilan efisiensi transformasi ditunjukkan pada metode *vacuum-based*, baik planlet maupun kecambah, hingga 100% pada hari ke 28 pasca Agroinfiltrasi. *Vacuum-based* yang dilakukan bervariasi selama 1 menit, 5 menit dan 10 menit dengan tekanan 200mbar menunjukkan hasil efisiensi transformasi yang sama.



### Langkah Selanjutnya

- Validasi kestabilan sisipan setiap bulan hingga tahap pre-nursery
- Induksi kalus dari planlet tertransformasi konstruk CRISPR
- Modifikasi media induksi kalus dengan penambahan silika

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

Djoko Santoso dan Tim Peneliti.

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  $\alpha$ -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, meng-indikasikan bahwa OPLE pada 166,5 mg liter<sup>-1</sup> 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 ini vitro.

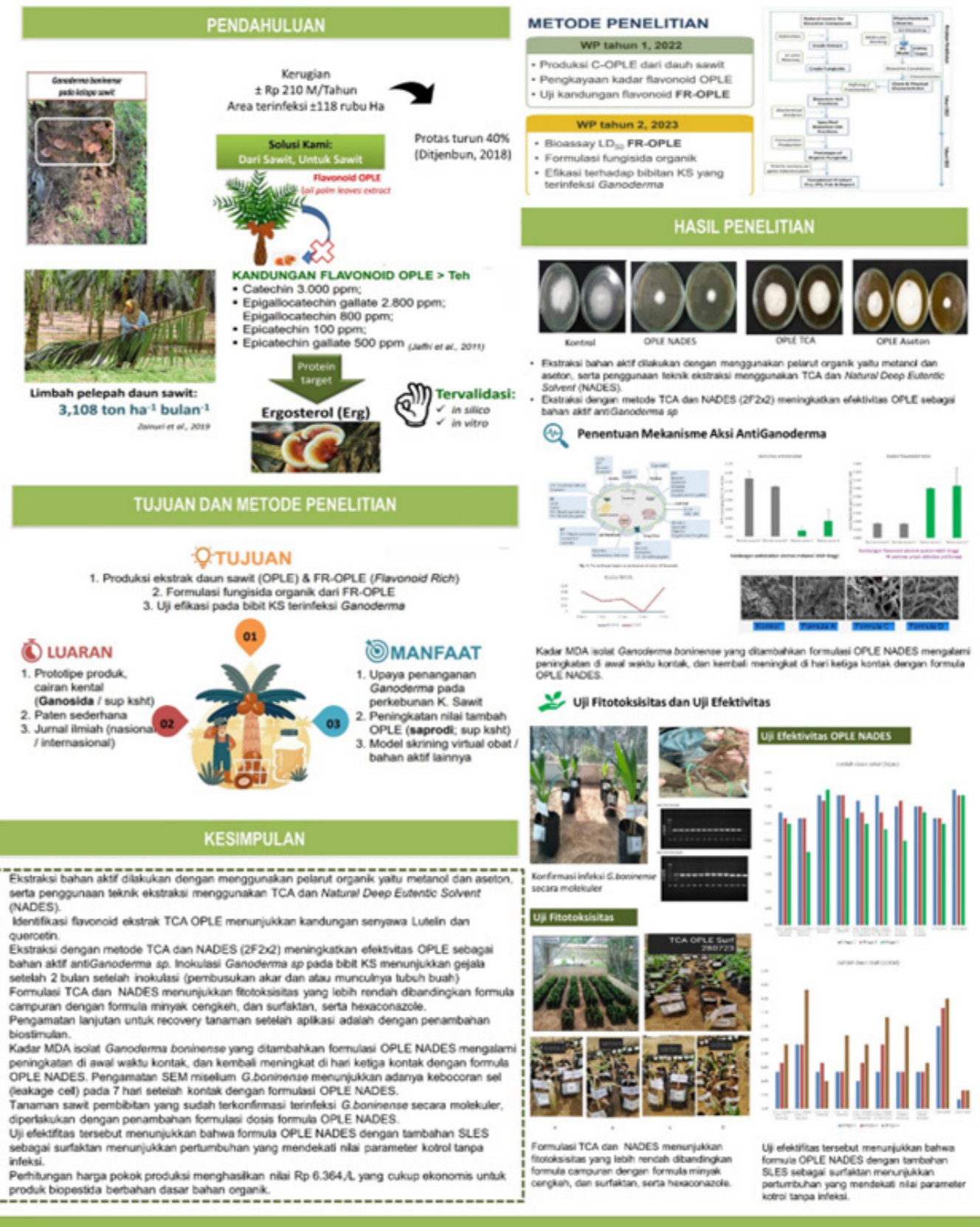
Prototipe produk FFO terbaik akan divalidasi efikasinya terhadap bibit kelapa sawit yang terinfeksi *Ganoderma sp*. Ekstraksi bahan aktif dilakukan dengan menggunakan pelarut organik yaitu metanol dan aseton, serta penggunaan teknik ekstraksi menggunakan TCA dan Natural Deep Eutentic Solvent (NADES). Identifikasi flavonoid ekstrak TCA OPLE menunjukkan kandungan senyawa Lutelin dan quercetin. Ekstraksi dengan metode TCA dan NADES (2F2x2) 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) Formula TCA dan NADES menunjukkan fitotoksisitas yang lebih rendah dibandingkan formula campuran dengan formula minyak cengkeh, dan surfaktan, serta hexaconazole. Pengamatan lanjutan untuk recovery tanaman setelah aplikasi adalah dengan penambahan biostimulan. Penentuan mekanisme aksi dilakukan dengan pengukuran nilai malondialdehid yang menunjukkan aktivitas reactive oxygen species (ROS), pengamatan SEM dan pengujian ekspresi gen penyandi sintesis ergosterol CYP51.

Kadar MDA isolat *Ganoderma boninense* yang ditambahkan formulasi OPLE NADES mengalami peningkatan di awal waktu kontak, dan kembali meningkat di hari ketiga kontak dengan formula OPLE NADES. Pengamatan SEM miselium *G.boninense* menunjukkan adanya kebocoran sel (leakage cell) pada 7 hari setelah kontak dengan formulasi OPLE NADES. Tanaman sawit pembibitan yang sudah terkonfirmasi terinfeksi *G.boninense* secara molekuler, diperlakukan dengan penambahan formulasi dosis formula OPLE NADES. Uji efektifitas tersebut menunjukkan bahwa formula OPLE NADES dengan tambahan SLES sebagai surfaktan menunjukkan pertumbuhan yang mendekati nilai parameter kontrol tanpa infeksi. Sementara itu perhitungan harga pokok produksi menghasilkan nilai Rp 6.364/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*



Dr. Djoko Santoso, MSc; Dr. Hanny Wicakanti, MSc; Dr. Irma Kresnawati, MSc; Sahih Wasing Permatasari, M.Eng; g. Anissa A. Asa, M.Eng; G. Deden Dewantara, Eng, MSc





# PENGAYAAN BAHAN AKTIF FUNGISIDA ORGANIK GANOR UNTUK MENINGKATKAN EFIKASINYA TERHADAP GANODERMA

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. Pengendalian penyakit BPB harus dilakukan secara menyeluruh dan terpadu, oleh sebab itu diperlukan tindakan pengendalian secara kuratif yang ramah lingkungan untuk melengkapi tindakan pengendalian secara preventif yang sudah diimplementasikan selama ini. Salah satu tindakan kuratif yang ramah lingkungan adalah dengan aplikasi fungisida organik yang memiliki efek destruktif terhadap *G. boninense*.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) sebelumnya telah mengembangkan fungisida organik berbahan aktif alisin yang diberi nama Ganor dan ditujukan untuk mengendalikan *G. boninense*. Fungisida organik ini masih harus dikembangkan, terutama dalam hal efikasinya di lapangan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efikasi fungisida organik (FO) Ganor dalam mengendalikan *G. boninense* secara kuratif dengan memperkaya kandungan bahan aktifnya. Bahan aktif yang digunakan untuk meningkatkan efikasi FO Ganor adalah hesperidin, rutin dan polifenol.

Hasil uji kompatibilitas menunjukkan bahwa hubungan interaksi yang terjadi antara FO Ganor dengan ketiga bahan aktif bersifat aditif. Kombinasi terbaik FO Ganor dengan ketiga bahan aktif pengaya kemudian diuji in vitro untuk menentukan dosis rekomendasi. Dosis rekomendasi yang diperoleh untuk ketiga kombinasi adalah 1,6%. Pengujian dilanjutkan dengan Bavendamm test untuk perlakuan dengan tingkat penghambatan 100% dengan hasil seluruhnya dapat mematikan isolat *G. boninense*. Masing-masing kombinasi dengan dosis 1,6% diuji kontak terhadap koloni *G. boninense*. Pengujian lethal concentrate 50 (LC50) juga dilakukan pada ketiga kombinasi, konsentrasi LC50 untuk Ganor+Hesperidin adalah 0,389%, untuk Ganor+Rutin 0,343%, dan untuk Ganor+Polifenol 0,239%.

Hasil pengujian kontak menunjukkan bahwa kombinasi FO Ganor+Polifenol dapat merusak dan meluruhkan jaringan miselium *G. boninense* bahkan kurang dari 24 jam setelah aplikasi, sedangkan dua perlakuan lainnya belum mampu merusak dan meluruhkan jaringan miselium *G. boninense* bahkan 72 jam setelah aplikasi. Kerusakan jaringan miselium tersebut kemudian dikarakterisasi menggunakan scanning electron microscope (SEM) dan terlihat kerusakan yang disebabkan FO Ganor+ terhadap jaringan miselium *G. boninense*. Pengujian selanjutnya adalah uji fitotoksik pada daun bibit kelapa sawit, hasil yang diperoleh adalah tidak adanya gejala kerusakan pada jaringan daun pada konsentrasi tertinggi. Berdasarkan serangkaian pengujian yang sudah dilakukan, maka kami mengambil kesimpulan bahwa kombinasi FO Ganor+Polifenol adalah yang paling efektif dalam merusak jaringan miselium *G. boninense*.

Kombinasi FO Ganor+Polifenol kemudian ditambahkan texapon dengan dosis 5% agar formulasi stabil. Formulasi ini kemudian kami uji efektivitasnya secara in vitro terhadap koloni *G. boninense* selama 6 bulan. Hasil yang diperoleh adalah tingkat penghambatan koloni *G. boninense* tetap 100%, hal ini mengindikasikan bahwa formulasi yang sudah didapatkan stabil. Pengujian in vivo pada bibit kelapa sawit yang diinokulasikan *G. boninense* secara sengaja sudah dilakukan dengan interval aplikasi 14 hari. Dosis yang diujikan adalah 0,5 kali hingga 2 kali dosis rekomendasi yakni 1,6%. Hasil pengujian sementara menunjukkan tren yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol tanpa perlakuan. Namun, pengamatan perlu dilanjutkan hingga minimal 6 bulan setelah aplikasi pertama agar pengaruh aplikasi FO Ganor+ dapat lebih terlihat.

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

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

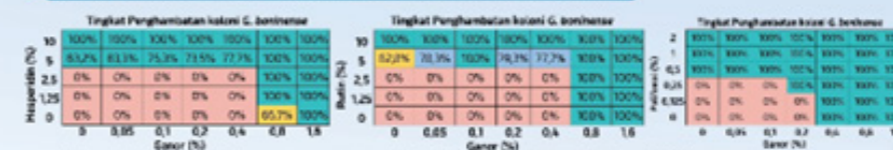


## TUJUAN PENELITIAN

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

## CAPAIAN HASIL

### 1 Uji Kompatibilitas Fungisida Organik Ganor dengan Bahan Aktif Pengaya

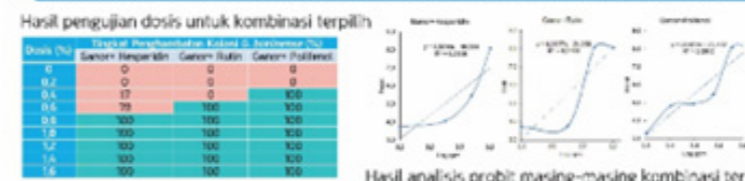


- Kombinasi fungisida organik Ganor dengan hesperidin, rutin dan polifenol yang mampu menghambat 100% koloni *G. boninense* memiliki interaksi aditif.
- Konsentrasi penghambatan minimum (MIC) Ganor adalah 1,6% dan menjadi konsentrasi dasar untuk dikombinasikan dengan bahan aktif pengaya baru.



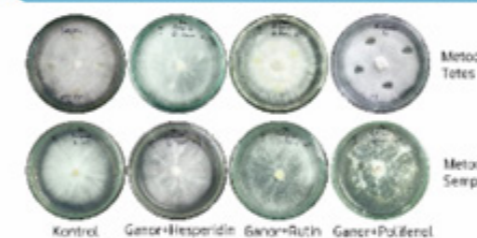
Hasil Bavendamm Test untuk masing-masing kombinasi terpilih menunjukkan setelah 30 hari tidak adanya pertumbuhan miselium *G. boninense* maupun terbentuknya zona merah sebagai tanda aktivitas enzim lignolitik.

### 2 Bioassay In Vitro dan Lethal Concentrate 50 (LC50) Kombinasi Fungisida Organik Ganor+

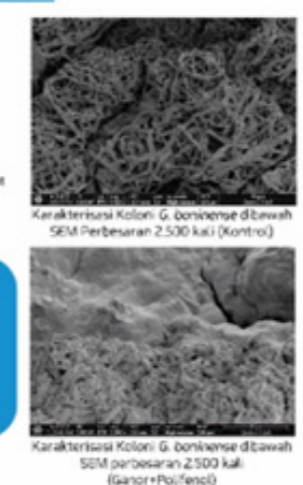


Nilai LC50 untuk kombinasi Ganor+Hesperidin = 0,389%; Ganor+Rutin = 0,343%; Ganor+Polifenol = 0,239%. Semakin kecil nilai LC50 mengindikasikan aktivitas antifungal yang lebih tinggi.

### 3 Evaluasi Pengaruh Aplikasi Kombinasi Fungisida Organik Ganor+



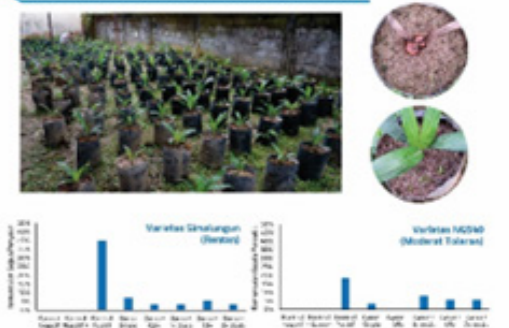
- Kombinasi Ganor+Polifenol mengakibatkan kerusakan pada jaringan miselium *G. boninense* paling parah, sehingga kombinasi ini yang digunakan untuk pengujian in vivo pada bibit kelapa sawit.
- Kerusakan yang dihasilkan kemudian diamati dibawah SEM dan terlihat bahwa aplikasi Ganor+Polifenol meluruhkan jaringan miselium *G. boninense*.



### 4 Formulasi dan Uji Daya Simpan

- Kombinasi Ganor+Polifenol dicampurkan dengan texapon 5% agar menjadi homogen dan stabil.
- Pengujian daya simpan menunjukkan hingga 5 bulan masa simpan tidak memengaruhi efektivitasnya terhadap koloni *G. boninense*.

### 5 Bioassay In Vivo pada Bibitan Kelapa Sawit



Hingga 4 bulan setelah aplikasi, aplikasi Ganor+ mampu menekan kemunculan gejala penyakit dibandingkan dengan kontrol positif. Namun, pengamatan masih akan dilakukan hingga 5 bulan setelah aplikasi.


## SAFIRA : SAWIT EFISIEN HARA

Sri Wening dan Tim Peneliti.

Manajemen budi daya yang baik merupakan syarat agar produktivitas perkebunan kelapa sawit tercapai sesuai target. Pemupukan merupakan salah satu komponen biaya budi daya yang cukup besar, namun apabila diabaikan dapat mempengaruhi produksi tanaman secara signifikan. Di lain pihak, tidak semua pupuk yang diberikan akan diserap oleh tanaman, karena sebagian besar akan hilang akibat tercuci, runoff, dan menguap. Selain itu, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dapat memberikan dampak buruk terhadap kelestarian lingkungan. Bahan tanaman kelapa sawit yang mampu memanfaatkan hara secara efisien, selain akan memberikan keuntungan bagi pekebun melalui penghematan biaya pemupukan, juga akan menjaga 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 dan/atau kalium, menggunakan teknik identifikasi yang efektif dan efisien.

Pengamatan vegetatif pada bibit pada saat sebelum diberikan perlakuan dosis pupuk maupun setelah perlakuan dosis pupuk menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antar populasi, dimana populasi 1 memiliki tinggi tanaman yang secara signifikan lebih rendah daripada populasi lain. Setelah dilakukan perlakuan dosis pupuk, populasi 2 dan 6 memiliki karakter vegetatif tertinggi dalam hal jumlah daun, tinggi tanaman dan diameter batang. Setelah diberi perlakuan pemupukan, analisis serapan hara pada akar menunjukkan bahwa interaksi jenis pupuk, dosis pupuk, dan populasi memberikan pengaruh perbedaan yang nyata terhadap masing-masing rerata serapan hara N dan K. Kombinasi pemupukan dengan dosis kalium 75% yang dilakukan pada populasi 6 selalu menunjukkan serapan hara tertinggi untuk hara N dan K, pada akar. Analisis serapan hara pada tajuk menunjukkan bahwa interaksi jenis pupuk, dosis pupuk dan populasi juga memberikan pengaruh perbedaan yang nyata terhadap serapan hara. Pemupukan dengan dosis kalium 75% yang dilakukan pada populasi 6 selalu menunjukkan serapan N, K, Ca dan Mg tertinggi pada tajuk.






Optimasi analisis metabolomik dilakukan menggunakan sampel jaringan yang dikeringkan dengan oven pada suhu 40°C selama 14 hari, dengan pelarut ekstraksi 80% methanol. Optimasi yang dilakukan telah menghasilkan chromatogram yang baik. Identifikasi terhadap kandungan senyawa metabolisme daun dan akar menunjukkan perbedaan kandungan senyawa pada tajuk dan akar dimana terdapat 34 senyawa metabolit yang terekspresi di akar, dan 24 senyawa metabolit pada daun. Validasi senyawa yang telah teridentifikasi terus dilakukan untuk menekan potensi kesalahan identifikasi pada saat analisis yang sebenarnya. Pada analisis yang sebenarnya, digunakan sampel dengan jumlah dan ulangan yang memenuhi kaidah statistik. Optimasi protokol RT-qPCR menunjukkan bahwa ekstraksi RNA pada sampel bibit menghasilkan RNA yang memiliki kuantitas dan kualitas yang cukup untuk sintesis cDNA dan analisis qPCR. Pada analisis transkriptomik, telah dilakukan desain primer EgActin yang digunakan sebagai gen referensi serta primer-primer yang mengamplifikasi gen-gen terkait toleransi terhadap cekaman hara. Primer-primer tersebut telah dapat digunakan untuk analisis qPCR.



# SAFIRA: Sawit Efisien Hara

## Nomor Kontrak: PRJ-362/DPKS/2022

Sri Wening<sup>1\*</sup>, Retno Diah Setiowati<sup>1</sup>, Ikhwan Fadli Pangaribuan<sup>1</sup>, Dian Rahma Pratiwi<sup>1</sup>,  
Eko Noviandi Ginting<sup>1</sup>, Tri Rini Nuringtyas<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Pusat Penelitian Kelapa Sawit, PT Riset Perkebunan Nusantara  
<sup>2</sup>Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada  
<sup>\*</sup>Ketua Tim Peneliti; email: [sriwening.sw@gmail.com](mailto:sriwening.sw@gmail.com)

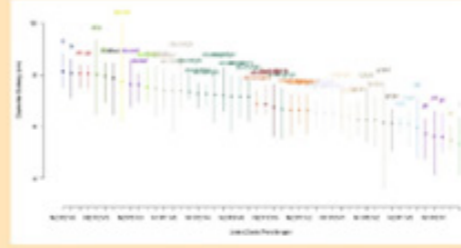
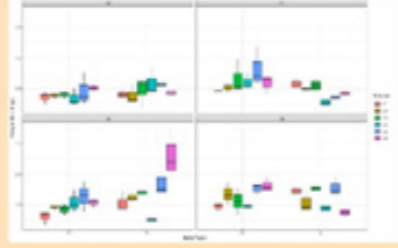

### TUJUAN:

1. Mengembangkan bahan tanaman yang efisien nitrogen dan/kalium
2. Mempelajari metabolisme kelapa sawit dalam penggunaan hara
3. Memperoleh metode yang efektif dalam identifikasi tanaman kelapa sawit yang efisien nitrogen dan/kalium

### CAPAIAN HASIL:

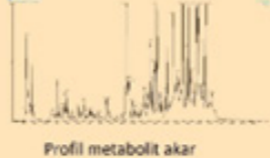
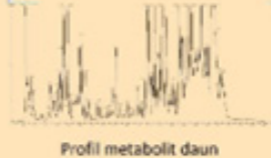
#### 1. Profil data morfologi dan fisiologi bahan tanaman saat tercekam dan tidak tercekam N atau K, di pembibitan

- Pengamatan vegetatif pada bibit pada saat sebelum diberikan perlakuan dosis pupuk maupun setelah perlakuan dosis pupuk menunjukkan perbedaan yang nyata antar populasi, dimana populasi 1 memiliki tinggi tanaman yang secara signifikan lebih rendah daripada populasi lain. Setelah dilakukan perlakuan dosis pupuk, populasi 2 dan 6 memiliki karakter vegetatif tertinggi dalam hal jumlah daun, tinggi tanaman dan diameter batang.
- Setelah diberi perlakuan pemupukan, analisis serapan hara pada akar menunjukkan bahwa interaksi jenis pupuk, dosis pupuk, dan populasi memberikan pengaruh perbedaan yang nyata terhadap masing-masing rerata serapan hara N dan K. Kombinasi pemupukan dengan dosis kalium 75% yang dilakukan pada populasi 6 selalu menunjukkan serapan hara tertinggi untuk hara N dan K.
- Analisis serapan hara pada tajuk menunjukkan bahwa interaksi jenis pupuk, dosis pupuk dan populasi juga memberikan pengaruh perbedaan yang nyata terhadap serapan hara. Pemupukan dengan dosis kalium 75% yang dilakukan pada populasi 6 selalu menunjukkan serapan N, K, Ca, dan Mg tertinggi.

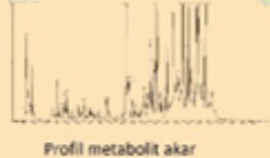
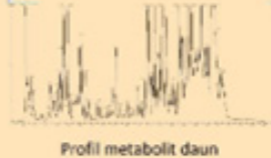
#### 2. Analisis transkriptomik terhadap gen terkait toleransi terhadap cekaman hara

Optimasi analisis metabolomik dilakukan menggunakan sampel jaringan yang dikeringkan dengan oven pada suhu 40°C selama 14 hari, dengan pelarut ekstraksi 80% methanol. Optimasi yang dilakukan telah menghasilkan chromatogram yang baik. Identifikasi terhadap kandungan senyawa metabolisme daun dan akar menunjukkan perbedaan kandungan senyawa pada tajuk dan akar dimana terdapat 34 senyawa metabolit yang terekspresi di akar, dan 24 senyawa metabolit pada daun.

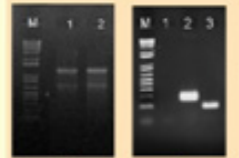
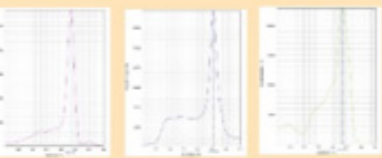



#### 2. Optimasi analisis metabolomik

Optimasi analisis metabolomik dilakukan menggunakan sampel jaringan yang dikeringkan dengan oven pada suhu 40°C selama 14 hari, dengan pelarut ekstraksi 80% methanol. Optimasi yang dilakukan telah menghasilkan chromatogram yang baik. Identifikasi terhadap kandungan senyawa metabolisme daun dan akar menunjukkan perbedaan kandungan senyawa pada tajuk dan akar dimana terdapat 34 senyawa metabolit yang terekspresi di akar, dan 24 senyawa metabolit pada daun.

#### 2. Analisis transkriptomik terhadap gen terkait toleransi terhadap cekaman hara

- Ekstraksi RNA pada sampel bibit menghasilkan RNA yang memiliki kuantitas dan kualitas (Gambar A, sumur 1 dan 2) yang cukup untuk sintesis cDNA dan analisis qPCR.
- Primer EgActin yang didesain telah berhasil mengamplifikasi DNA dan cDNA (Gambar B, sumur 2 dan 3), dan telah dapat digunakan untuk analisis RT-qPCR seperti ditunjukkan pada contoh gambar melting curve amplifikasi EgActin yang digunakan sebagai gen referensi (C) serta amplifikasi beberapa gen terkait toleransi terhadap cekaman hara (D dan E) pada sampel cDNA.

# PENGEMBANGAN BIOFUNGSIDA BERBASIS RNA INTERFERENCE (RNAi) SEBAGAI UPAYA KURATIF MENGATASI PENYEBAB BUSUK PANGKAL BATANG KELAPA SAWIT

Siti Subandiyah dan Tim Peneliti.

Basal Stem Rot (BSR) kelapa sawit disebabkan oleh *Ganoderma boninense* merupakan penyakit penting yang sangat merugikan, bersifat soilborne dan selain sebagai patogen juga sebagai jamur saprofit. Pada penelitian ini ditemukan juga infeksi *G. boninense* yang berawal dari pucuk pohon (USR). Sejauh ini belum tersedia teknik pengendalian yang tepat terhadap BSR.

Penelitian biofungisida berbasis RNA interference (RNAi) menggunakan molekul-molekul RNA kecil yaitu siRNA atau miRNA yang berfungsi untuk membungkam ekspresi gen-gen target sehingga *G. boninense* mengalami penghambatan pertumbuhan/perkembangan dan kemampuan patogenitasnya. Sejumlah 7 sekuens RNAi terbukti mampu menarget gen-gen terkait pada gDNA maupun cDNA koleksi isolat *G. boninense*, yaitu miR5653 dan miR-4968-3p (Othman et al., 2022) yang menarget gen untuk berbagai protein dan gen dengan fungsi terkait caspase/metacaspase (apoptosis sel) dan selebihnya adalah kandidat siRNA, yang didesain menggunakan web tool siDirect versi 2.0 dengan memasukkan sekuens gen-gen target esensial bagi *G. boninense*. Dua gen esensial terkonfirmasi tertarget oleh miRNA siR-LSRP-1 dan siR-SSRP-3 yang didesain, yaitu gen large subunit ribosomal protein (LSRP) dan small subunit ribosomal protein (SSRP) yang memiliki fungsi dalam katalisis pembentukan ikatan peptida dan dalam inisiasi pembentukan mRNA menerjemahkan kode, dll., sehingga berfungsi krusial dalam sintesis protein fungsional.

Aplikasi miR5653 konsentrasi 20 ng/μl pada koloni *G. boninense* dan konsorsium miR5653+miR-4968-3p memberikan efek penghambatan pertumbuhan dan level ekspresi gen A target hingga 40%, sedangkan pada gen B hingga 80% dan 90% berturut-turut untuk sampel yang mendapat perlakuan miR5653 saja dan miRNA konsorsium. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa silencing salah satu gen turut memengaruhi ekspresi gen lainnya. Koloni *G. boninense* yang mendapat perlakuan miRNA juga menunjukkan penurunan kemampuannya dalam menyebabkan keparahan penyakit pada plantlet sawit, yaitu sebesar 75% untuk koloni kontrol tanpa RNAi, sedangkan keparahan penyakit hanya 12,5% pada perlakuan miR5653 dan 25% perlakuan miRNA konsorsium. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua RNAi tersebut mampu menekan infeksi *G. boninense* sebesar 50-60%.

Pada penelitian tahun pertama ini telah dianalisis, dikonfirmasi dan divalidasi sejumlah 7 sRNA yaitu miR-4968-3p dan miR5653; siR-LSRP-1 dan siR-SSRP-3, siR-CHS-1 dan siR-CHS2 serta siR-MnP-1 mampu menekan pertumbuhan/perkembangan in vitro koloni dan menekan perkembangan infeksi *G. boninense* secara in vivo pada plantlets kelapa sawit sebesar 50-60%.

Penelitian selanjutnya adalah melakukan uji-uji in vivo inokulasi plantlet kelapa sawit dengan isolat *G. boninense* yang sudah diperlakukan dengan molekul-molekul RNAi yang tervalidasi dan analisis transkriptomik terhadap interaksinya.

# Pengembangan Biofungisida Berbasis RNA interference (RNAi) Sebagai Upaya Kuratif Mengatasi Penyebab BPB Kelapa Sawit



Prof. Ir. Siti Subandiyah, MAgSc., PhD.<sup>1</sup> | Dr. Ir. Arif Wibowo, MAgSc.<sup>1</sup> | Widhi D. Sawitri, SP, MAg., PhD.<sup>2</sup> | Imam B. Nugroho, SSi., MSc.<sup>3,4</sup> | Alan Soffan, SP, MSc., PhD.<sup>1</sup> | G. Baskara Aji Nugraha, SP, MSi.<sup>5</sup>

## PENDAHULUAN

Basal Stem Rot (BSR) kelapa sawit karena *Ganoderma boninense* merupakan penyakit penting yang sangat merugikan karena mematikan tanaman dan menyebar dari lahan ke lahan lainnya. Pada penelitian ini juga ditemukan Upper Stem Rot (USR). *G. boninense* bersifat soilborne dan siklus hidupnya selain sebagai patogen juga sebagai saprofit yang membusukkan sisa-sisa tanaman, menyebar dengan badan buah/spora/miselia melalui tanah, air permukaan, alat pertanian, serangga dan hewan, serta lebat udara.

di lingkungan yang berbeda.

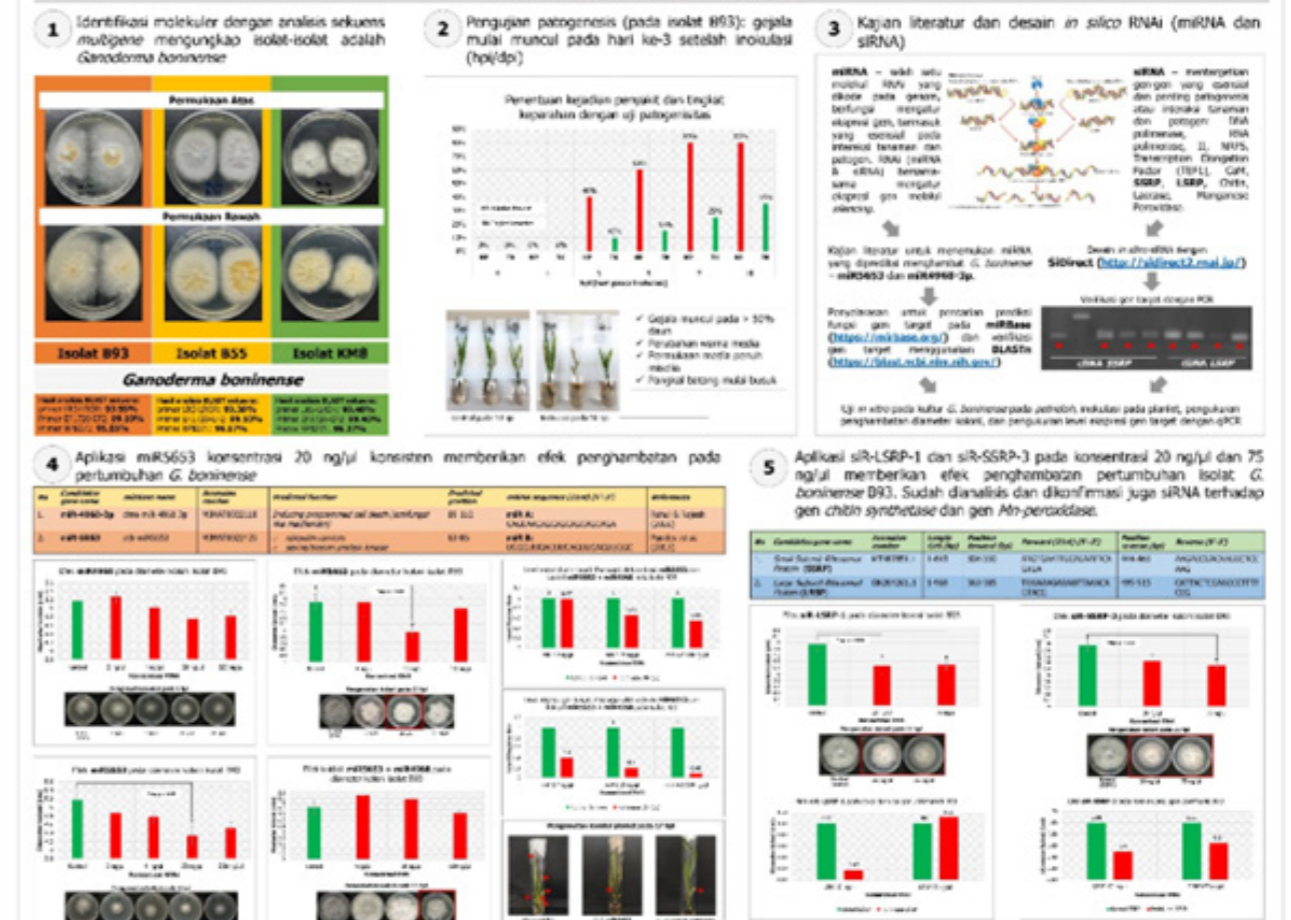
## TUJUAN PENELITIAN

- Mensintesis RNAi untuk menargetkan gen-gen esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan *G. boninense*
- Mensintesis RNAi untuk menargetkan gen-gen esensial bagi patogenitas *G. boninense*
- Menguji efikasi molekul RNAi dalam mengontrol pertumbuhan koloni dan perkembangan infeksi *G. boninense* pada kondisi in vitro maupun in vivo serta pada skala greenhouse maupun lapangan
- Melakukan formulasi dan mengetahui cara yang tepat dalam pengaplikasian biofungisida berbasis RNAi

## METODE PENELITIAN

- | Tahap I   | Tahap II   | Tahap III   | Tahap IV   |
|---|--|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Pemurnian dan peremajaan koleksi <i>G. boninense</i></li> <li>Penetapan identitas melalui studi molekuler</li> <li>Penentuan titik kritis patogenesis</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Kajian literatur untuk mendapatkan kandidat target</li> <li>Desain RNAi in silico</li> <li>Sintesis RNAi</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Verifikasi gen target dengan PCR</li> <li>Uji aplikasi RNAi secara in vitro pada kultur Gb yang ditumbuhkan di petri dish</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Verifikasi aplikasi dengan qPCR</li> <li>Uji aplikasi RNAi secara in vivo pada plantlet</li> <li>Rekapitulasi data dan uji statistik</li> </ol> |

## HASIL PENELITIAN



## KESIMPULAN

Pada penelitian tahun pertama ini telah diperoleh sejumlah 7 miRNA yaitu miR-4968-3p, miR5653; siR-LSRP-1, siR-SSRP-3, siR-CHS-1, siR-CHS2 serta siR-MnP-1 yang sudah dikonfirmasi dan divalidasi mampu menekan pertumbuhan/perkembangan secara in vitro pada koloni dan menekan perkembangan infeksi *G. boninense* secara in vivo pada plantlet sebesar 50-60%.

<sup>1</sup>Departemen Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada | <sup>2</sup>Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada | <sup>3</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada | <sup>4</sup>Plant Stud Bioteknologi, Universitas Gadjah Mada | <sup>5</sup>PT Biosavit Nusantara, Sampoenia Agro Tbk., Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia | Korespondensi - Email: [siti@subandiyah@ugm.ac.id](mailto:siti@subandiyah@ugm.ac.id)

## PENGAYAAN PEMANFAATAN IRADIASI ENERGI PHOTON UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BERCAK DAUN DAN PEMACU PERTUMBUHAN

Dr. Bambang Widiyatmoko, M.Eng dan TIM

Perkembangan tanaman sawit saat pembibitan merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan budidaya kelapa sawit secara umum. Tanaman dalam tahap pembibitan sangat rentan terhadap beberapa penyakit yang berpotensi menyebabkan kerusakan berat yang menyebabkan kerusakan sampai 20%, diantaranya penyakit bercak daun dan antraknosa yang disebabkan oleh infeksi jamur patogenik. Hingga saat ini, pengendalian penyakit bercak daun atau antraknosa lebih banyak dilakukan dengan menggunakan fungisida sintetik.

Disisi lain, energi photon atau yang sering mudah dipahami berupa energi dari cahaya (Laser/ LED) telah diketahui banyak digunakan dan mampu membunuh jamur atau bakteri. Hal ini disebabkan karena energinya mampu diserap maksimal oleh sel jamur atau bakteri dan menyebabkan panas pada sel tersebut.


Sebagai upaya untuk mencari terobosan baru pengendalian penyakit non-kimiawi, pada kegiatan ini dilakukan penelitian dan pengembangan untuk mencari kemungkinan menggunakan energi photon (cahaya) sebagai pengendali atau pembunuh jamur dan bakteri yang muncul pada tahap pembibitan kelapa sawit dan kemungkinan sebagai pendorong pertumbuhan dan menguatkan daya tahan terhadap penyakit.

Untuk keperluan ini, telah dilakukan pembuatan sumber energi photon untuk skala laboratorium dan ujicoba dalam sample terbatas dengan 4 variasi panjang gelombang yaitu infra merah ( $\lambda = 808$  nm), warna merah ( $\lambda = 638$  nm), warna hijau ( $\lambda = 530$  nm) dan warna biru ( $\lambda = 405$  nm sd  $\lambda = 450$  nm). Sumber photon ini selanjutnya digunakan untuk meneliti efek penyinaran terhadap perkembangan jamur dan untuk mengetahui dampak penyinaran terhadap kesehatan bibit sawit dilihat dari pola perkembangan tumbuh.

Penelitian 1 dilakukan dengan mengiradiasi jamur *Culvularia Sp* yang di isolasi dari pembibitan di Langkat Sumatra Utara, Riau, Kalimantan Barat dan Sumatera Selatan. Iradiasi jamur dilakukan mengisolasi jamur dalam petri dengan diameter 9 cm dan dilakukan dengan memvariasi Panjang gelombang laser/LED dan waktu penyinarannya. Daya photon yang digunakan berkisar  $0.01 \text{ mW/cm}^2$  sampai dengan  $0,5 \text{ mW/cm}^2$ , dengan variasi waktu penyinaran 0 jam (reference), 1 jam, 3 jam dan 5 jam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa iradiasi laser biru mempunyai efek yang lebih efektif untuk mengendalikan pertumbuhan jamur dibanding laser merah dan infra merah. Semakin lama waktu iradiasi juga lebih dapat memperlambat pertumbuhan jamur.

Dilakukan percobaan iradiasi langsung menggunakan sumber LED untuk mengetahui dapat penyinaran pada berbagai penjang gelombang terhadap pertumbuhan bibit sawit dan kekuatannya untuk menahan penyakit dari jamur *Culvularia*. Tahap pertama dilakukan dengan menyinari langsung bibit kelapa sawit umur 3 bulan dengan cahaya biru, Hijau dan merah di dalam rumah iradiasi yang diletakkan di ruangan (hanya terkena sinar LED) dan diletakkan di ruang terbuka (ada sinar matahari dan LED). Pengamatan visual menunjukkan penyinaran LED biru lebih dapat mendorong pertumbuhan dibanding warna lain dan penyinaran laser merah lebih cepat mengeringkan tanah. Pengamatn selanjutnya akan dilakukan dengan melihat clorofil daun dengan menggunakan microscope.


Hasil teknis yang telah dihasilkan berupa prototype laser irradiator (3 buah) dan LED irradiator (2 buah), sedang luaran non teknis berupa 1 paten terdaftar, 1 paper di prosiding internasional dan 2 draft jurnal internasional.



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

**Pemanfaatan Iradiasi Energi Foton untuk Pengendalian Penyakit Bercak Daun dan Pemacu Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit**

Nomor Kontrak: PRJ-02/DPKS/DIT.IV/2022



### Pendahuluan

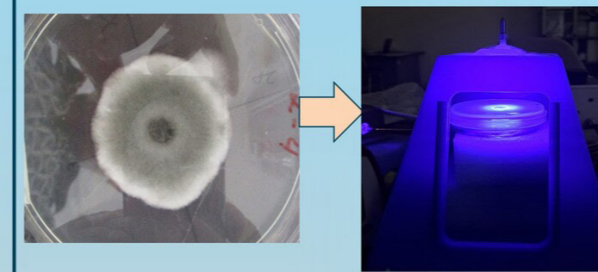
AIR dan CAHAYA sebagai sumber kehidupan. Energi foton (cahaya) memungkinkan untuk digunakan sebagai pengendali pertumbuhan jamur penyebab bercak daun dan perangsang pertumbuhan bibit sawit melalui perbaikan fotosintesis.

### Tujuan Penelitian

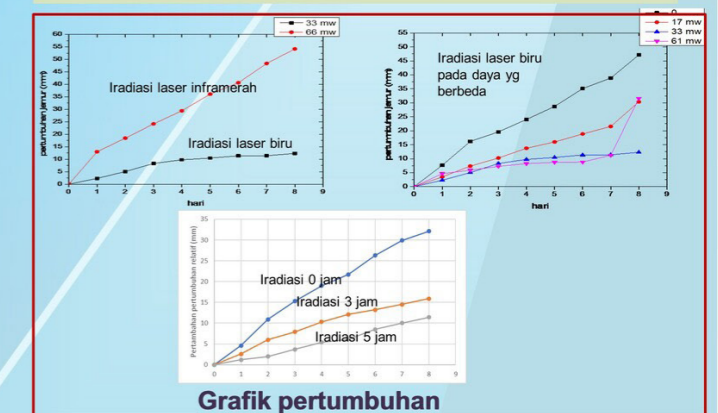
- Mencari kemungkinan adanya solusi pengendalian penyakit tanaman secara non-kimiawi
- Mengetahui pengaruh besaran energi foton dan panjang gelombang dalam pengendalian jamur dan mikroba/parasite pada bibit kelapa sawit;
- Mengetahui dampak penambahan iradiasi energi foton terhadap perkembangan pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

### KEGIATAN I : IRADIASI JAMUR

#### ISOLAT *Culvularia Sp.* PROSES IRADIASI



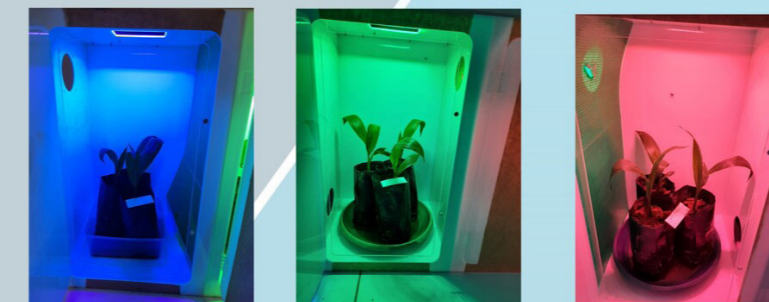
#### Pengamatan pertumbuhan pasca iradiasi



- Laser biru mempunyai daya tekan pertumbuhan lebih baik dibanding laser infrared
- Semakin lama waktu iradiasi dan semakin besar daya laser lebih efektif menekan pertumbuhan jamur

### KEGIATAN II : IRADIASI JAMUR SEBAGAI PENDORONG PERTUMBUHAN

#### Proses Iradiasi untuk percepatan pertumbuhan



Pengamatan visual menunjukkan iradiasi laser biru mempunyai pendorong pertumbuhan lebih baik dibanding laser merah

Hasil non teknis:

- Prototipe sistem irradiator merah (638 nm) dan biru (405 nm);
- 1 Paten terdaftar : Metoda dan alat irradiator energi foton untuk pengendalian jamur dan mikroba parasit pada tumbuhan;
- 1 Prosiding conference internasional.



Sponsor: Grant Riset Sawit (GRS) 2023, BPDP-KS

Nara Hubung:

Dr. Bambang Widiyatmoko, Pusat Riset Fotonik – BRIN;  
HP:081284744800, e-mail: widiyatmokobambang@gmail.com

**04**



**PASCA  
PANEN**

**PENGOLAHAN**

## RANCANG BANGUN PABRIK MINYAK SAWIT MINI MOBILE TANPA PEREBUSAN

Dr. Ir. Adi Ruswanto, M.P.IPM

Pabrik Minyak Sawit Tanpa Perebusan (PMSTP) merupakan kebaruan teknologi dan metode dalam mengolah Tandan Buah Segar (TBS) menjadi Crude Palm Oil (CPO), industri pengolahan kelapa sawit selama ini masih mengandalkan pabrik-pabrik besar yang menggunakan cara konvensional dan tahapan proses yang panjang, disamping itu permasalahan yang sering di hadapi adalah dengan adanya limbah, baik berupa limbah cair maupun limbah Gas yang berakibat pada Efek Gas Rumah Kaca.


Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat pabrik kelapa sawit baru tanpa menggunakan uap air (steamless palm oil mill) portable dengan kapasitas 1.000 Kg TBS/jam, Menguji pabrik kelapa sawit baru (steamless palm oil mill) hubungannya dengan efisiensi mesin dan alatnya, Menguji produk CPO yang dihasilkan didasarkan kualitas dan rendemen yang dihasilkan.

Metode penelitian ini adalah rancang bangun metode pengolahan minyak menggunakan udara panas suhu rendah tanpa uap panas yang dapat menurunkan potensi gas rumah kaca dan dapat dirancang dengan kapasitas 1.000 kg/jam dan bersifat mobile. Udara panas (hot air) dihasilkan dari proses gasifikasi untuk proses pengolahan menghasilkan energi untuk menghasilkan panas (Hot Air) dan energi pada proses pengolahan. Rancang bangun metode ini tidak diperlukan ketel uap, tangki pemisahan minyak sawit, unit pengolahan sludge minyak dan unit pengolahan air baku yang selama ini mejadi sumber klorin. Prinsip dasar prosesnya adalah TBS dipipil, buah sawitnya dialiri udara panas kemudian di pisahkan mesokapnya (demesokarper), selanjutnya dilakukan pengepresan, minyak yang diperoleh disaring di vibrating screen dan dilanjutkan menggunakan filter press. Sehingga rancang bangun metode baru ini dapat memaksimalkan hasil (rendemen), memenuhi standard, nutrisi masih tinggi, efektif, biaya investasi rendah,

Unit proses yang di rancang adalah 1) unit thresher (mesin pembrondol TBS). 2) unit hopper Fedder. 3) Unit alat conveyor heating system. 4) Unit demesokarper. 5) Mesin Single Screw Press. 5) Unit Filter Press 6 ) unit Vibrating Screen dan Unit COT. Semua unit di rakit menjadi satu kesatuan menjadi pabrik Mini Mobile tanpa perebusan yang dapat berpindah-pindah dan efisien.

Dari hasil uji coba yang dilakukan dari unit thresher sangat di pengaruhi tingkat kemasakan buah dan retention time. Fraksi 1 dengan restan 1 hari belum memberikan hasil baik namum kemasakan fraksi 2 dan 3 dengan restan 2 hari memberikan hasil yang baik secara kualitas dan dari hasil uji kinerja PMSTP dapat berjalan dengan baik.

Perancangan PMSTP adalah menjawab kebutuhan petani kelapa sawit akan pabrik pengolahan CPO karena selama ini buah dari petani banyak terserap ke pabrik kelapa sawit milik swasta dengan demikian di harapkan menjadi kemandirian dari petani sawit itu sendiri. Metode baru yang ramah lingkungan, proses pengolahan lebih singkat, kapasitas lebih kecil, berpindah secara mobile dan efektif dengan hasil rendemen dan kualitasnya tinggi menjadi keunggulan dari PMSTP.



# PABRIK MINYAK SAWIT TANPA PEREBUSAN (PMSTP)

No. Kontrak : PRJ-340/DPKS/2022

## GRANT RISET SAWIT 22

AKADEMI KOMUNITAS PERKEBUNAN YOGYAKARTA

**Kelompok Peneliti :**

1. Dr. Ir. Adi Ruswanto, M.P. IPM (08121556782) adiroeswanto@gmail.com
2. Dr. Ir. Hermantoro, M.S.IPU
3. Dr. Sri Gunawan, M.P. IPU
4. Ir. Purwanto Wirutomo
5. Arief Panca Putra, S.TP., M.Si

**Tujuan Penelitian**

Merancang dan membuat pabrik kelapa sawit baru tanpa perebusan (PMSTP) portable dengan kapasitas 1.000 kg/jam Menguji pabrik kelapa sawit baru hubungannya dengan efisiensi mesin dan alatnya Menguji produk CPO yang dihasilkan didasarkan kualitas dan rendemen yang di hasilkan Aplikasi pabrik kelapa sawit baru di perkebunan rakyat

**Sekilas Tentang PMSTP**

PMSTP dirancang untuk memenuhi kebutuhan petani kelapa sawit dalam mengolah hasil panen, karena selama ini hasil panen dan kabut rakyat banyak yang terserap di pabrik besar milik perusahaan swasta dengan demikian diragukan menjadi kemandirian. PMSTP juga dirancang untuk mengolah TBS secara singkat dan ekonomis serta dapat berpindah secara mobile dengan hasil rendemen dan kualitas serta kuantitas CPO yang bagus.

**Luaran Penelitian**

1. Metode Pengolahan CPO terbaru yang lebih efisien dan ekonomis
2. Prototype mesin pengolah TBS menjadi CPO Mobile tanpa perebusan

**Keunggulan PMSTP**

1. Mobile (dapat berpindah kemana saja)
2. Ramah Lingkungan
3. Ekonomis
4. Kualitas dan kuantitas CPO Bagus

**Alur Proses Pabrik Minyak Sawit Tanpa Perebusan**






## RANCANG BANGUN WORK PLATFORM PEMANEN TBS KELAPA SAWIT

Dr. Ir. Sam Herodian dan Tim Peneliti.

Penerapan Work platform yang dapat naik dan turun pada aktivitas panen TBS khususnya pada pokok tinggi dapat membantu mengurangi risiko MSD dan meningkatkan efisiensi panen TBS. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan melakukan rancang bangun Work Platform TBS kelapa sawit, uji kinerja Work Platform TBS kelapa sawit, serta melakukan optimasi pemanenan TBS kelapa sawit.

Kendaraan pemanen Tandan Buah Segar (TBS) roda enam adalah kendaraan yang dirancang untuk memanen TBS dengan mengangkat mesin pemanen dengan tangga yang mencengkeram pohon agar tangga stabil. Komponen utama kendaraan agar dapat berfungsi adalah motor listrik, kontroler motor listrik, baterai, rantai-sproket, sasis, dan roda kendaraan. Desain sasis menggunakan analisis FEA. Perancangan ruang kemudi ini dilakukan menggunakan pendekatan Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Hasil dari analisis RULA yang didapatkan, skor akhir dari perancangan ruang kemudi mendapatkan nilai 3. Mesin juga diuji tingkat kebisingan dan getarannya pada ruang kemudi, semuanya masih dalam katagori batas aman.

Desain penjepit work platform yang dirancang telah sesuai dengan kriteria. Pegas torsi yang digunakan memiliki posisi awal 40° serta gaya yang diberikan mencapai 8,3 kg pada posisi sudut 20°. Besi yang digunakan merupakan besi pipa diameter 20 mm serta kebutuhan diameter penjepit sebesar 122,54 cm. Roda pencengkram menggunakan besi hollow ukuran 40x20 mm. Proses membuka secara vertikal dan horizontal pada pencengkram menggunakan linear aktuator. Tegangan geser dan displacement dari dudukan penjepit yang dipasangkan pada work platform. Hasil simulasi menunjukkan tegangan geser yang terjadi pada dudukan bernilai 141,5 Mpa dan displacement yang terjadi ketika terkena beban 50 kg sebesar 0,65 mm. alat penjepit memiliki berat sebesar 38 kg.

Penangkap buah sawit terdiri dari ring penangkap TBS guna menahan benturan dan menangkap TBS yang dilengkapi dengan pegas tekan, pemegang pohon guna menahan ring penangkap tidak patah, scissor untuk menggerakkan jauh dekat alat penangkap dengan pohon sawit. Serta poros putar untuk memposisikan penangkap dengan pohon dan aktuator berfungsi membantu pemegang pohon dalam mencengkram ataupun melepas pohon sawit. Keunggulan yang didapat pada penangkap TBS ini yaitu menjaga kualitas TBS, meningkatkan kapasitas pemanenan dengan tidak dibutuhkannya lagi kegiatan pemungutan TBS, memudahkan pemanenan serta meningkatkan kenyamanan bagi para pemanen.

Uji kinerja kendaraan mendapatkan hasil sesuai perhitungan dengan kecepatan maksimal perhitungan 8,62 m/s. dan kecepatan aktual tertinggi 7,19 m/s. Hasil kinerja belok kendaraan adalah menggunakan bantuan rem dengan radius putar 8,6 m. Kapasitas baterai sebesar 132 Ah menggunakan baterai manajemen sistem sehingga dapat diatur untuk arus maksimal dan monitoring parameter pada baterai. Konsumsi baterai adalah 37,05 Ah serta hasil pengujian kendaraan dapat beroperasi 3,56 jam.

Mesin Pemanen TBS Elektrik ini dibuat untuk membantu petani maupun pengusaha sawit meningkatkan kapasitas, efisiensi maupun kualitas TBSnya, termasuk juga mengatasi kesulitan mendapatkan tenaga panen, khususnya pada saat tanaman sudah semakin tinggi. Adapun keunggulan mesin ini adalah:

1. Menjaga kualitas TBS, TBS ditangkap oleh mesin.
2. Meningkatkan kapasitas pemanenan, tidak perlu ada kegiatan pemungutan brondolan.
3. Memudahkan pemanenan, tidak memerlukan pemanen dengan kualifikasi khusus, terutama untuk tanaman yang sangat tinggi.
4. Meningkatkan kenyamanan bagi para pemanen, khususnya pada posisi buah yang sangat tinggi.
5. Green Machine, menggunakan baterai sebagai sumber tenaganya.
6. Meningkatkan keuntungan usaha.

Dari penelitian ini berhasil didaftarkan empat buah paten masing-masing satu paten biasa dan tiga paten sederhana masing-masing bernomor P00202307896, S00202307897, S002202307898 dan S00202307899.

**IPB University**  
Bogor Indonesia

**sawit**  
BDPKKS

**e-BHAR**  
Electric Bunch Harvester

**RANCANG BANGUN**  
**WORK PLATFORM PEMANEN**  
**TBS KELAPA SAWIT**

**NOMOR: PRJ-344/DPKS/2022**

**Latar Belakang**

Mesin Pemanen TBS Elektrik ini dibuat untuk membantu petani maupun pengusaha sawit meningkatkan kapasitas, efisiensi maupun kualitas TBSnya, termasuk juga mengatasi kesulitan mendapatkan tenaga panen, khususnya pada saat tanaman sudah semakin tinggi.

**Tim Peneliti**

Dr. Ir. Sam Herodian, MS, IPU, APEC Eng.  
Dr. Ir. Desrial, M.Eng. IPU.  
Dr. Ir. Agus Sutejo, MS.

**PATEN:**  
P00202307896 S00202307898  
S00202307897 S00202307899

**KEUNGGULAN**

1. Menjaga kualitas TBS, TBS ditangkap oleh mesin.
2. Meningkatkan kapasitas pemanenan, tidak perlu ada kegiatan pemungutan brondolan.
3. Memudahkan pemanenan, tidak memerlukan pemanen dengan kualifikasi khusus, terutama untuk tanaman yang sangat tinggi.
4. Meningkatkan kenyamanan bagi para pemanen, khususnya pada posisi buah yang sangat tinggi.
5. Green Machine, menggunakan baterai sebagai sumber tenaganya.
6. Meningkatkan keuntungan usaha.

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem  
Fakultas Teknologi Pertanian  
IPB University

## PERFORMA NANO HYBRID COOLANT BERBASIS TURUNAN CRUDE PALM OIL PADA RADIATOR MOBIL 1000 CC

Istianto Budhi Rahardja, S.T., M.T. dan Tim Peneliti.

Nano Hybrid Coolant merupakan diversifikasi produk hasil turunan crude palm oil (CPO) yang dikembangkan untuk menghasilkan produk coolant air radiator kendaraan bermotor roda 4 pada penelitian Grant Riset Sawit K22. Hasil pengembangan air radiator Nano Hybrid Coolant dari bahan turunan CPO dengan penambahan nano partikel logam liquid ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) diperoleh performa yang sangat baik untuk menurunkan temperatur panas pada mesin kendaraan. Penambahan nano partikel sebesar 1% dari massa total coolant yang terdiri dari Glycerol & Ethylene Glycol (berbahan dasar minyak sawit), Propylene Glycol beserta aquadest sebagai bahan dasarnya dapat meningkatkan kemampuan pendinginan sebesar  $\pm 3\%$  dari bahan dasar coolant yang berisi air murni (aquadest).

Sementara itu, perkembangan coolant radiator saat ini masih diproduksi dengan bahan-bahan hasil turunan/produk dari minyak bumi, dimana bahan tersebut banyak mengandung bahan kimia berbahaya dan dapat merusak lingkungan. Hasil produk turunan CPO dari bahan-bahan yang dipergunakan untuk coolant kendaraan Mobil 1000 CC, dapat memberikan dampak pelestarian lingkungan, dimana bahan tersebut adalah berasal dari minyak nabati, sustainable, ramah lingkungan. Serta meningkatkan penggunaan bahan alami dalam pemanfaatan coolant radiator dibidang otomotif.

Penambahan nano partikel  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 1 % pada coolant yang telah dilakukan proses pencampuran secara sempurna (proses Magnetic stirer dan Ultrasonicator) selama 1 jam dengan komposisi campuran Glycerol, Ethylene Glycol, Propylene Glycol, bersama aquadest sebesar 5 %, 10 %, 15 %, 70 %.

Hasil dari pencampuran ini memberikan nilai titik didih yang baik, yaitu 98-99°C dan titik beku -5°C, tidak menimbulkan laju korosi, dimana pengujian nilai laju korosi sangat tidak signifikan (0 - 0.001915 Mpy). Berdasarkan hasil pengujian SEM untuk melihat laju korosi, tidak terjadi lokasi korosi yang terjadi pada seluruh lokasi logam yang direndam dalam coolant Hybrid Nanoparticle, dan hasil pengujian nilai pH adalah netral (7).

Pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan prototype radiator kendaraan mobil 1000 CC memberikan nilai yang terjadi pada kinerja perpindahan panas yang terjadi. Performa dari perpindahan panas yang terjadi sangat signifikan dan dapat mentransfer sumber panas yang terjadi dari 71,2°C menjadi 48,9°C (22,2°) dalam waktu 3,16 menit dengan kecepatan udara yang dihembuskan sebesar 3,3 MPH, dengan kecepatan aliran fluida di dalam radiator sebesar 30,95 lt/menit, nilai densitas sebesar 1,0244 gr/ml (masih menyerupai densitas air murni dengan nilai 1 gr/ml).

Pada coolant hybrid nanoparticle yang berasal dari bahan-bahan turunan CPO, memberikan kontribusi untuk coolant radiator kendaraan mobil 1000 CC, dimana coolant hybrid nanoparticle memperbaiki sistem pendinginan pada air radiator, daya tahan yang baik, memiliki ketahanan laju korosi material logam, anti freezing (beku), mempergunakan bahan alami dengan komposisi coolant 30/70 pro mixed.



### PERFORMA NANO HYBRID COOLANT BERBASIS TURUNAN CRUDE PALM OIL PADA RADIATOR MOBIL 1000 CC

NOMOR KONTRAK : PRJ – 356/DPKS/2022

**Gambar Capaian Hasil**

Bahan Coolant

Nano Partikel  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Coolant Hybrid Nanoparticle

Sampel Hasil Coolant

**Tujuan Penelitian**

- Menghasilkan diversifikasi produk dalam memanfaatkan hasil turunan *Crude Palm Oil (CPO)* sebagai coolant kendaraan otomotif 1000 CC dari bahan alami, sustainable, dan ramah lingkungan.

**Capaian Hasil**

- Prototype Coolant Kendaraan Mobil 1000 CC**

Komposisi Coolant :	
Glycerol	: 5 %
Ethylene Glycol	: 10%
Propylene Glycol	: 15 %
Aquadest	: 70 %.

- Proses Pembuatan** Magnetic stirer & Ultrasonikasi

**Ketua Peneliti** Istianto Budhi Rahardja, S.T, MT  
•istianto@cwe.ac.id

**Anggota Peneliti** Azhar Basyir Ranrawi, STp, M.Eng  
•azharbr@gmail.com

**Anggota Peneliti** Hendra Saputra S.Si, M.Si  
•hendra\_saputra@cwe.ac.id



## DESAIN SISTEM KERJA DAN UPPER LIMB EXOSKELETON UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN KESALAMATAN KERJA PANEN-MUAT KELAPA SAWIT


Nugrahaning Sani Dewi, Ph.D dan Tim Peneliti

Tingginya produktivitas kelapa sawit belum diiringi peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja. Variabiliti karakteristik lingkungan kerja, bentuk, tinggi, dan diameter pohon sawit, posisi tandan dan pelepah sawit masih relatif menyulitkan untuk penerapan mekanisasi/ otomasi dalam pemanenan sawit. Kegiatan panen-muat sawit masih bergantung pada tenaga manusia yang memiliki keterbatasan fisiologi dan kapasitas kerja. Panen-muat sawit melibatkan gerakan berulang-ulang seperti membungkuk, mengangkat dan menarik beban yang berat, membutuhkan prioritas tinggi untuk intervensi keamanan kerja.

Pada penelitian ini, analisis fisiologi kerja pemanen seperti data pengukuran beban jantung, otot dan gerak sebagai landasan penting kebijakan dan perbaikan sistem kerja. Selain itu, pendekatan desain dan implementasi exoskeleton (alat bantu okupasional-keselamatan kerja) pada pemanen adalah terobosan yang rasional untuk perbaikan sistem dan keselamatan kerja yang pada akhirnya bermanfaat untuk peningkatan efektivitas, produktivitas, kesejahteraan dan keberlanjutan kerja para pemanen sawit. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain upper limb exoskeleton (ULE) berdasarkan kajian ergonomika dan fisiologi pemanen untuk peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja panen-muat sawit.


Pengukuran awal dilakukan untuk memetakan karakteristik gerakan (motion) dengan menggunakan neuron motion capture (Mocap) dan fisiologi pemanen dengan menggunakan Heart Rate Monitor untuk dianalisis Heart Rate variability (HRV) nya serta eletromyograph (EMG) untuk mengukur aktivitas ototnya. 19 pemanen berjenis kelamin laki-laki, tidak mempunyai riwayat penyakit jantung maupun pernapasan yang ditunjukkan dengan riwayat kesehatan sebelumnya. Subyek menandatangani consent form sesuai aturan human research ethics (Perjanjian Helsinki). Subyek diukur physiological baseline parameters-nya yang meliputi umur, HR saat istirahat (HR rest), age-adjusted HR maximum (HR max) dan body-mass index (BMI). Noitom Perception Neuron (Noitom Ltd, USA) merupakan Mocap untuk menangkap gerakan secara presisi, teknologi tergolong baru untuk diterapkan dalam bidang pemanenan kelapa sawit. Sensor-sensor noitom dipasang pada titik-titik joint tubuh pemanen. Data dari noitom ini akan menjadi dasar input data pada tahapan analisis biomekanik dengan menggunakan Biomechanic of Bodies (BoB Biomechanic, UK). Serangkaian usability test juga diaplikasikan untuk mengukur performa ULE pada pemanen.

Pada diagnosis resiko awal dengan menggunakan motion analysis dan simulasi BoB terdapat gerakan yang menjadi perhatian yaitu pada upper limb antara lain neck extension, shoulder flexion dan arm flexion. Simulasi muscle force yang tertinggi ada di otot bahu dan lengan. Dari pengujian obyektif, aktivasi otot mengalami penurunan pada otot deltoid dan trapezium pada fase cutting di tengah dan akhir. Sedangkan pada pengukuran heart rate dengan analisis HRV, terjadi kenaikan physical stress saat menggunakan ULE. Banyak faktor yang mempengaruhi antara lain subjek mengalami kelelahan (fatigue) dan belum sepenuhnya pulih dari aktivitas fisik sebelumnya, faktor individu juga sangat berperan. Maka interpretasi hasil frequency-domain HRV ini perlu dilakukan secara hati-hati. Pada usability test, rata-rata hasil pengolahan data System Usability Scale (SUS) menunjukkan nilai 78,53. Nilai ini masuk ke dalam tingkat usability yang dapat diterima atau "Acceptable" dengan rating "Excellent". Oleh karena itu, berdasarkan pengukuran usability menggunakan kuesioner menunjukkan bahwa prototipe ULE gen 1 dapat diterima oleh pemanen kelapa sawit dengan rating tingkat usability yang sangat baik. Karena penelitian ini masih berlanjut, diperlukan penelitian lanjutan dengan peningkatan jumlah subyek dan -variasi kondisi di lapangan seperti variasi tinggi pohon dan topografi.



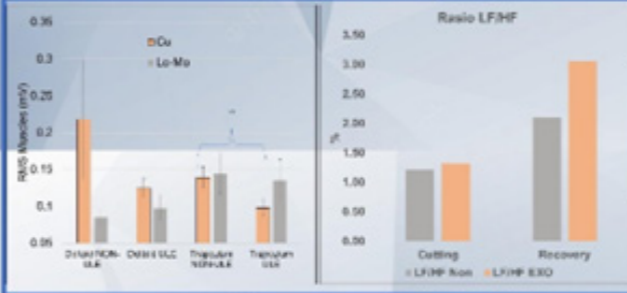
### Desain Sistem Kerja dan Upper Limb Exoskeleton untuk Peningkatan Produktivitas dan Keselamatan Kerja Panen-Muat Kelapa Sawit

No Kontrak : PRJ-03/DPKS/DIT.IV/2022




#### 1 Tujuan Penelitian

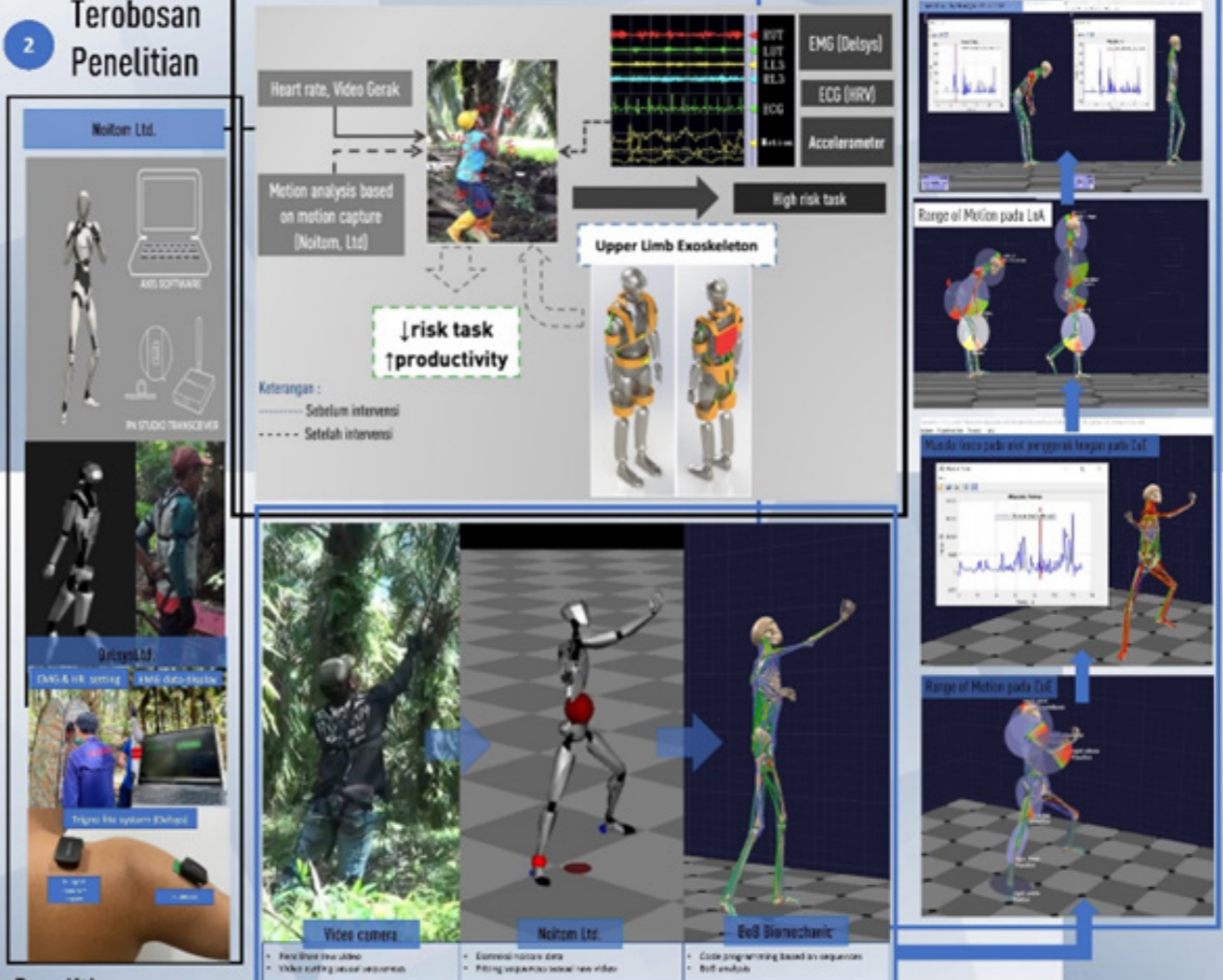
Mendesain upper limb exoskeleton untuk peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja panen-muat kelapa sawit.



#### 3 Capaian Upper Limb Exoskeleton



#### 2 Terobosan Penelitian



**Peneliti :** Nugrahaning Sani Dewi, Ph.D dan Tim Peneliti (Pusat Riset Mekatronika Cerdas BRIN), Kontak : (nugrahaning.sani.dewi@brin.go.id)

05



**PANGAN  
KESEHATAN**



## TEKNOLOGI PREDIGESTION DAN BIOKONVERSI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BUNGKIL INTI SAWIT SEBAGAI BAHAN PAKAN TERNAK AYAM

Prof. Burhanudin Sundu, Ph.D. dan Tim Peneliti.

Indonesia adalah negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Salah satu limbah dari industri kelapa sawit adalah bungkil inti sawit (BIS). Limbah ini lebih banyak dimanfaatkan oleh industri pakan, akan tetapi penggunaannya dalam pakan unggas masih relatif kecil, kurang dari 5%. Rendahnya penggunaan ini disebabkan karena rendahnya kualitas BIS. Upaya untuk meningkatkan kualitas BIS sebagai bahan pakan unggas dapat dilakukan dengan dengan teknologi predigestion dan biokonversi dengan penambahan ammonium sulfat. Dua teknologi ini sering diaplikasikan secara terpisah dan memberikan hasil yang tidak konsisten. Karena itu penggabungan dua teknologi dalam satu paket teknologi akan memberikan hasil yang lebih baik.

Penelitian ini menggunakan BIS yang difermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* dengan penambahan ammonium sulfat sebesar 3% dan dengan predigestion menggunakan enzim mannanase (BISFPE). Produk yang dihasilkan diujicoba pada ayam 240 ekor ayam petelur selama 5 bulan dan selanjutnya diujicoba pada 280 ekor ayam pedaging selama 6 minggu. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan dan 6 ulangan pada penelitian ayam petelur dan 7 perlakuan dan 5 ulangan pada ayam pedaging.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian BISFPE sampai level 15% pada ransum ayam petelur dapat menyamai produksi telur dan FCR ayam yang diberikan pakan tanpa mengandung BIS (kontrol). Kualitas albumen telur baik dari nilai Haugh unit atau ketebalan putih telur yang disimpan selama 14 hari pada suhu ruang pada telur yang diberi pakan mengandung 10, 15 dan 20% BISFPE perlakuan adalah lebih baik dari nilai Haugh unit telur kontrol. Pemberian BISFPE pada ransum dapat memperlambat kerusakan putih telur (tinggi albumen) dibandingkan dengan telur kontrol. Pemberian 10% BISFPE perlakuan dapat mengurangi bobot susut telur yang disimpan selama 14 hari pada suhu ruang. Kandungan asam laurat telur yang diproduksi oleh ayam yang diberi pakan mengandung 20% BISFPE adalah lebih tinggi dibandingkan dengan telur yang lain. Ayam yang diberi pakan 15% BISFPE memproduksi telur dengan kandungan beta karoten yang lebih tinggi dibandingkan dengan ayam yang lain, sedangkan kandungan kolesterol telur tidak dipengaruhi oleh perlakuan.

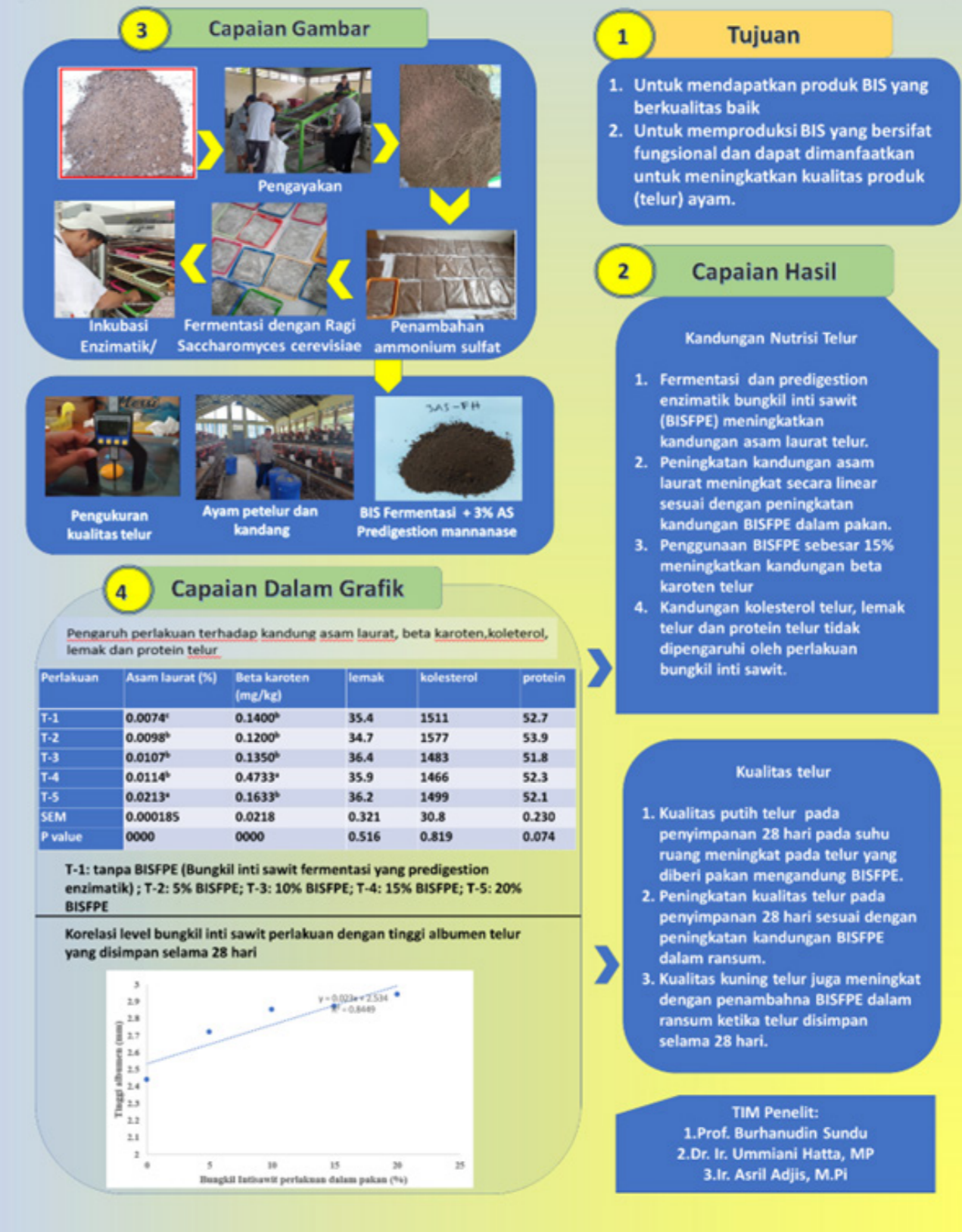
Penambahan bungkil inti sawit tanpa perlakuan hingga 15% menurunkan pertambahan bobot badan ayam pedaging, pencernaan protein, bahan kering dan serat kasar ransum. Akan tetapi, ketika bungkil inti sawit di fermentasi dan dipredigestion, penambahan hingga 15% dalam ransum tidak menurunkan pertambahan bobot badan ayam pedaging dan tidak menurunkan pencernaan pakan. Persentase karkas, bagian karkas dan lemak abdomen tidak dipengaruhi oleh pakan ayam broiler. Penambahan bungkil inti sawit dalam ransum meningkatkan persentase bobot gizzard. Perlakuan fermentasi dan predigestion pada bungkil inti sawit tidak meningkatkan persentase bobot gizzard.

Kesimpulannya, penggunaan BISFPE dapat mempertahankan produksi telur setara dengan pakan kontrol tanpa BISFPE, dan dapat meningkatkan kualitas putih telur, kandungan asam laurat dan kandungan beta karoten telur. Aplikasi teknologi fermentasi dan predigestion dapat diaplikasikan pada ayam petelur sampai pada level 15% dalam ransum, akan tetapi kandungan asam laurat terbaik ketika ayam diberi pakan mengandung BISFPE perlakuan sebesar 20%. Pada Ayam broiler, perlakuan fermentasi dan predigestion pada bungkil inti sawit dapat meningkatkan kualitas bungkil inti sawit, menyamai-kualitas pakan tanpa pemberian bungkil inti sawit.

Kata kunci: Bungkil inti sawit, fermentasi, predigestion, ayam petelur, ayam pedaging

## TEKNOLOGI PREDIGESTION DAN BIOKONVERSI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BUNGKIL INTI SAWIT (BIS) SEBAGAI BAHAN PAKAN TERNAK AYAM

No. Kontrak: PRJ – 22/DPKS/2021

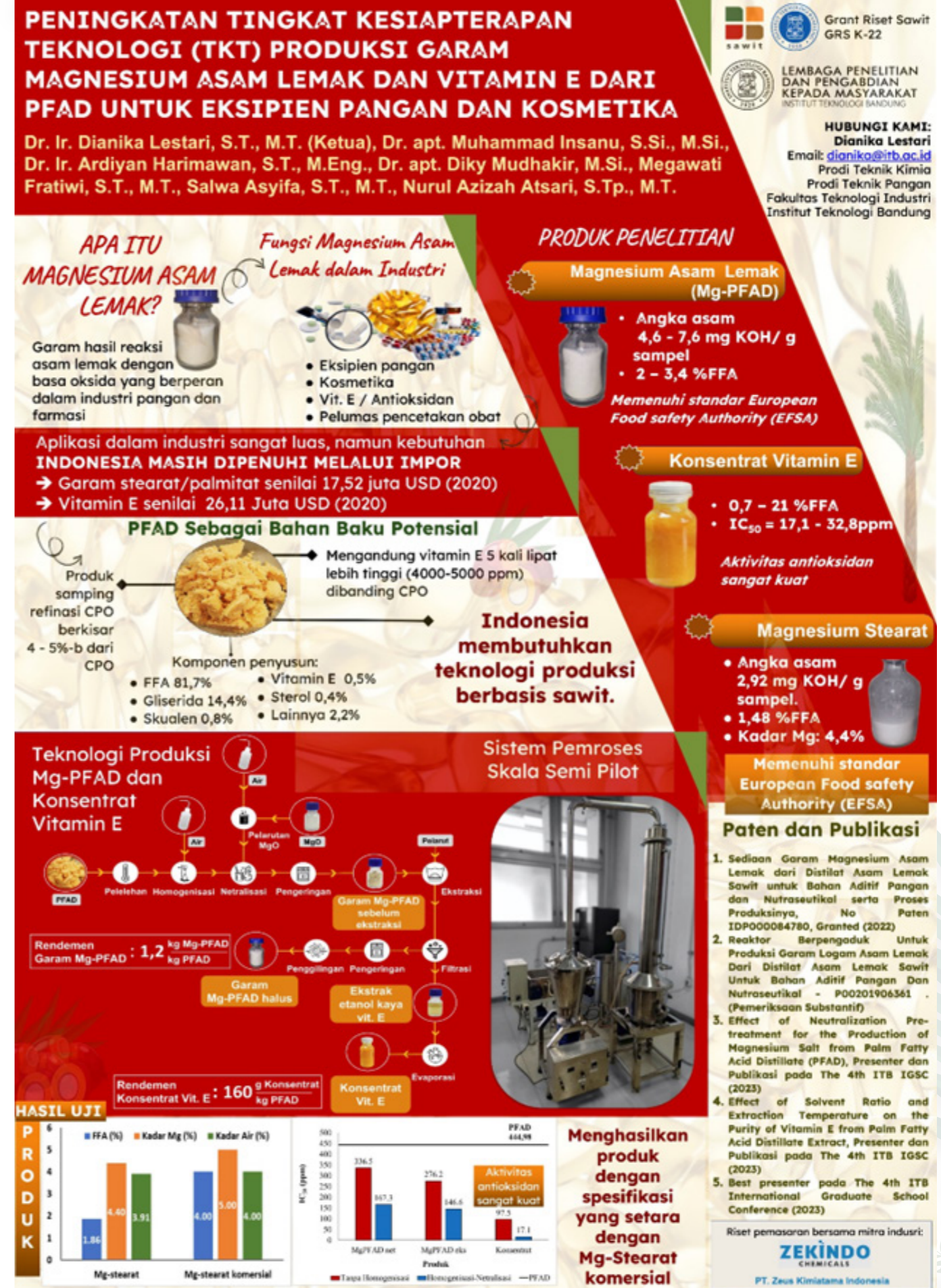


## PENINGKATAN TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT) PRODUKSI GARAM MAGNESIUM ASAM LEMAK DAN VITAMIN E DARI PFAD UNTUK EKSIPIEN PANGAN DAN KOSMETIKA

Dr. Ir. Dianika Lestari, S.T., M.T.

Magnesium asam lemak adalah garam hasil reaksi asam lemak dengan basa atau oksida magnesium yang memiliki peran penting dalam industri pangan dan farmasi. Magnesium stearat, salah satu jenis magnesium asam lemak, sangat umum digunakan sebagai pelumas padat untuk mencegah menempelnya tablet atau permen pada mesin pencetakan obat. Kebutuhan magnesium stearat nasional dipenuhi seluruhnya melalui impor. Pada tahun 2020, nilai impor garam dan ester pamat/ stearat adalah sebesar 17,52 juta USD. Jika diasumsikan 50% produk tersebut adalah magnesium stearat, maka jumlah kebutuhan impor magnesium stearat total untuk industri pangan dan kosmetik diperkirakan sebesar 730 ton per tahun. Selain itu, Indonesia adalah net importir Vitamin E dan turunannya dengan nilai impor sebesar 26,11 juta USD atau setara dengan 350 – 1044 ton Vitamin E per tahun pada tahun 2020. Besarnya nilai impor garam magnesium asam lemak dan vitamin E membuktikan bahwa Indonesia memerlukan teknologi produksi magnesium asam lemak dan pemulihan vitamin E dari bahan baku komoditas lokal Indonesia. Distilat Asam Lemak Sawit (PFAD) merupakan produk samping proses pemulusan CPO dari tahap unit deodorisasi yang bertujuan menghilangkan komponen asam lemak bebas yang diperkirakan mencapai 4-5 %-b dari CPO dan tersusun atas 81,7% asam lemak bebas, 14,4% gliserida, sekitar 2% senyawa fitonutrien (0,8% skualen; 0,5% vitamin E; 0,4% sterol), dan 2,2% senyawa lainnya. Perlakuan termal dalam unit deodorisasi menyebabkan penumpukan massa vitamin E dalam PFAD sebesar 4000-5000 ppm atau 5 kali lipat dibandingkan massa vitamin E dalam CPO. Hal ini menjadikan PFAD sebagai bahan baku potensial, baik untuk produksi magnesium asam lemak, maupun sebagai sumber vitamin E pada skala komersial. Karena itu, Indonesia memerlukan teknologi produksi magnesium asam lemak dan pemulihan vitamin E terutama berbasis sawit, khususnya dari PFAD sebagai bahan baku.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) produksi garam magnesium asam lemak dan konsentrat Vitamin E dari PFAD. Sebelumnya, teknologi yang dikembangkan pada penelitian GRS K-16 dan K-18 telah tercatat sebagai paten nasional berjudul, "Sediaan Garam Magnesium Asam Lemak dari Distilat Asam Lemak Sawit untuk Bahan Aditif Pangan dan Nutraseutikal serta Proses Produksinya" (No. Paten IDP000084780, granted). Penelitian GRS K-22 tahun pertama ini berfokus pada pematangan teknologi untuk mengatasi kendala proses dengan melakukan modifikasi pada tahap netralisasi dan tahap ekstraksi melalui penerapan tahap dropletisasi lelehan PFAD dalam air sebelum reaksi netralisasi asam lemak dengan MgO untuk meningkatkan perolehan garam magnesium asam lemak Mg-PFAD, dilanjutkan dengan optimasi ekstraksi Vitamin E dari Mg-PFAD dengan kombinasi campuran pelarut polar/nonpolar. Penelitian pasar untuk melihat peluang pasar dan penentuan kapasitas produksi pada skala komersial dilakukan dengan berkerja sama dengan mitra industri (PT. Zeus Kimiatama Indonesia). Berdasarkan hasil penelitian, modifikasi penambahan jumlah air sebagai media reaksi disertai proses dropletisasi lelehan PFAD ke dalam air sebelum tahap netralisasi berhasil meningkatkan konversi asam lemak bebas menjadi garam magnesium asam lemak PFAD (Mg-PFAD) dan menurunkan angka asam pada produk secara signifikan. Metode tersebut juga telah diimplementasikan pada produksi magnesium stearat dari asam stearat dan berhasil menghasilkan produk dengan spesifikasi yang setara dengan magnesium stearat komersial. Ekstraksi garam Mg-PFAD menggunakan pelarut organik menghasilkan konsentrat Vitamin E yang mempunyai aktivitas antioksidan berkategori sangat kuat. Studi imunomodulator menunjukkan bahwa ekstrak etanol dari Mg-PFAD memberikan efek pada sel kekebalan tubuh, baik sebagai imunostimulan maupun immunosupresan, tergantung pada dosisnya. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak organik dari Mg-PFAD -berpotensi untuk dikembangkan sebagai zat aktif dalam pengobatan imunoterapi dan gangguan terkait kekebalan (imunitas) tubuh.



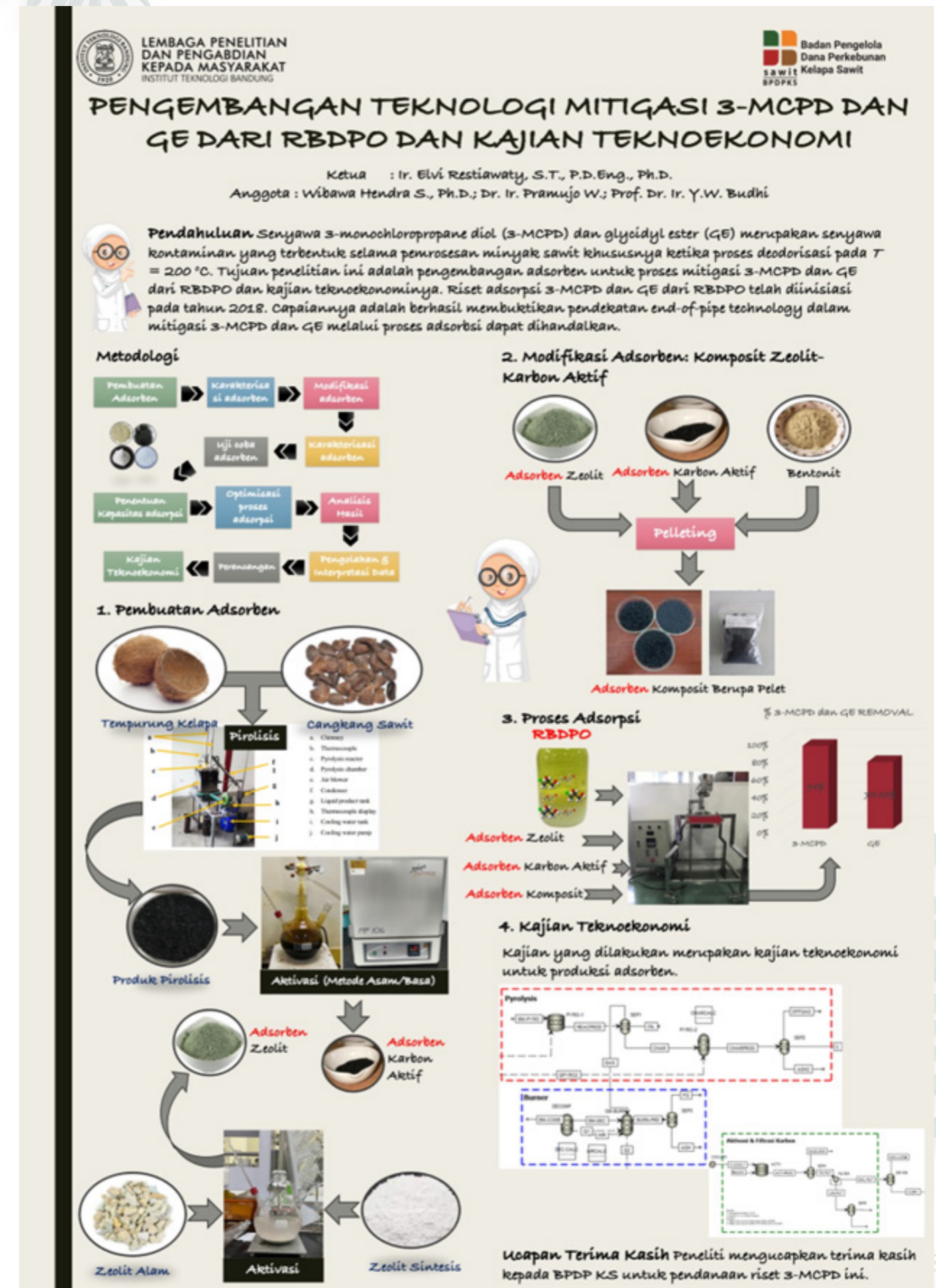
## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MITIGASI 3-MCPD DAN GE DARI RBDPO DAN KAJIAN TEKNOEKONOMI

Ir. Elvi Restiawaty, S.T., P.D.Eng., Ph.D. dan Tim Peneliti.

Pengembangan teknologi mitigasi 3-MCPD dan GE dari minyak sawit menjadi sangat penting bagi pengusaha minyak sawit Indonesia dikarenakan adanya penerapan batas maksimum kadar 3-MCPD dan GE sebagai standar pasar global. Penelitian mitigasi 3-MCPD dan GE dengan pendekatan end-of-pipe technology telah diinisiasi dan didanai BPDP KS (PRJ-6/DPKS/2020) dengan memperoleh kadar akhir 3-MCPD dan GE di bawah baku mutu. Penelitian tersebut juga membuktikan konsistensi hasil penyerapan 3-MCPD dan GE dari 60 mL dan 300 mL RBDPO menggunakan 2%-w adsorben. Namun, afinitas adsorben berbeda-beda dan adsorben diproduksi dalam skala kecil sehingga terjamin uniformity dari sifat adsorbennya. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karbon aktif sangat baik untuk menyerap GE (97%) dan mampu menghilangkan 3-MCPD sebesar 80%. Zeolit dapat menghilangkan 3-MCPD hingga 94%, namun hanya mampu menghilangkan 55% GE. Sementara itu, clay juga menunjukkan potensi untuk menyerap 3-MCPD dan mampu menghilangkan 92% 3-MCPD dan 72% GE. Campuran adsorben tunggal antara zeolit dan karbon aktif pada kapasitas adsorber 300 mL terdeteksi tidak dapat tercampur dengan baik dan penyerapan tidak optimal.

Beranjak dari keberhasilan dan kekurangan penelitian sebelumnya, penelitian yang diusulkan saat ini memiliki fokus untuk optimasi adsorben dengan kapasitas adsorpsi 3-MCPD dan GE yang tinggi dengan harapan adsorben yang dihasilkan nantinya dapat diterapkan dalam peralatan komersial. Sintesis adsorben dilakukan dengan variasi pretreatment terhadap adsorben tunggal (zeolit dan karbon aktif), yaitu menggunakan metode asam seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ataupun metode basa NaOH. Beberapa adsorben komposit dilakukan, salah satunya adalah menggunakan bentonit sebagai agen pengikat. Dari beberapa komposisi yang dilakukan, adsorben komposit dengan komposisi karbon aktif : zeolite : bentonite menghasilkan penurunan 3-MCPD dan GE lebih baik dibandingkan dengan komposit adsorben lainnya. Persen penghilangan 3-MCPD dan GE yaitu sebesar 80% dan 91%.

Penelitian ini juga mengkaji teknoekonomi untuk proses adsorpsi 3-MCPD dan GE. Analisis ekonomi yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan kolom adsorpsi lebih murah dibandingkan dengan penggunaan stirred tank yang dilengkapi dengan filter untuk memisahkan antara adsorben dengan RBDPO adalah pressure leaf filter. Hasil evaluasi ekonomi menyatakan kebutuhan sekitar 4,86 milyar untuk Capital expenditure (CAPEX) menggunakan kolom adsorber berupa tower. Nilai operating expenditure (OPEX) tergantung pada jenis adsorben bahan silikat yang digunakan. Penggunaan organoclay dapat memberikan nilai OPEX pada rentang Rp 1,05-4,40 triliun per tahun dan penggunaan zeolit MCM41 pada rentang Rp 1,33-136 triliun per tahun.



## KAJIAN POTENSI MNYAK INTI SAWIT MERAH SEBAGAI SUPLEMEN MAKANAN

Dr Frisda Rimbun Panjaitan dan Tim Peneliti.

Kekurangan gizi pada anak akan memberikan dampak pada terganggunya perkembangan kognitif dan motorik, timbulnya berbagai penyakit, bahkan menyebabkan kecacatan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah infeksi saluran pencernaan. Infeksi ini disebabkan oleh virus, parasit dan paling banyak disebabkan oleh bakteri. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, perlu adanya formulasi suplemen makanan yang nantinya tidak hanya berperan untuk menjaga sistem pencernaan dari berbagai infeksi, namun juga memiliki nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tubuh.

Kelapa sawit menghasilkan minyak sawit (palm oil, PO) yang berasal dari mesokarp, minyak inti sawit (palm kernel oil, PKO), dan turunan lainnya yang menjanjikan sebagai bahan anti bakteri alami. Penelitian ini akan memformulasikan salah satu turunan kelapa sawit terbaru, yaitu minyak inti sawit merah (red kernel oil, RKO). RKO merupakan hasil pencampuran secara enzimatis antara red palm super olein yang tinggi oleat dan rendah palmitat (HOLP-RPSO) yang merupakan turun dari PO dan PKO. HOLP-RPSO mengandung fitonutrien yang tinggi, sedangkan PKO kaya akan asam lemak rantai sedang (medium chain fatty acid, MCFA). Penelitian ini merumuskan empat RKO dengan rasio HOLP-RPSO dan PKO yang bervariasi, menjadi RKO-A, RKO-B, RKO-C, dan RKO-D. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi antibakteri dari masing-masing RKO dan komposisi fitonutrientnya, sehingga memberikan pemahaman yang lebih baik untuk penelitian makanan dan farmasi di masa depan.

Pencampuran kedua bahan baku tersebut, menjadikan RKO memiliki kandungan fitonutrien (karoten, vitamin E dan squalena) serta tinggi akan MCFA yang diketahui memiliki kemampuan antibakteri yang baik. Hal inilah yang menjadikan RKO sebagai salah satu turunan kelapa sawit yang dapat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai suplemen makanan dan kebutuhan industri farmasi. Oleh karena itu, kajian potensi RKO ini diawali dengan menyelidiki aktivitas antibakterinya terhadap bakteri gram positif dan gram negatif yang umum ditemukan pada infeksi manusia, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella typhi*.

Aktivitas anti bakteri RKO diuji dengan metode disc diffusion assay dan mikrodilusi untuk mengetahui MIC (minimum inhibitory concentration) pada setiap formulasi yang disintesis. Formula RKO-C dan RKO-D diketahui memiliki efikasi antibakteri yang unggul, ditunjukkan dengan zona hambat yang besar dan nilai MIC yang rendah. Formula RKO-C dan RKO-D memiliki kinerja terbaik, terutama terhadap bakteri Gram positif, *S. aureus*. Sifat antibakteri tersebut berpotensi disebabkan oleh tingginya MCFA pada formula RKO-C dan RKO-D, khususnya asam laurat dan miristat dalam bentuk 1-monolaurin dan 1-monomiristin.

Berdasarkan kajian awal tersebut, RKO menunjukkan adanya potensi sebagai agen antibakteri alami. Selanjutnya, penelitian ini akan dilanjutkan dengan beberapa rangkaian analisis bioavailabilitas di dalam tubuh, analisa toksisitas dan juga kestabilan RKO jika dibuat dalam sediaan kapsul lunak sebagai prototipe suplemen makanan.

## KAJIAN POTENSI MNYAK INTI SAWIT MERAH SEBAGAI SUPLEMEN MAKANAN

NO KONTRAK: PRJ-363/DPKS/2022

Dr Frisda Rimbun Panjaitan (Ketua Peneliti)  
Ilmi Fadhilah Rizki; Brahmani Dewa Bajra; Manda Edy Mulyono; dr. Budiman Bela; Bagus Giri Yudanto;  
Mulki Salendra Kusumah (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 palmitat sebagai salah satu alternatif suplemen makanan untuk meningkatkan kesehatan pencernaan
- Melakukan serangkaian pengujian pra-klinis produk prototipe kapsul lunak RKO sehingga mendapatkan data acuan potensi RKO sebagai suplemen makanan

### Capaian Hasil

#### a. Komposisi Minyak Inti Sawit Merah (Red Kernel Oil, RKO) dan Aktivitas Anti-Bakteri terhadap Bakteri Gram-negatif dan Gram-positif

Empat RKO dengan rasio HOLP-RPSO dan PKO yang bervariasi, yaitu RKO-A, RKO-B, RKO-C, dan RKO-D. Aktivitas anti bakteri RKO tersebut diuji dengan metode disc diffusion assay dan mikrodilusi untuk mengetahui MIC (minimum inhibitory concentration) pada setiap formulasi yang disintesis. Formula RKO-C dan RKO-D diketahui memiliki efikasi antibakteri yang unggul, ditunjukkan dengan zona hambat yang besar dan nilai MIC yang rendah. Formula RKO-C pada 500 mg/mL dan RKO-D pada 250 mg/mL memiliki kinerja terbaik terhadap bakteri Gram positif, *S. aureus*, dengan diameter penghambatan masing-masing 20,4 mm dan 19,47 mm. Sifat antibakteri tersebut berpotensi disebabkan oleh tingginya asam lemak rantai sedang pada formula RKO-C dan RKO-D, khususnya asam laurat dan miristat dalam bentuk 1-monolaurin (18,26% dan 23,59%) dan 1-monomiristin (3,74% dan 5,79%)

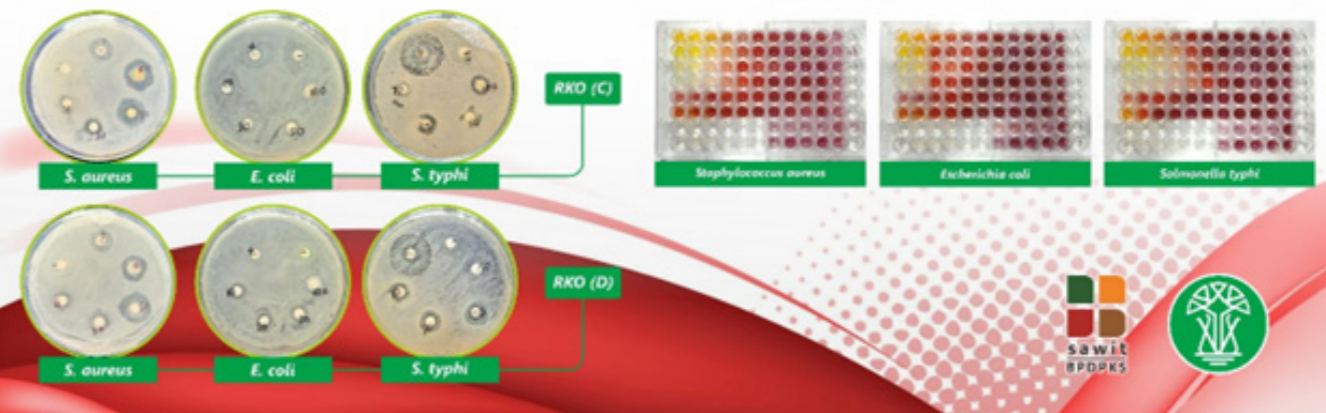
### Gambar Capaian Hasil



Sample	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Escherichia coli</i>		<i>Salmonella typhi</i>	
	Diameter hambat (mm)	MIC (mg/ml)	Diameter hambat (mm)	MIC (mg/ml)	Diameter hambat (mm)	MIC (mg/ml)
RKO - A	14.15±0.01 <sup>a</sup>	1000	13.57±0.14 <sup>ab</sup>	1000	10.77±0.05 <sup>ab</sup>	1000
RKO - B	16.4±0.01 <sup>b</sup>	1000	9.12±0.03 <sup>cd</sup>	500	13.7±0.00 <sup>ab</sup>	1000
RKO - C	20.4±0.06 <sup>c</sup>	500	10.85±0.03 <sup>ab</sup>	1000	14.52±0.21 <sup>a</sup>	500
RKO - D	19.47±0.05 <sup>c</sup>	250	14.72±0.47 <sup>a</sup>	500	13.87±0.01 <sup>a</sup>	500

Composition (mg/kg)	RKO - A	RKO - B	RKO - C	RKO - D	PKO (E)	HOLP-RPSO (F)
Total carotene	604.08±0.74	452.69±1.42	303.29±1.24	165.05±2.33	2.18±1.07	751.23±1.54
Total vitamin E	867.54±3.10	608.19±10.29	251.32±2.51	78.61±1.68	15.60±1.85	1118.17±7.24
γ-Tocotrienol	142.64±0.88	131.74±1.70	102.46±2.38	49.36±0.43	15.60±1.65	167.11±2.60
β-Tocotrienol	438.12±0.86	336.39±4.95	148.85±2.85	29.24±2.06	-	549.16±2.43
α-Tocotrienol	230.57±1.70	115.16±6.78	-	-	-	313.02±1.43
α-Tocopherol	56.21±0.62	24.89±0.40	-	-	-	88.87±2.74
Squalene	178.5±3.55	131±2.82	87.5±2.12	51±1.41	23.5±2.12	257.5±17.67

Composition	RKO - A	RKO - B	RKO - C	RKO - D
C6:0, %	-	-	0.10±0.00	0.15±0.00
C8:0, %	0.60±0.00	1.17±0.00	1.82±0.01	2.42±0.16
C10:0, %	0.57±0.00	1.14±0.01	1.77±0.02	2.38±0.13
C12:0, %	8.95±0.01	18.52±0.02	28.61±0.25	39.06±0.84
C14:0, %	3.61±0.00	6.52±0.00	9.55±0.02	12.91±0.06
C16:0, %	30.98±0.05	25.78±0.05	20.32±0.15	14.27±0.32
C16:1, %	0.14±0.00	0.12±0.01	0.08±0.00	-
C18:0, %	3.58±0.00	3.27±0.00	2.93±0.01	2.58±0.07
C18:1, %	39.64±0.06	33.98±0.00	27.93±0.10	21.72±0.57
C18:2, %	11.23±0.01	8.91±0.01	6.41±0.03	4.11±0.10
C18:3, %	0.23±0.00	0.17±0.00	0.11±0.00	0.06±0.00
C20:0, %	0.28±0.01	0.24±0.00	0.19±0.00	0.15±0.00
C20:1, %	0.14±0.00	0.12±0.00	0.10±0.00	0.09±0.00



## GERAKAN PEKERJA SEHAT DAN PRODUKTIF: STUDI MULTIDISIPLIN PADA PERUSAHAAN KELAPA SAWIT (STUDI KASUS DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT KABUPATEN TANAH LAUT PROVINSI KALIMANTAN SELATAN)


Vina Yulia Anhar, SKM., MPH. dan Tim Peneliti.

Kelapa sawit adalah salah satu komponen perekonomian yang penting di Indonesia. Salah satu provinsi dengan jumlah produksi kelapa sawit crude palm oil (CPO) terbanyak di Indonesia adalah Kalimantan Selatan. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas pekerja adalah dengan pengembangan kapasitas. Pengembangan kapasitas pekerja dapat dilakukan dengan membentuk kader pekerja sehat dan produktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran kader pekerja sehat dan produktif untuk meningkatkan Kesehatan pekerja kepala sawit. Metode penelitian ini menggunakan kuasi eksperimental dengan melakukan intervensi berupa kader pekerja sehat dan produktif yang telah dilatih dan memberikan edukasi kepada pekerja lainnya.

Kegiatan pelatihan kader pekerja sehat dan produktif dilakukan 2 periode di PT. Pola Kahuripan Inti Sawit. Kader merupakan perwakilan dari bagian kantor, kebun dan pabrik. Kader diberikan materi tentang aspek gizi, aspek Kesehatan dan keselamatan kerja, aspek kesehatan lingkungan, aspek kesehatan reproduksi dan peran kader pekerja sehat dan produktif.

Hasil evaluasi pre-post test pelatihan dengan menggunakan kuesioner diketahui bahwa, setelah dilakukan edukasi mengenai tugas pokok dan fungsi kader pekerja sehat dan produktif, maka pengetahuan dari para kader mengalami peningkatan, sehingga para kader ini akan siap menjalankan tugas dan fungsi sebagai kader pekerja. Terdapat perbedaan signifikan terkait aspek gizi, sikap tentang personal hygiene sebelum dan sesudah diberikan intervensi. Sementara itu tidak adanya perbedaan signifikan sebelum dan sesudah diberikan intervensi terkait pengetahuan kesehatan reproduksi wanita, pengetahuan kesehatan reproduksi pria, pengetahuan kesehatan ibu dan anak, sikap kesehatan ibu dan anak, fasilitas pelayanan kesehatan, dukungan suami, pengetahuan keselamatan dan kesehatan kerja, standar pelaksanaan pencegahan kecelakaan kerja, penggunaan APD, pengetahuan personal hygiene, dan perilaku personal hygiene.

Tindak lanjut kegiatan yaitu pengukuran tekanan darah, LILA, berat dan tinggi badan, serta kader melaksanakan tugasnya mengedukasi 30 orang pekerja. Terdapat perbedaan signifikan sebelum dan sesudah diberikan intervensi terkait pengetahuan kesehatan reproduksi wanita, pengetahuan kesehatan ibu dan anak, sikap kesehatan ibu dan anak, dukungan suami, pengetahuan K3, kepatuhan penggunaan APD, pengetahuan personal hygiene, sikap personal hygiene, dan perilaku personal hygiene. Tidak ada perbedaan signifikan sebelum dan sesudah pemberian intervensi terkait aktifitas fisik, pengetahuan Kesehatan reproduksi pria, fasilitas pelayanan kesehatan dan standar pelaksanaan K3. Hasil pengukuran kesehatan pekerja diketahui bahwa pekerja yang mengalami hipertensi lebih banyak pada pekerja laki-laki (58,3%) dibandingkan pekerja perempuan (41,7%). Perempuan yang berisiko KEK sebanyak 2 orang (13,3%) sedangkan sisanya sebanyak 13 orang (86,7%) pekerja dengan nilai LILA normal. Sementara itu sebagian besar pekerja berada pada kategori berat badan lebih yaitu 23 orang (76,7%). Berdasarkan hasil penilaian gizi dengan metode food recall kecukupan gizi makro dari asupan energi. Diketahui bahwa rerata asupan energi pada pekerja laki-laki tergolong cukup, sednagkan pekerja perempuan tergolong kurang. Hasil kegiatan ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi perusahaan/organisasi untuk mengetahui hak dan kapasitas dari pekerja sawit sehingga bisa meningkatkan -produktivitas, serta kesehatan para pekerja.




### GERAKAN PEKERJA SEHAT DAN PRODUKTIF: STUDI MULTIDISIPLIN PADA PERUSAHAAN KELAPA SAWIT

(Studi Kasus di Perkebunan Kelapa Sawit Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan)

#### TIM PENELITI

Vina Yulia Anhar, SKM, MPH  
Fakhriyah, S.SIT., MKM  
Dr. Meitria Syahadatina Noor, dr., M.Kes  
Muhammad Irwan Setiawan, S.Gz., M.Gz  
Agung Waskito, ST., MT  
Ihya Hazairin Noor, SKM, MPH



**BADAN PENGELOLA DANA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT KEMENTERIAN KEUANGAN**

#### PENDAHULUAN

Kelapa sawit adalah salah satu komponen perekonomian yang penting di Indonesia. Salah satu provinsi dengan jumlah produksi kelapa sawit crude palm oil (CPO) terbanyak di Indonesia adalah Kalimantan Selatan.

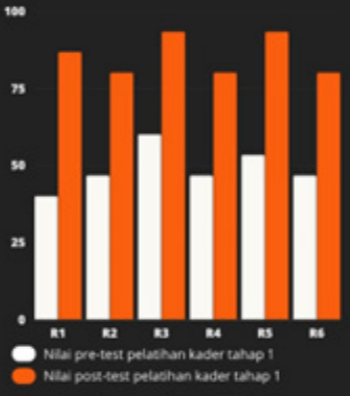
Adapun masalah kesehatan pada pekerja yang dapat mempengaruhi produktivitas. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas pekerja adalah dengan pengembangan kapasitas. Pengembangan kapasitas pekerja dapat dilakukan dengan membentuk kader pekerja sehat dan produktif.

#### TUJUAN

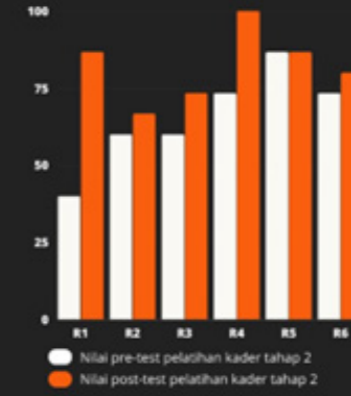
Penelitian multidisiplin ilmu kesehatan masyarakat dilakukan bertujuan untuk mengintervensi para pekerja sawit agar sehat dan produktif dengan pembentukan kader sebagai upaya meningkatkan produktivitas dan derajat kesehatan pekerja.

#### HASIL

Hasil **pelatihan kader tahap 1** yang menunjukkan peningkatan pengetahuan sebelum dan sesudah pemberian edukasi.



Hasil **pelatihan kader tahap 2** yang menunjukkan peningkatan pengetahuan sebelum dan sesudah pemberian edukasi.



#### METODE


Metode penelitian menggunakan kuasi eksperimental	Desain penelitian menggunakan pre-test dan post-test	Jumlah kader yang dilatih sebanyak 6 orang	Jumlah sasaran pekerja yang diintervensi adalah 30 orang	Instrumen menggunakan kuesioner	Analisis menggunakan Uji T atau Wilcoxon dengan taraf kepercayaan 95%
---	--	--	--	---------------------------------	---

Hasil penelitian **tahap 1** ada perbedaan yang signifikan sebelum dan sesudah diberikan intervensi pada pengetahuan kesehatan reproduksi wanita, pengetahuan, sikap KIA, dukungan suami, pengetahuan K3, kepatuhan penggunaan APD, pengetahuan, sikap, dan perilaku *personal hygiene*.


Hasil penelitian **tahap 2** ada perbedaan yang signifikan sebelum dan sesudah diberikan intervensi pada pengetahuan, sikap KIA, fasilitas pelayanan kesehatan, dukungan suami, aktivitas fisik, kepatuhan penggunaan APD, sikap, dan perilaku *personal hygiene*.

#### PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan **ada perbedaan** yang signifikan sebelum dan sesudah diberikan edukasi yang menunjukkan peningkatan pengetahuan kader sebanyak 100% pada tahap 1 dan sebanyak 83% pada tahap 2.



Gambar 1. Pelatihan kader tahap 1



Gambar 2. Pelatihan kader tahap 2

## PRODUKSI TELUR AYAM RAS FUNGSIONAL TINGGI ANTIOKSIDAN DAN RENDAH KOLESTEROL MELALUI PEMBERIAN LUMPUR SAWIT HASIL BIOKONVERSI KAPANG *NEUROSPORA sp.*

Asriani Hasanuddin dan Tim Peneliti.

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 4% 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). Oleh karena itu berbagai tahapan penelitian akan dilakukan yaitu: Penelitian pertama (tahun I yang dilaporkan ini) dilakukan proses biokonversi limbah cair lumpur sawit dengan menggunakan kapang *Neurospora sp.* pada berbagai konsentrasi untuk meningkatkan nilai nutrisi dari lumpur sawit tersebut serta akan dilakukan evaluasi nilai nutrisi lumpur sawit sebelum dan sesudah proses biokonversi. Pada tahapan ini akan digunakan 6 tingkat konsentrasi penggunaan inokulum *Neurospora sp.* yaitu: R0 (0%); R1 (2%); R2 (4%); R3 (6%); R4 (8%) dan R5 (10%) dari berat substrat dengan waktu inkubasi 72 jam. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan.

Peubah yang diamati adalah profil nutrisi (analisis proksimat), komponen bioaktif produk biokonversi, kadar beta karoten dan antioksidan produk biokonversi, profil asam amino dan profil asam lemak. Hasil proses biokonversi dari konsentrasi inokulum yang terbaik akan terpilih sebagai konsentrasi yang akan diaplikasikan pada ayam ras petelur pada penelitian tahun berikutnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *Neurospora sp.* pada media lumpur sawit (solid decanter) menunjukkan adanya perbaikan nilai nutrisi utamanya kadar protein meningkat sampai pada level pemberian 8%, sementara kadar air, kadar lemak, serat kasar dan kadar abu mengalami peningkatan atau penurunan secara tidak konsisten sampai pada level tersebut. Untuk parameter antioksidan, beta karoten, komponen bioaktif, profil asam amino dan asam lemak menunjukkan pola pengaruh yang sama pada kandungan nutrisi. Parameter yang diharapkan dalam penelitian tahun pertama ini yaitu: protein, antioksidan, beta karoten, asam amino esensial dan asam lemak tidak jenuh (omega-3, 6 dan 9) meningkat. Sementara senyawa lain seperti asam lemak jenuh dan kandungan serat kasar menurun.

Berdasarkan fakta dari hasil analisis yang diperoleh maka lumpur sawit (solid decanter) diharapkan dapat dimanfaatkan untuk ternak unggas dalam rangka memperbaiki kualitas produk (telur) sebagai sumber pakan fungsional. Selain itu pemanfaatan bahan pakan untuk proses produksi ternak unggas dan juga dapat mengatasi masalah kelimpahan produk samping pengolahan kelapa sawit yang cenderung mencemari lingkungan.

Kata kunci: *Neurospora sp.*, solid decanter, nutrisi, antioksidan, beta karoten.

## PERBAIKAN NILAI BIOLOGI LUMPUR SAWIT MELALUI BIOKONVERSI MENGGUNAKAN *Neurospora sp.*

### Pendahuluan

Limbah lumpur sawit merupakan hasil samping dari proses ekstraksi buah segar menjadi CPO, dimana setiap 1 ton kelapa sawit segar menghasilkan 40 kg lumpur sawit berupa limbah. Limbah akan berdampak pada lingkungan, sementara di sisi lain masih memiliki nilai biologi sebagai pakan. Namun di lain pihak lumpur sawit memiliki keterbatasan yaitu serat tinggi dan protein rendah, oleh sebab itu dibutuhkan upaya untuk meningkatkan nilai biologis melalui teknologi biokonversi.



### Materi dan Metode

Lumpur sawit yang digunakan berupa padatan decanter yang sudah dikeringkan. Lumpur sawit diperkaya menggunakan Urea (0.5%) dan penambahan dedak padi (2,5%) sebagai sumber energi dengan konsentrasi *Neurospora sp.* yang berlevel 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Masa inkubasi selama 72 jam. Parameter yang diamati meliputi: Beta karoten, Antioksidan, Asam amino esensial dan nonesensial, Asam lemak jenuh dan tidak jenuh (omega 3, 6 dan 9).



### Hasil dan Pembahasan

Pemberian *Neurospora sp.* nyata meningkatkan atau menurunkan semua parameter yang diamati dan tergantung pada penggunaan dosis *Neurospora sp.* Nilai tertinggi/terendah pada peubah yang diamati secara umum di peroleh pada perlakuan penggunaan kapang 8% (perlakuan P4).



Tabel 1: Kandungan Nutrien Lumpur Sawit Hasil Biokonversi

Parameter	Perlakuan konsentrasi kapang (%)					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Beta karoten (g/100g)	0.87a	1.34b	1.46d	1.54d	1.66e	1.48c
Antioksidan (ppm iC50)	133.02a	120.51b	11.72c	94.21d	75.14e	81.76f
Asam Amino Esensial (%)	6.41	6.48	6.76	7.09	7.44	7.25
Asam Amino Non Esensial (%)	5.84	4.99	5.26	5.48	5.66	5.56
Asam Lemak Jenuh (%)	2.65	2.06	2.25	1.67	1.80	2.46
Asam Lemak Tak Jenuh (%):						
Omega 3	0.64a	0.66a	0.85a	0.86a	0.75a	0.73a
Omega 6	12.18 c	13.94bc	13.10 a	16.77 a	17.40a	15.20ab
Omega 9	30.74 b	34.23 a	29.79 a	32.85 a	33.91 a	32.82a

Huruf yang berbeda pada garis yang sama menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0.05$ ). P0: tanpa *Neurospora sp.*; P1: *Neurospora sp.* 2,0%; P2: *Neurospora sp.* 4,0%; P3: *Neurospora sp.* 6,0%; P4: *Neurospora sp.* 8,0%; P5: *Neurospora sp.* 10,0%.

### Kesimpulan

Biokonversi lumpur sawit dengan *Neurospora sp.* memperbaiki nilai biologis lumpur sawit dan dosis yang terbaik adalah 8% *Neurospora sp.*

Ucapan Terima kasih, Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit atas Dukungan finansial Melalui Kerjasama Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNTAD nomor: PRJ-376/DPKS/2022 tanggal 21 September 2022.

Asriani Hasanuddin  
085240192033

Rusdi Salam  
085299215085

Minarny Gobel  
0811457664

Fatmawati  
085241075400





## SINTESIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS (MIPS) SEBAGAI ABSORBEN SELEKTIF UNTUK PEMISAHAN DAN PEMURNIAN ISOMER TOCOTRIENOL DARI CRUDE PALM OIL

Andreas, M.Si. dan Tim Peneliti.

Tocotrienol merupakan komponen vitamin E yang umumnya terkandung bersama tocopherol di dalam suatu bahan pangan berkadar lemak tinggi. Tocotrienol diketahui memiliki sifat fungsional yang lebih baik dibandingkan tocopherol sehingga memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dibanding isomer vitamin E lainnya. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu sumber tocotrienol, Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Namun pemanfaatan tocotrienol di Indonesia sebagai bahan baku sediaan farmasetikal masih sangat tergantung dengan pasokan impor. Hal ini diduga disebabkan oleh belum ditemukannya teknologi ekstraksi, pemisahan, dan purifikasi komponen tocotrienol yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu dalam penelitian ini kami akan mengembangkan suatu material absorbent selektif berbasis Molecularly Imprinted Polymer (MIPs) yang digunakan untuk memisahkan komponen tocotrienol dan memurnikannya berdasarkan jenis isomernya. Pada periode semester pertama telah dilakukan sintesis molecularly imprinted polymers (MIPs) dan non imprinted polymers (NIPs) menggunakan monomer fungsional Methacrylic acid (MAA) dan Acrylamide (AM) dengan metode free-radical polymerization. Kedua monomer tersebut dipilih karena stabilitasnya pada berbagai kondisi sampel, sedangkan metode free-radical polymerization dipilih karena metodenya mudah diaplikasikan. Selain monomer fungsional, diperlukan juga monomer pengikat (crosslinker) dan inisiator. Dalam kegiatan ini kami menggunakan etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) sebagai crosslinker dan azobisisobutyronitrile (AIBN) sebagai inisiator. Selain bahan penyusun polimer yang telah disebutkan, pada kegiatan ini kami menambahkan supra para magnetit berukuran nano sebanyak 1 g agar dihasilkan MIPs maupun NIPs dengan ukuran seragam dan memudahkan pemisahan MIPs maupun NIPs dari matriks sampel nantinya.

Berdasarkan hasil studi literatur dan percobaan di laboratorium diketahui bahwa rasio optimal monomer fungsional dan crosslinker adalah 4 mmol berbanding 10 mmol. Sedangkan untuk membuat MIPs, rasio optimal monomer fungsional, crosslinker dan molekul template alpha tocotrienol adalah 4 mmol berbanding 10 mmol berbanding 1 mmol. Selanjutnya, MIPs dan NIPs hasil sintesis menggunakan 2 jenis monomer fungsional tersebut dikarakterisasi sifat fisik dan kimianya melalui berbagai pengujian.

MIPs dan NIPs yang telah disintesis kemudian akan dikarakterisasi dengan Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) untuk observasi morfologi, Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) untuk identifikasi struktur kimia, Thermogravimetric Analysis (TGA) untuk uji stabilitas termal, Brunauer-Emmett-Teller (BET) untuk analisa luas permukaan, dan Particle Size Analyzer (PSA) untuk analisa distribusi ukuran partikel. MIP juga akan dievaluasi kapasitas adsorpsi, selektivitasnya terhadap tocotrienol, serta kemampuannya untuk dapat digunakan kembali (reusability). Pada periode semester pertama telah dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, FESEM dan FTIR terhadap MIPs dan NIPs hasil sintesis.

Kata Kunci : MIPs, tocotrienol, absorbent

**SINTESIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS (MIPs) SEBAGAI ABSORBEN SELEKTIF UNTUK PEMISAHAN DAN PURIFIKASI ISOMER TOCOTRIENOL DARI CRUDE PALM OIL**

Andreas, M.Si.  
Pusat Riset Kimia Maju  
Badan Riset dan Inovasi Nasional  
KST B.J. Habibie BRIN Gd. 452 - 456  
andr018@brin.go.id

**Latar Belakang**

Sumber tocotrienol

$\alpha$ -tocotrienol :  $R^1 = R^2 = R^3 = CH_3$   
 $\beta$ -tocotrienol :  $R^1 = R^2 = CH_3, R^3 = H$   
 $\delta$ -tocotrienol :  $R^1 = H, R^2 = H, R^3 = CH_3$   
 $\gamma$ -tocotrienol :  $R^1 = H, R^2 = R^3 = CH_3$

**Molecularly Imprinted Polymers (MIPs)**

**Hasil dan diskusi**

**Sifat magnet**

Sintesis  $Fe_3O_4$  metode kopresipitasi

Vibrasi  $Fe-O$

20 pada 30.0°, 33.6°, 40.3°, 57.2°, dan 62.5°  
Indikasi  $Fe_3O_4$

**Rasio sintesis MIP 1:4:10**

**MIP-MAA**

- Monomer : MAA
- Target : -
- Crosslinker : EGDMA
- Inisiator : AIBN

**MIP-AM**

- Monomer : AM
- Target : -
- Crosslinker : EGDMA
- Inisiator : AIBN

Target : Tocotrienol  
Crosslinker : EGDMA  
Inisiator : AIBN  
Monomer : Acrylamide

**Polimerisasi sintesis MIP dan pencucian**

**Leaching MIP**

**Evaporasi setelah Leaching**

**Hidrolisis CPO untuk ekstraksi tocotrienol**

**Absorpsi tocotrienol dengan MIP**

**Spherical-like particle MIP core shell  $Fe_3O_4$**


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

Asep Bayu dan Tim Peneliti.


Indonesia merupakan produsen utama minyak kelapa sawit (crude palm oil, CPO) di dunia. Pengolahan kelapa sawit menjadi CPO dan produk turunannya menghasilkan produk samping distilat asam lemak (palm fatty acid distillate, PFAD) yang jumlahnya setara dengan 4-6 %-berat dari CPO umpan. PFAD umum digunakan untuk produksi sabun, namun, kandungan vitamin E-nya (0,1-4,0%) yang kaya komponen tokotrienol (43%  $\gamma$ -tokotrienol, 24%  $\alpha$ -tokotrienol, 11%  $\delta$ -tokotrienol, 21%  $\alpha$ -tokoferol, 1%  $\alpha$ -tokoferol dan 1%  $\gamma$ -tokoferol) berpotensi menjadi sumber alami vitamin E kaya tokotrienol. Pemanfaatan PFAD untuk produksi vitamin E kaya tokotrienol dapat meningkatkan nilai tambah industri oleofood sesuai Peraturan Pemerintah No.14 Tahun 2015 karena tokotrienol alami memiliki aktivitas 2 kali lebih baik dibandingkan sintetiknya dalam menghambat sel kanker payudara SKBR3 dan MCF-7.

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. Pengurangan ukuran partikel emulsinya meningkatkan stabilitas dan aksesibilitas dalam membran sel. Ekstraksi vitamin E dari PFAD umumnya terdiri dari beberapa tahap dan memerlukan energi tinggi pada proses distilasi molekular. Kondisi tersebut berpengaruh signifikan terhadap perolehan, kemurnian dan biaya produksi vitamin E. 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  $\leq 100$  oC. Oleh karena itu, modifikasi sifat penghantaran dalam bentuk nanoemulsi dan pengembangan teknik ekstraksinya yang efisien menjadi hal utama untuk peningkatan nilai tambah PFAD menghasilkan produk vitamin E kaya tokotrienol.

Hasil pengujian karakteristik menunjukkan sampel PFAD sebagian besar mengandung asam lemak (~90%-w) dengan komponen utama palmitat (43%) dan oleat (38%). Pengujian analisa termogravimetri menunjukkan kadar airnya yang relatif kecil (0,16-0,17%) dimana PFAD berwujud pada suhu ruang dan cair saat dipanaskan pada suhu sekitar 60-65 oC. Stabilitas termalnya mulai terdegradasi pada suhu 125 oC dengan separuh komponen utamanya terdekomposisi pada suhu berkisar 250 oC. Kromatogram hasil uji kromatografi cair-spektrometri massa (LC-MS) menunjukkan  $\gamma$ -tokotrienol dan  $\alpha$ -tokotrienol sebagai komponen utama tokotrienol dalam PFAD. Ekstraksi dengan beberapa pelarut DES (Choline Chloride/Phenol 1:2, Choline chloride/asam asetat 1:2, Choline chloride/gliseryl 1:2) membentuk dua fasa yang perlu diperhatikan penggunaan panas untuk membantu menjaga PFAD dalam bentuk cair. Optimasi proses ekstraksi masih sedang dilakukan dengan skrining jenis pelarut eutektik yang sesuai dan rasio molaritas komponen pelarut DES serta kondisi operasi (suhu, pengadukan, waktu ekstraksi). Selain itu, uji pendahuluan terhadap Vitamin E kaya tokotrienol menunjukkan pembentukan emulsi yang stabil dengan minyak kanola. Pengukuran terhadap parameter nanoemulsi (potensial zeta, FEM, efisiensi enkapsulasi, laju pelepasan Vitamin E, stabilitas) dan optimasi formulasi sedang dilakukan untuk mendapatkan bentuk formula dengan karakteristik stabilitas yang baik, laju pelepasan terukur dari nanoemulsi tokotrienol yang terbentuk.



**BRIN**  
BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

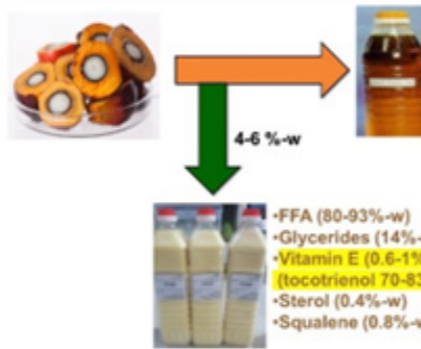


**BPDP-KS**  
Badan Pengelola Dana Perikanan  
Kementerian Kelautan dan Perikanan

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

**Asep Bayu, Siti Irma Rahmawati, 'Aliyatur Rosyidah, Peni Ahmadi, Masteria Yunovilsa Putra**  
Research Center for Vaccine and Drugs, National Research and Innovation Agency (BRIN)  
Jalan Raya Jakarta Bogor KM 46, Cibinong, Bogor, West Java  
E-mail: [asepbayu@yahoo.co.id](mailto:asepbayu@yahoo.co.id) / [asep044@brin.go.id](mailto:asep044@brin.go.id)

**PENDAHULUAN**



4-6 %-w

- FFA (80-93%-w)
- Glycerides (14%-w)
- Vitamin E (0.6-1%-w) (tocotrienol 70-83%)
- Sterol (0.4%-w)
- Squalene (0.8%-w)

**LATAR BELAKANG**

- Indonesia merupakan produsen utama minyak kelapa sawit (crude palm oil, CPO) dunia dan pengolahan sawitnya menghasilkan distilat asam lemak (palm fatty acid distillate, PFAD) cukup besar (4-6 %-berat).
- PFAD mengandung Vitamin E alami kaya tokotrienol (43%  $\gamma$ -, 24%  $\alpha$ -, 11%  $\delta$ -tokotrienol) yang memiliki aktivitas 2 kali lebih tinggi dibandingkan Vitamin E sintetik dalam melawan sel kanker payudara.
- Vitamin E memiliki keterbatasan bioavailabilitas dan bioaksesibilitas dalam tubuh sehingga berpengaruh pada efikasi aktivitas biologis yang diharapkan.
- Ekstraksi tokoferol dari model asam lemak dengan sistem dua fasa menggunakan pelarut eutektik (DES) dapat memisahkan secara selektif tokoferol dari model asam lemak ( $\eta = 80-95\%$ ) pada suhu  $\leq 100$  °C.

**TUJUAN**

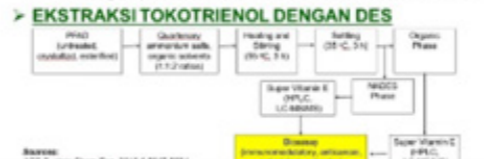
- Meningkatkan sistem penghantaran dalam bentuk formula enkapsulasi berbasis air dengan pengurangan ukuran partikel (nanoemulsi) yang diharapkan meningkatkan stabilitas, aksesibilitas dalam membran sel dan mendapatkan efikasi bioaktivitasnya yang optimal.
- Mendapatkan teknik ekstraksi sistem dua fasa menggunakan pelarut eutektik untuk memisahkan tokotrienol dari PFAD dengan efisiensi pemisahan di atas 50%.

**METODOLOGI PENELITIAN**

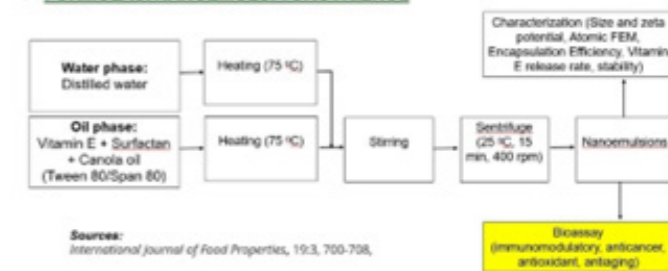
**KARAKTERISASI PFAD**

- 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)

**EKSTRAKSI TOKOTRIENOL DENGAN DES**



**FORMULASI NANOEMULSI TOKOTRIENOL**



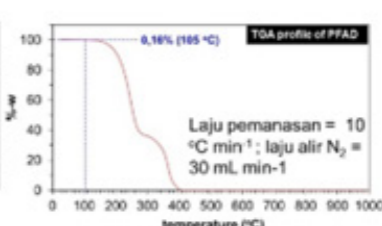
Characterization (Size and zeta potential, Atomic FEM, Encapsulation Efficiency, Vitamin E release rate, stability)

Bioassay (Immunomodulatory, anticancer, antioxidant, antiaging)

**CAPAIAN HASIL**

**KARAKTERISTIK PFAD**


Parameter	Unit	Results
Penampakan fisik		semisolid, warna krem
Kadar air	%-w	0,16-0,17
Kadar asam lemak bebas	%	89,61
Bilangan peroksida	meq/kg	5,634
Bilangan penyabunan	mgKOH/g	207,160



Laju pemanasan = 10 °C min<sup>-1</sup>; laju alir N<sub>2</sub> = 30 mL min<sup>-1</sup>


**KOMPOSISI ASAM LEMAK MAJOR**

Asam Lemak	Unit	Results
Miristat	%	1
Palmitat	%	43
Stearat	%	5
Oleat	%	38
Linoleat	%	6



A HP-5MS5 phenyl methyl siloxane with (30 m, i.d 250  $\mu$ m, film thickness 0.25  $\mu$ m; T oven 150 °C (2 min) dan drakikan ke 220 °C (4 °C/min); He (0.8 mL/min); T injector and detector temperature 240 dan 270 °C; EI ion source mode at 70 eV with scan range of 50-550 m/z.

**EKSTRAKSI TOKOTRIENOL DARI PFAD**



PFAD + DES → Ekstraksi Tokotrienol → +HPLC +GC-MS

**NANOEMULSI VITAMIN E KAYA TOKOTRIENOL**

Formula	Ingredients
A nanoemulsi F1	Tween 80
B Nanoemulsi F2	Minyak Kanola
C MiliQ Water	Vitamin E (tocotrienol)

F1 = 14.000 rpm  
F2 = 14.000 rpm + ultrasonic (20 kHz) 1 jam

**PENGEMBANGAN SDM SAWIT**

- Dian Maria Uifa (Mahasiswa S3 Farmasi – Univ. Indonesia)
- Dewi Rahmawati (Mahasiswa S3 Farmasi, Univ. Pancasila)

Badan Riset dan Inovasi Nasional National Research and Innovation Agency

Pusat Riset Vaccine and Drugs Research Center for Vaccine and Drugs

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

Indra Saptiama, M.Sc. dan Tim Peneliti.

Aerosol karbon bertanda Technetium-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) memegang peranan penting dalam pencitraan ventilasi paru untuk penegakkan diagnosis emboli paru dan penyakit paru-paru lainnya. Aerosol ini biasanya diproduksi dari generator aerosol  $^{99m}\text{Tc}$  yang tersedia secara komersial dan banyak digunakan seluruh dunia. Penggunaan limbah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sebagai bahan baku nanopartikel karbon untuk produksi aerosol bertanda  $^{99m}\text{Tc}$  diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi produk ini serta mengurangi ketergantungan kedokteran nuklir di Indonesia terhadap produk dari luar negeri.

Nanopartikel karbon dipersiapkan dengan menggunakan karbon sawit komersial yang digerus secara konvensional dan diayak dengan batas ukuran 150  $\mu\text{m}$ . Selanjutnya, dilakukan proses hidrotermal pada suhu 200°C selama 2 jam dan pengeringan. Proses hidrotermal terbukti meningkatkan ukuran, volume, dan surface area karbon, namun tidak mempengaruhi struktur kristalnya.

Penandaan partikel karbon sawit dengan  $^{99m}\text{Tc}$  dioptimasi pada berbagai parameter seperti konsentrasi reduktor ( $\text{SnCl}_2$ ), jumlah karbon, waktu inkubasi, dan pH. Hasil penandaan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi  $\text{SnCl}_2$  dan konsentrasi optimalnya adalah 0,12 M. Hasil penandaan juga meningkat seiring meningkatnya jumlah karbon hingga 70 mg, sedangkan waktu inkubasi optimal untuk penandaan adalah 60 menit. Peningkatan pH terbukti menurunkan hasil penandaan, namun pH 5 dipilih karena sesuai dengan aplikasi medis.

Untuk tujuan karakterisasi, karbon ditandai dengan Rhenium (Re) yang memiliki sifat mirip dengan Tc. Proses hidrotermal, milling dan penandaan menghasilkan serbuk treated-oil palm shell charcoal (t-OPSC) bertanda Re dengan densitas 0.631 g/cm<sup>3</sup>. Densitas serbuk t-OPSC powder mirip dengan serbuk laktosa untuk inhalasi, akan tetapi kadar lembab yang tinggi (13.42%) menurunkan daya alir dari serbuk ini. Kadar lembab yang tinggi juga menyebabkan penempelan antar partikel sehingga menurunkan daya alir.

Serbuk t-OPSC bertanda Re juga memiliki ukuran geometris yang besar (88.4  $\mu\text{m}$ ) dan kurang sesuai untuk serbuk inhalasi. Akan tetapi, ukuran partikel geometris tidak selalu menggambarkan deposisi serbuk di dalam paru karena deposisi ini lebih ini ditentukan oleh ukuran aerodinamis partikel. Oleh karena itu serbuk t-OPSC bertanda Re dikarakterisasi menggunakan cascade impactor 8 tingkat. Karakteristik aerodinamis serbuk t-OPSC bertanda Re diwakili oleh emitted fraction (EF), fines particle fraction (FPF), dan median mass aerodynamic diameter (MMAD). Seperti yang terlihat pada tabel 3, 227.99  $\pm$  0.71% serbuk berhasil melewati cascade impactor dan 28.34  $\pm$  0.61% serbuk memiliki ukuran aerodinamis kurang dari 5  $\mu\text{m}$  yang diperkirakan dapat masuk ke bagian dalam paru. MMAD dari serbuk t-OPSC bertanda Re lebih dari 5  $\mu\text{m}$  sehingga diperkirakan sebagian besar serbuk akan terdeposisi di bagian atas paru (bronchus atau bronchioles). Untuk meningkatkan performa aerosol dari serbuk t-OPSC bertanda Re, penambahan pembawa aerosol, seperti serbuk kering mannitol, dapat menjadi dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

## Preliminary study for $^{99m}\text{Tc}$ radiolabeling of oil palm shell charcoal as a potential lung ventilation scintigraphy agent

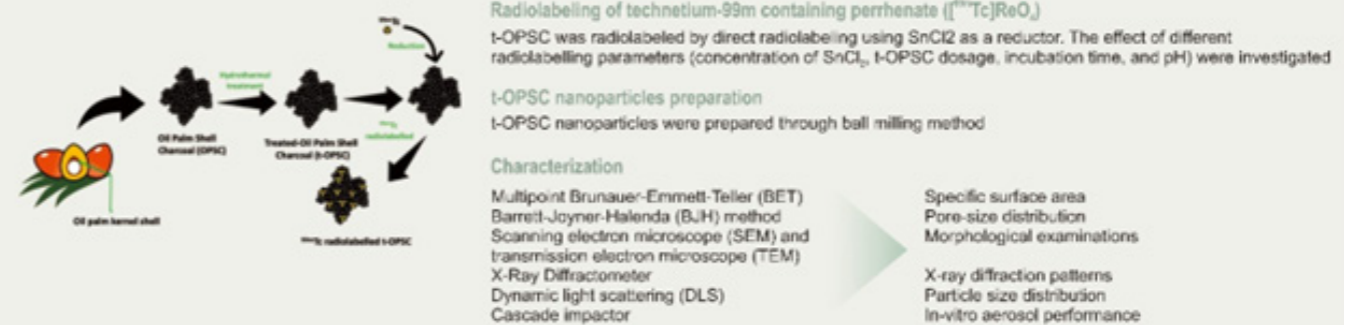
Indra Saptiama<sup>1</sup>, Miftakul Munir<sup>1</sup>, Kurnia Sari Setio Putri<sup>2</sup>, Marlina<sup>1</sup>, Nuha Fairusya<sup>1</sup>, Moch Subechi<sup>1</sup>

1. Research Center for Radioisotope Radiopharmaceutical and Biobiochemistry Technology, Research Organization for Nuclear Energy, National Research and Innovation Agency (BRIN)  
2. Faculty of Pharmacy, University of Indonesia

### 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 ( $^{99m}\text{Tc}$ ) nanoparticles is required. The preparation of novel  $^{99m}\text{Tc}$  nanoparticles from palm kernel shell waste will be advantageous and increasing the economic value of such a waste.

### Methods



### Results

Fig. 1  $^{99m}\text{Tc}$  Radiolabeling of t-OPSC in different conditions:  
-  $\text{SnCl}_2$  concentration;  
- t-OPSC dosage;  
- incubation time;  
- pH

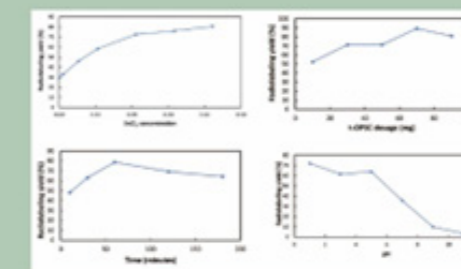


Fig. 2 The micrographs of t-OPSC:  
a) SEM;  
b) EDX mapping of C, Re, and O;  
c) EDX mapping of Re, C, and O are represented by red, green, and blue, respectively

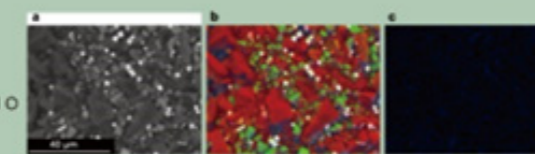
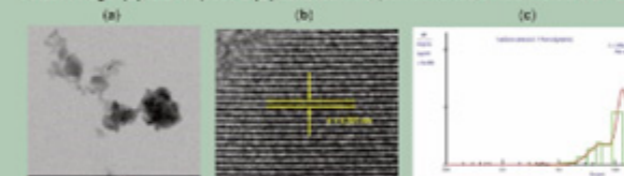


Fig. 3 TEM image (a), EDX spectra (b), and aerosol performance of the milled t-OPSC labeled with Re (c)



### Conclusion

- Hydrothermal t-OPSC showed an increased  $^{99m}\text{Tc}$  radiolabeled yield due to the enhancement in its textural properties
- The radiolabeling optimization resulted in the optimal adsorption capacity of t-OPSC.
- t-OPSC amount required for lung scintigraphy might result in a toxicity effect; therefore, carbon activation should be improved to increase the  $^{99m}\text{Tc}$  radiolabeling yield and reduce the carbon dosage.
- The oil palm shell charcoal in an inhalable size range was prepared through a high-energy milling method; however, the  $^{99m}\text{Tc}$  radiolabeling process of such charcoal resulted in particle aggregation and aerodynamic size more than the inhalable powder range.
- Therefore, further development is required to enhance the aerosol performance, such as aerosol production from suspension through a dry aerosol generator.



**06**

---



**PENANGANAN  
LIMBAH  
LINGKUNGAN**

---

## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DETEKSI CEPAT KUALITAS AIR LIMBAH PABRIK PENGOLAHAN SAWIT BERBASIS IOT UNTUK Mendukung SUSTAINABILITY

Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. dan Tim Peneliti

Air limbah pabrik hasil pengolahan kelapa sawit atau Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan limbah dengan kuantitas yang paling besar. Setiap ton tandan buah segar yang diolah, dapat menghasilkan POME pada kisaran 0,6-0,8 m<sup>3</sup>. POME bersifat asam, berwarna kecokelatan, memiliki nilai COD yang sangat tinggi dan berpotensi buruk pada lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik. Selain itu, POME menjadi sumber emisi gas rumah kaca hingga 80%. Pengelolaan POME yang baik perlu didukung oleh kegiatan pemantauan kualitas secara rutin. Pengukuran dan analisis air limbah POME yang ada saat ini, memerlukan waktu yang lama untuk mengetahui hasilnya. Sifat-sifat kelistrikan air limbah POME akan dipengaruhi oleh karakteristik air limbah tersebut. Oleh karena itu, salah satu alternatif untuk memperoleh pengukuran yang cepat adalah menggunakan rancang bangun alat ukur yang mampu mengkonversi karakteristik air limbah POME menjadi parameter lain yang dapat diukur dengan cepat seperti konduktivitas listrik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi pengukuran dan real-time monitoring kualitas POME yang mampu mendeteksi secara cepat dan akurat. Output dari penelitian ini adalah teknologi dan perangkat (alat) pengukuran kualitas air limbah POME secara cepat, real-time, dan remote. Penggunaan mikrokontroler pada pengukuran, akuisisi, dan pengiriman data pengukuran melalui sistem Internet of Things (IoT) dapat mempermudah aksesibilitas, kecepatan pengolahan informasi, kestabilan yang tinggi, dan ketangguhan penggunaan alat pada berbagai kondisi. Perancangan modul mikrokontroler yang terintegrasi dengan multi sensor, dan sistem IoT dapat mempermudah penerimaan data di berbagai lokasi.

Tahapan awal pembuatan alat deteksi cepat kualitas air limbah pabrik pengolahan sawit yaitu perakitan alat untuk mendukung sistem pendeteksi nilai kelistrikan limbah secara berkesinambungan. Hasil rancang bangun alat meliputi fisik motherboard sistem, mikrokontroler, sensor suhu limbah, sensor pH, sensor amonia, sensor turbidity, modul amplifier dan sistem pengisian energi. Tahapan selanjutnya dilakukan kalibrasi dan validasi alat. Proses kalibrasi dan dilanjutkan dengan validasi sensor suhu, EC, pH, turbidity, Dissolved Oxygen (DO) telah menunjukkan hasil stabil dengan nilai R<sup>2</sup> berkisar pada ± 0,9. Pengembangan model matematika untuk memprediksi nilai Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), minyak/lemak, dan amonia telah berhasil dikembangkan. Data yang digunakan untuk memprediksi nilai parameter kualitas limbah tersebut meliputi pH, EC, suhu, DO, dan turbidity. Model jaringan syaraf ini telah diintegrasikan ke dalam mikrokontroler, sehingga hasil rancangan bangun alat ukur cepat kualitas limbah dapat diuji dan diimplementasikan di lapangan. Teknologi IoT untuk alat ukur cepat sistem telah disematkan, sehingga data kualitas limbah dapat diamati secara real time melalui perangkat handphone atau laptop.

Limbah pabrik pengolahan kelapa sawit selanjutnya dilakukan pengujian dengan alat ukur cepat kualitas limbah. Selain itu, kualitas air limbah juga dilakukan pengujian Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung. Validasi lapang dilakukan dengan membandingkan hasil uji alat ukur cepat dan hasil uji laboratorium BSPJI. Validasi parameter BOD menunjukkan koefisien determinasi R<sup>2</sup>=0,9948 dengan persamaan y=1,14x. Validasi parameter COD menunjukkan koefisien determinasi R<sup>2</sup>=0,9737 dengan persamaan y=1,0378x. Validasi parameter TSS menunjukkan koefisien determinasi R<sup>2</sup>=0,9685 dengan persamaan y=0,8178x. Validasi parameter amonia menunjukkan koefisien determinasi R<sup>2</sup>=0,989 dengan persamaan y=1,0298x. Validasi parameter minyak menunjukkan koefisien determinasi R<sup>2</sup>=0,9939 dengan persamaan y=1,0191x. Hasil validasi lapang menunjukkan keakuratan alat deteksi cepat kualitas limbah sebesar 76%.

**1 Latar Belakang**  
Air limbah pabrik pengolahan kelapa sawit atau POME (Palm Oil Mill Effluent) merupakan limbah dengan kuantitas paling besar. POME bersifat asam, berwarna kecokelatan, memiliki nilai COD pada industri pengolahan kelapa sawit yang sangat tinggi dan berpotensi buruk pada lingkungan. Pengelolaan POME yang baik perlu didukung oleh pemantauan kualitasnya secara rutin. Pengukuran dan analisis air limbah POME yang ada saat ini memerlukan waktu yang lama untuk mengetahui hasilnya. Sifat-sifat kelistrikan air limbah POME akan dipengaruhi oleh karakteristik air limbah itu sendiri. Oleh karena itu, salah satu alternatif untuk memperoleh pengukuran yang cepat adalah menggunakan perangkat yang mampu mengkonversi karakteristik air limbah POME menjadi parameter lain yang dapat diukur dengan cepat seperti konduktivitas listrik.

**2 Tujuan**  
Mengembangkan teknologi pengukuran dan real-time monitoring kualitas POME yang mampu mendeteksi secara cepat dan akurat.

**3 Rumusan Masalah**  
Bagaimana mengkonversi parameter kualitas air limbah POME menjadi parameter kelistrikan sehingga dapat diukur dengan metode elektrokimia.

**4 Output**  
Teknologi dan perangkat (alat) pengukuran kualitas air limbah POME secara cepat, real-time, dan remote.

**5 Metode**  
Sistem Mekanisme Kerja Alat Ukur

**6 Hasil Penelitian Tahun 2**  
Pengembangan Model Matematika

TSS	: Logsig-Logsig-Logsig	(R <sup>2</sup> = 0,9679)
BOD	: Logsig-Logsig-Logsig	(R <sup>2</sup> = 0,9999)
COD	: Logsig-Tansig-Tansig	(R <sup>2</sup> = 0,9954)
Amonia	: Logsig-Tansig-Logsig	(R <sup>2</sup> = 0,9565)
Minyak	: Logsig-Logsig-Tansig	(R <sup>2</sup> = 0,9964)

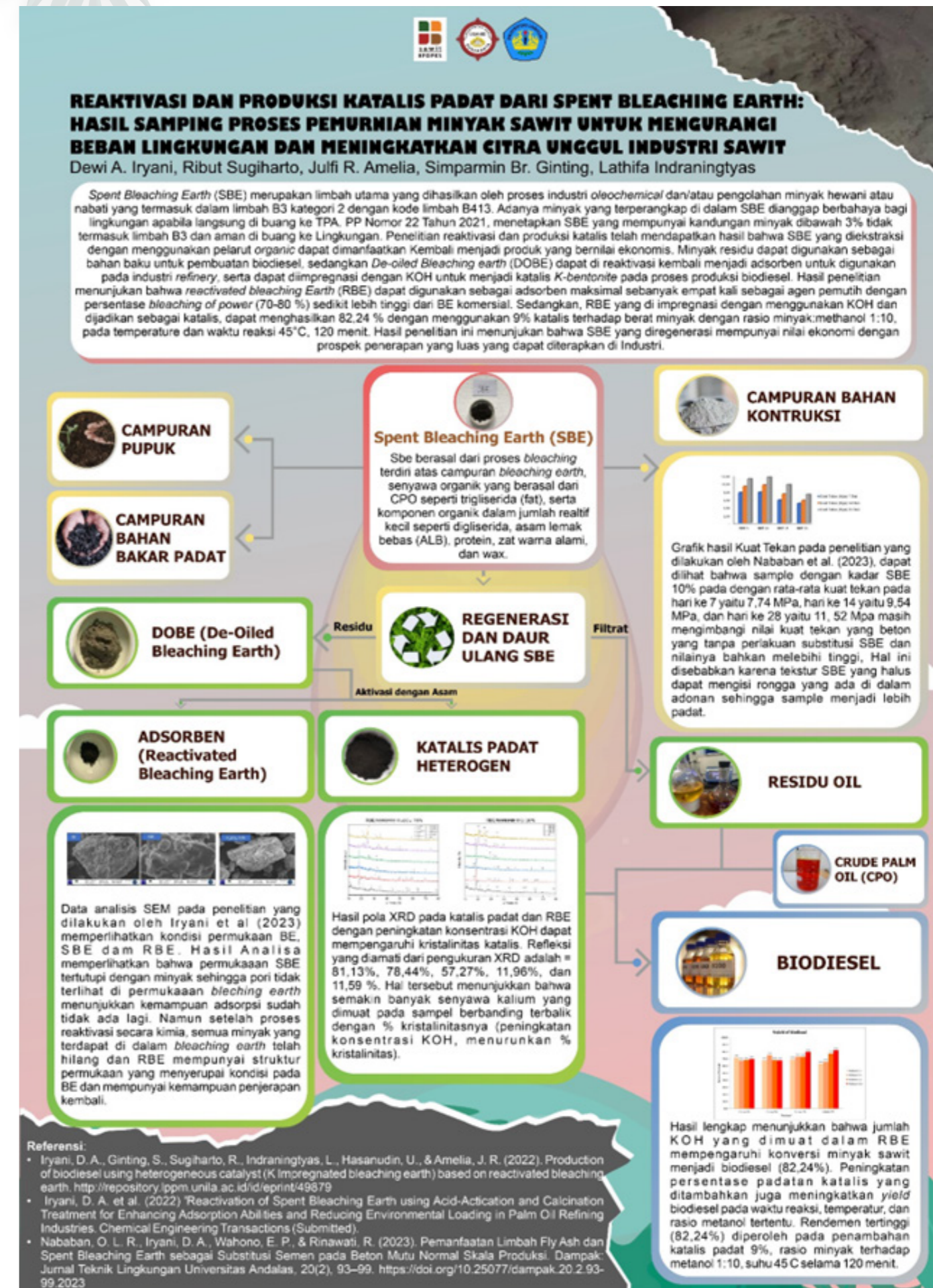
Tim Peneliti:  
Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. (Peneliti Pembimbing)  
Diponegoro (sugeng@bpop-ks.com)  
Dr. Hani Nurrahman, S.T., M.Sc. (Peneliti Pembimbing)  
Diponegoro (hani@bpop-ks.com)  
Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P. (Peneliti Pembimbing)  
Diponegoro (agus@bpop-ks.com)  
Fahri Fauzan Rizki, S.T., M.Sc. (Peneliti Pembimbing)  
Diponegoro (fahri@bpop-ks.com)

Kerjasama:  
Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPS) Kementerian Keuangan  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung

## REAKTIVASI DAN PRODUKSI KATALIS PADAT DARI SPENT BLEACHING EARTH (SBE), HASIL SAMPING PROSES PEMURNIAN MINYAK SAWIT, UNTUK MENGURANGI BEBAN LINGKUNGAN DAN MENINGKATKAN CITRA UNGGUL INDUSTRI SAWIT

Dewi A. Iryani dan Tim Peneliti.

Spent Bleaching Earth (SBE) merupakan limbah utama yang dihasilkan oleh proses industri oleochemical dan/atau pengolahan minyak hewani atau nabati yang termasuk dalam limbah B3 kategori 2 dengan kode limbah B413. Adanya minyak yang terperangkap di dalam SBE dianggap berbahaya bagi lingkungan apabila langsung di buang ke TPA. PP Nomor 22 Tahun 2021, menetapkan SBE yang mempunyai kandungan minyak dibawah 3% tidak termasuk limbah B3 dan aman di buang ke Lingkungan. Penelitian reaktivasi dan produksi katalis telah mendapatkan hasil bahwa SBE yang diekstraksi dengan menggunakan pelarut organik dapat dimanfaatkan Kembali menjadi produk yang bernilai ekonomis. Minyak residu dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel, sedangkan De-oiled Bleaching earth (DOBE) dapat di reaktivasi kembali menjadi adsorben untuk digunakan pada industri refinery, serta dapat diimpregnasi dengan KOH untuk menjadi katalis K-bentonite pada proses produksi biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reactivated bleaching Earth (RBE) dapat digunakan sebagai adsorben maksimal sebanyak empat kali sebagai agen pemutih dengan persentase bleaching of power (70-80 %) sebesar lebih tinggi dari BE komersial. Sedangkan, RBE yang di impregnasi dengan menggunakan KOH dan dijadikan sebagai katalis, dapat menghasilkan 82,24 % dengan menggunakan 9% katalis terhadap berat minyak dengan rasio minyak:methanol 1:10, pada temperature dan waktu reaksi 45°C, 120 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa SBE yang diregenerasi mempunyai nilai ekonomi dengan prospek penerapan yang luas yang dapat diterapkan di Industri.



## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BIO-FISIKA-KIMIA DEOILISASI SPENT BLEACHING EARTH DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MATERIAL PENJERAP LOGAM BERAT DAN RESIDU PESTISIDA DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Haryo Tejo Prakoso, M.Agr.Env. dan Tim Peneliti.

Hasil samping industri pemurnian minyak sawit berupa spent bleaching earth (SBE) semakin meningkat dari tahun ke tahun, seiring dengan meningkatnya produksi minyak olahan sawit menjadi minyak pangan. Dengan diterbitkannya Peraturan Pemerintah RI nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Lampiran XIV, SBE sudah digolongkan ke dalam limbah non-B3 jika kandungan minyaknya lebih kecil atau sama dengan 3%. Metode yang lazim digunakan untuk menurunkan kadar minyak pada SBE adalah menggunakan Soxhlet dengan pelarut heksan di mana proses ini memerlukan heksan dalam jumlah yang banyak dan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam prosesnya. Selain itu, penggunaan heksan dalam jumlah banyak dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan karena sifatnya yang beracun. Melalui Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), diusulkan teknologi deoilisasi SBE melalui metode fisika, kimia, dan biologi untuk menurunkan kadar minyaknya hingga 3% yang relatif aman bagi lingkungan dan murah secara tekno-ekonomi. Setelah itu, material deoiled SBE yang diperoleh akan diujicobakan untuk menyerap logam berat dan residu pestisida sebagai pembenah tanah organik.

Percobaan penurunan kadar minyak menggunakan berbagai metode biologi, fisika, dan kimia sudah dilakukan, di antaranya adalah menggunakan bakteri lipolitik, asam lemah dan pemanasan, larutan natrium karbonat dan air garam, surfaktan, dan teknik maserasi menggunakan berbagai macam pelarut, di antaranya adalah aseton dengan kadar 70% dan 80%, aseton teknis, WS-90, dan heksan (p.a). Perlakuan secara biologi yang menggunakan bakteri lipolitik dapat menurunkan kadar minyak SBE menjadi sekitar 17% dari 20% dalam 3 minggu. Kombinasi pemberian asam asetat dilanjutkan dengan pemanasan dan penggunaan larutan 3% natrium karbonat dan 3% garam hanya mampu menurunkan kadar minyak dari 20% menjadi 15,7% dan 13,4%, secara berurutan. Penggunaan surfaktan SDS dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 100° C dapat menurunkan kadar minyak hingga sebesar 4% dari 20%. Teknik maserasi menggunakan aseton 70% dan 80%, aseton teknis, WS-90, dan heksan (p.a) menghasilkan kadar minyak masing-masing secara berurutan adalah 16,81%, 3,55%, 2,82%, 16,98%, dan 3,75%. Perlakuan yang memenuhi persyaratan mutu sesuai UU adalah teknik maserasi dengan aseton teknis sebagai pelarutnya. Minyak yang terekstrak oleh aseton kemudian dipisahkan dari solven-nya menggunakan teknik rotary evaporator dan menghasilkan residual oil (R-oil). R-oil tersebut kemudian diubah menjadi biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang dibantu oleh microwave. Akan tetapi, kadar FAME yang didapatkan (92.974%) belum dapat memenuhi persyaratan mutu biodiesel SNI 7182:2015 yaitu minimal 96,5%.

dSBE kemudian dimanfaatkan sebagai penyerap logam berat dan pestisida. Logam berat yang diujicobakan adalah logam berat Pb, Cd, dan As sedangkan pestisida yang diujicobakan adalah glifosat dan paraquat dengan dosis menggunakan nilai batas kritis di tanah untuk masing-masing parameter dikalikan dua. Konsentrasi dSBE yang dicampurkan ke tanah adalah 5%, 10%, dan 15% dengan total volume campuran adalah 1 kg. Tanah tanpa campuran dSBE digunakan sebagai kontrol. Larutan yang berisi konsentrasi uji kemudian disiramkan ke campuran tanah-dSBE. Larutan yang mengalir dari dasar pot yang dilubangi kemudian dianalisis kandungan logam berat dan pestisidanya. Efektivitas penyerapan logam berat dan pestisida dari perlakuan lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol. Secara umum, dosis terbaik dalam menyerap logam berat dan pestisida adalah dSBE 10%. Hal ini terjadi karena efektivitas massa adsorben yang meningkat atau berlebihan dapat berdampak pada efisiensi adsorpsi sehingga menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi.

### PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BIO-FISIKA-KIMIA DEOILISASI SPENT BLEACHING EARTH DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MATERIAL PENJERAP LOGAM BERAT DAN RESIDU PESTISIDA DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Haryo Tejo Prakoso | Firda Dimawamita | Donny Nugroho Kalbuadi | Laksmi Prima Santi | Hasrul Abdi Hasibuan | Zulfri Prima Sani Nasution | Asep Nugraha Ardiwinata

Nomor Kontrak: PRJ-39/DPKS/2021

#### 1. Motivasi

Produk samping industri penyulingan minyak sawit berupa Spent Bleaching Earth (SBE) semakin meningkat dari tahun ke tahun, seiring dengan meningkatnya produksi olahan minyak sawit menjadi minyak pangan.

Dengan terbitnya Peraturan Pemerintah RI nomor 22 Tahun 2021 pada Lampiran XIV, SBE sudah tergolong limbah non B3 apabila kandungan minyaknya kurang dari atau sama dengan 3%.

Cara yang umum digunakan untuk menurunkan kandungan minyak pada SBE adalah dengan menggunakan Soxhlet dengan pelarut heksana. Namun, dalam banyak kasus, proses heksana gagal memenuhi peraturan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan upaya untuk menurunkan kandungan minyak SBE hingga di bawah 3% dengan menggunakan aseton sebagai pelarut pada berbagai rasio sampel terhadap pelarut dan suhu dan mencoba memanfaatkan residual oil sebagai biodiesel dan de-oiled SBE (dSBE) sebagai penyerap logam berat dan pestisida.

#### 4. Kesimpulan

- Perlakuan terbaik untuk proses deoilisasi SBE adalah maserasi menggunakan aseton pada rasio solven 1:4 di suhu kamar pengadukan 250 rpm.
- Residual oil yang diproses melalui esterifikasi dan transesterifikasi dengan bantuan microwave dapat menjadi biodiesel. Akan tetapi, kadar FAME yang didapat belum memenuhi persyaratan mutu biodiesel SNI 7182:2015.
- dSBE dapat secara efektif menyerap logam berat (Pb, Cd, As) dan pestisida (glifosat dan paraquat) di tanah.

#### 2. Pendekatan Kami

Gambar 1. Diagram flow chart proses de-oilisasi SBE

#### 3. Hasil

##### Kadar Minyak dSBE

Gambar 2. Kandungan minyak dSBE setelah diolah menggunakan aseton dengan perbandingan sampel dan pelarut 1:2, 1:4, dan 1:6 pada suhu kamar, 40°C, dan 50°C. Data minyak pada kadar minyak 3% merupakan ambang batas menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 Tahun 2021.

##### Persentase Penyerapan SBE

Gambar 4. Persentase penyerapan logam berat (Pb, Cd, dan As) dan pestisida (glifosat dan paraquat) oleh campuran tanah dan dSBE pada tiga konsentrasi (5%, 10%, dan 15%) tanah tanpa campuran dSBE digunakan sebagai kontrol.

##### KADAR MINYAK

Gambar 3. Kandungan minyak dSBE dan proses deoilisasi metode maserasi menggunakan berbagai pelarut dengan perbandingan rasio solven 1:4 pada suhu kamar pengadukan 250 rpm.

##### Karakteristik residual oil yang sudah diproses melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan teknik microwave-assisted

No	Karakteristik	SNI 7182:2015	Hasil Uji	Metode Uji
1	Berat Jenis pada suhu 40° C	850-890 kg/m <sup>3</sup>	867.4 kg/m <sup>3</sup>	ASTM D 4052-18a
2	Viskositas kinematika pada suhu 40° C	2.3 – 6 mm <sup>2</sup> /s	5.89 mm <sup>2</sup> /s	ASTM D 445-21
3	Kandungan air	Maksimal 350 ppm	2500 ppm	ASTM D 1504-20
4	Kadar FAME	Minimal 96.5%	92.974%	ASTM D 7371

dSBE sebelum proses deoilisasi (kadar minyak 24%)

dSBE sesudah proses deoilisasi (kadar minyak 2,8%)

Contact person: Haryo Tejo Prakoso, S.Si., M.Agr.Env  
E-mail: haryotejoprakoso@gmail.com

## PEMANFAATAN GLYCERINE PITCH LIMBAH INDUSTRI OLEOKIMIA MENJADI PRODUK BERNILAI JUAL TINGGI

Dr. Eng. Ir. Jenny Rizkiana, IPP dan Tim Peneliti

Glycerine pitch merupakan limbah hasil proses pemurnian gliserol sebagai produk samping dalam proses transesterifikasi dan hidrolisis di pabrik oleokimia. Glycerine pitch dikategorikan sebagai limbah B3 sehingga produsen harus mengeluarkan biaya lebih untuk mengolah limbah tersebut. Dengan biaya pengolahan yang tinggi yaitu 400 USD per ton maka produsen harus mengolah limbah ini menjadi produk yang lebih bermanfaat sehingga dapat mengurangi biaya atau bahkan dapat memberikan tambahan pendapatan. Penelitian ini digunakan untuk menentukan cara alternatif dalam penanganan glycerine pitch sebagai limbah B3 yang dihasilkan oleh pabrik olekimia. Terdapat dua cara alternatif yang dilakukan dalam penelitian ini. Pendekatan pertama adalah untuk merumuskan metode serta rasio pencampuran glycerine pitch dengan bitumen untuk menghasilkan bahan perekat aspal yang sesuai dengan standar untuk bahan perekat aspal tipe warm mix. Untuk mencapai hal tersebut, bahan perekat aspal yang sudah dibuat akan diukur dengan metode uji penetrasi (SNI 2456-2011), uji titik lembek (SNI 2434-2011) dan uji viskositas kemudian menguji bahan perekat yang telah dihasilkan sebelumnya dengan metode marshall. Pendekatan yang kedua adalah dengan memanfaatkan komponen berharga dalam glycerine pitch atau mengolah kembali glycerine pitch agar menjadi produk bernilai jual. Proses yang dilakukan adalah ekstraksi glycerine pitch dengan menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan akan beragam dari bersifat polar hingga non-polar sehingga dapat diketahui jenis pelarut mana yang lebih baik. Prosedur ini juga akan memformulasikan prosedur yang optimal seperti waktu ekstraksi, kecepatan pengadukan, dan rasio pelarut terhadap sampel. Usai diekstraksi, sampel organik yang terkumpul akan dianalisa dengan menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) untuk menentukan komposisi komponen organiknya.

Penelitian tahun pertama menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan. Untuk pendekatan pertama pada penggunaan Glycerine pitch sebagai bahan perekat aspal, Glycerine pitch bisa menggantikan aspal bitumen fosil hingga 10 – 20% dengan tetap mempertahankan sifat-sifat fisik sesuai dengan standar yang ditetapkan. Namun demikian, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk memastikan bahwa sifat-sifat fisik yang didapat itu dapat bertahan dalam jangka panjang dan dalam kondisi yang ekstrem sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

Untuk pendekatan kedua, hasil penelitian menunjukkan bahwa proses ekstraksi mampu menjumpat bahan berharga dari Glycerine pitch berupa poligliserol. Poligliserol ini merupakan suatu senyawa yang memiliki potensi tinggi sebagai agen pengental bahan pangan atau pun sebagai pengganti poli etilen glikol (PEG) yang selama ini dibuat dari sumber daya fosil. Dari hasil-hasil yang didapat dari penelitian tahun pertama ini, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan Glycerine pitch memiliki prospek yang baik karena jika diaplikasikan secara luas, teknologi ini akan mendukung transformasi industri oleokimia menuju ke arah ekonomi sirkular yang juga akan mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

25:10:23
VoWiFi LTE1 44%

### Pemanfaatan Glycerine Pitch Limbah Industri Oleokimia Menjadi Produk Bernilai Jual Tinggi

Nomor kontrak: PRJ-350/DPKS/2022

obrolan berikut hanya rekayasa. Tapi hasil penelitiannya original

Pak, mau tanya. *Glycerine pitch* itu apa ya? 08:30 AM

*Glycerine pitch* itu limbah yang dihasilkan dari proses pemurnian gliserol mentah dari industri biodiesel atau pun oleokimia. 08:30 AM

Parameter	Batas Baku/Ental	Ugkual	Angka
Kelembaban	0,01 - 0,05%		
Kelembaban Air	0,01 - 0,05%		
Titik	47,08 - 48,00		
Titik	48,11 - 49,00		
Titik	48,11 - 49,00		
Titik	48,11 - 49,00		

Katanya ini termasuk limbah B3 ya? Apakah aman dimanfaatkan? 08:30 AM

Betul. Pemerintah menggolongkan *glycerine pitch* sebagai limbah B3. Tapi hasil pengujian di lab terstandar untuk TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) menunjukkan bahwa *glycerine* tidak mengandung bahan-bahan berbahaya. 08:30 AM

Oh begitu. Jadi masih bisa dimanfaatkan ya? 08:30 AM

Bisa. Setidaknya sudah dua pemanfaatan yang diteliti dan potensial. 08:30 AM

1. Menjadikannya sebagai bahan pencampur aspal (bioaspal). *Glycerine pitch*nya dijadikan sebagai pengganti sebagian bitumen. Dan hasilnya sangat baik. Bahkan sudah diaplikasikan di jalan umum. Dan hasilnya bagus.

2. Mengekstraksi senyawa berharga di dalamnya. *glycerine pitch* dikontakkan dengan pelarut tertentu, gunanya untuk mengambil senyawa bernilai tinggi di dalamnya. Namanya poligliserol. Senyawa ini banyak digunakan sebagai emulsifier makanan. Memang saat ini masih belum sesuai dengan spesifikasi produk komersial, tapi penelitian masih terus berjalan agar mendapatkan produk yang layak jual. 08:30 AM

1. *Glycerine pitch* untuk campuran beraspal (bioaspal)

2. Ekstraksi poligliserol dari *Glycerine pitch*

Oh begitu ya Pak. Baik, terima kasih penjelasannya. Saya jadi mengerti bahwa limbah itu bukan sekadar limbah, tetapi sumber daya yang belum termanfaatkan. 08:30 AM

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat**  
**Institut Teknologi Bandung**

110

111



## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KONVERSI TERINTEGRASI UNTUK PENGOLAHAN PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DAN PRODUKSI BAHAN BERNILAI TAMBAH DENGAN BIOMASSA MIKROALGA

Dr. Ardiyan Harimawan dan Tim Peneliti.

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, dengan target penyisihan sebesar 70-90%. Air limbah POME terolah aman dibuang ke perairan umum dan residu kering POME dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pakan ikan atau pupuk. Selain mengolah limbah POME, proses phycoremediation menghasilkan pula biomassa sianobakterium/ mikroalga berkualitas sebanyak 35-100 mg/L.hari dengan nilai ekonomi yang tinggi. 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, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konfigurasi dan kondisi operasi sistem MBR-MPBR.

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 Teknologi 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

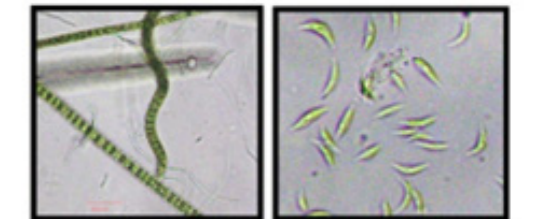
Dr. Ardiyan Harimawan M.Eng | Prof. Dr. Tjandra Setiadi | Dr. Awalina Satya | Drs. Tjandra Christmadha, M.Phil | Dr. Helen Julian | Prof. Nina Artanti | Dr. Ade Andriani | Ir. Ika A Satya | Rosidah, M.Si

Gangguan terhadap lingkungan maupun estetika yang cukup serius dapat ditimbulkan oleh **Palm Oil Mill Effluent (POME)** jika dibuang langsung ke lingkungan perairan umum.



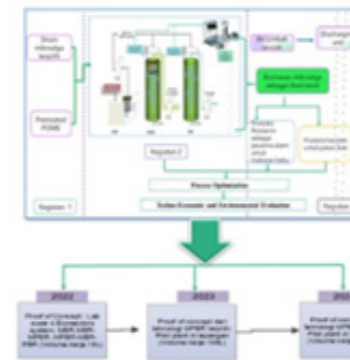
### Pemanfaatan Mikroalga dalam Pengolahan POME:

*Spirulina platensis* dan *Scenedesmus dimorphus* dari Indonesia yang sudah teraklimatisasi secara optimum dalam medium kultivasi berbahan dasar **90 % POME**.



*Spirulina platensis* *Scenedesmus dimorphus*

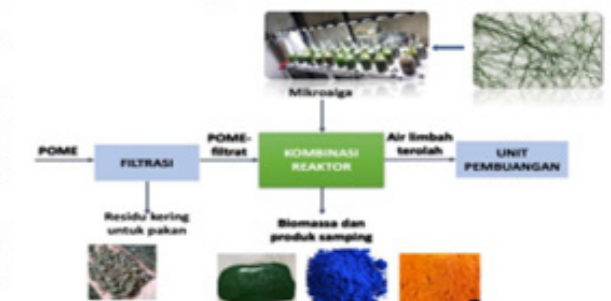
### Peta Jalan Pengembangan Sistem Pengolahan POME dengan Mikroalga



Penerapan konsep biokonversi menggunakan mikroalga/sianobakterium isolate lokal, dikombinasikan dengan teknologi pengolahan air limbah (phycoremediation) bernama sistem **Integrated Membran Bioreactor-Membrane Photo Bioreactor (MBR-MPBR)** yang dapat termonitor parameter kunci prosesnya secara *real time*.

- 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 %).
- Masing-masing berpotensi untuk dapat digunakan sebagai bahan pewarna alami pada makanan beku ataupun pangan fungsional, sedangkan karoten dapat digunakan untuk bahan fortifikasi pada pakan ikan ataupun ternak.
- Namun pada saat ini, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan konfigurasi system MBR-MPBR agar dapat mengoptimalkan produktivitas biomassa, produk samping dan biaya operasional.

### Phycoremediation



Kontak: ardiyan@itb.ac.id

## PEMBUATAN PURWARUPA SISTEM PENYEDIA ENERGI LISTRIK TERINTEGRASI (BATERAI DAN SUPERKAPASITOR) DARI LIMBAH KELAPA SAWIT

Prof. Dr. Tirto Prakoso dan Tim Peneliti.

Riset tahap I 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) dan Palm Oil Mill Effluent (POME). Riset 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 2022-2023 difokuskan pada peningkatan tingkat kesiapterapan teknologi produksi nanokarbon dengan memvalidasi engineering design produksi nanokarbon skala komersial. Selain itu, pada riset ini dihasilkan purwarupa sel baterai tunggal yang memiliki kinerja yang baik dan produk purwarupa modul stack superkapasitor dengan elektrolit polimer gel. Produk purwarupa modul superkapasitor diaplikasikan untuk kendaraan sepeda listrik.

Sel tunggal baterai seng-udara jenis coin cell telah difabrikasi menggunakan katoda berbasis nanokarbon dan elektrolit polimer gel. Sintesis elektrolit polimer gel berbasis material polyvinyl alkohol (PVA), SiO<sub>2</sub>, dan carboxy methyl cellulose (CMC) yang diimpregnasi 6 M KOH menghasilkan konduktivitas ionik sebesar 12 mS/cm. Fabrikasi dan pengujian sel tunggal baterai seng-udara menghasilkan tegangan tertinggi 0,3 V dengan waktu discharge selama 400 detik pada rapat arus 0,01 mA.

Untuk memperoleh kapasitas daya per satuan sel yang lebih tinggi, alternatif gel polimer electrolyte berbasis PVA, kitosan, dan asam sitrat juga sedang dikembangkan dengan konduktivitas ionik tertinggi yang telah diperoleh sebesar 49 mS/cm. Fabrikasi dan pengujian sel tunggal baterai send-udara jenis pouch cell juga telah dilakukan menghasilkan tegangan kerja tertinggi sebesar 0,9 V dengan waktu discharge sebesar 1 jam pada rapat arus 10 mA/cm<sup>2</sup>.

Sintesis elektrolit polimer gel untuk superkapasitor berbasis KOH, PVA, dan KI menghasilkan produk dengan konduktivitas 21 mS/cm. Kapasitansi tertinggi superkapasitor coin cell adalah 33,18 F/g diperoleh dari sel superkapasitor berbasis elektrolit polimer gel yang meningkat dari 20,28 F/g. Rate capability sel superkapasitor berbasis elektrolit polimer gel memiliki nilai 74%. Mediator redoks meningkatkan rapat energi superkapasitor dari 2,3 Wh kg<sup>-1</sup> menjadi 4,6 Wh/kg. Stabilitas siklus sel superkapasitor berbasis mediator redoks meningkat dari 87% menjadi 113% pada 5000 siklus

Untuk memperoleh kapasitansi per satuan sel yang lebih tinggi, dilakukan fabrikasi superkapasitor dalam bentuk pouch cell. Kinerja sel menunjukkan nilai kapasitansi 90 F, tegangan 1,2 V, dan arus 900 mA dengan waktu charge-discharge 60 detik.

Simulasi elektro-thermal pouch cell 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)  $3,36 \times 10^{-12}$  m<sup>2</sup>/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 oC), sehingga tidak membutuhkan sistem pendingin.

Desain dan fabrikasi modul superkapasitor dilakukan untuk 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.

## PEMBUATAN PURWARUPA SISTEM PENYEDIA ENERGI LISTRIK (BATERAI & SUPERKAPASITOR) DARI LIMBAH KELAPA SAWIT

Prof. Dr. Tirto Prakoso | Dr. Hary Devianto | Dr. Isdiriyani Nurdin | Dr. Pramujo Widiatmoko

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

#### Pengembangan baterai & superkapasitor 2022-2023

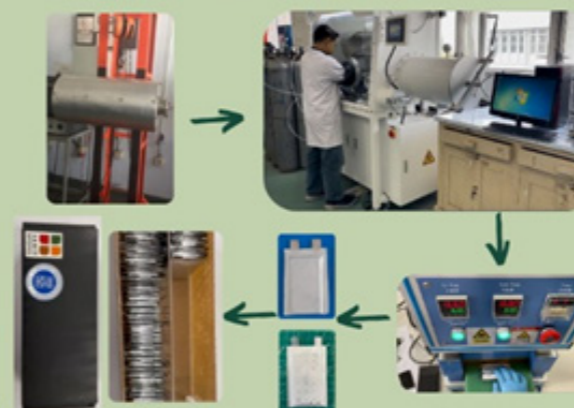
- Validasi *design engineering* produksi nanokarbon
- Fabrikasi baterai Zn-udara & superkapasitor
- Perancangan dan pembuatan modul, sistem *balancer* serta proteksi baterai & superkapasitor
- Simulasi termal modul baterai dan superkapasitor
- Uji stabilitas dan durabilitas modul

- Pengembangan sistem integrasi baterai & superkapasitor
- Perancangan & pembuatan sistem *balancer*
- Simulasi kinerja sistem integrasi
- Uji stabilitas dan durabilitas sistem integrasi
- Aplikasi sistem integrasi pada kendaraan listrik

#### Integrasi sistem baterai & superkapasitor 2023-2024

### HASIL PENELITIAN

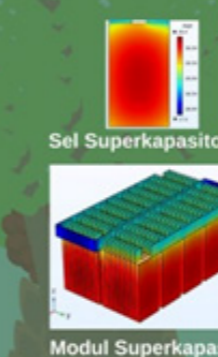
#### Proses Fabrikasi Baterai dan Superkapasitor



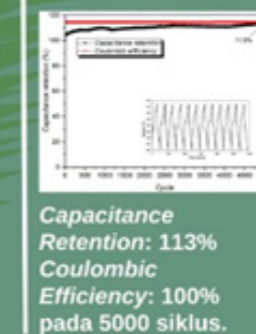
#### Aplikasi pada Kendaraan Listrik



#### Simulasi Termal



#### Uji Stabilitas dan Durabilitas



### KESIMPULAN

Fabrikasi 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.

## PENGEMBANGAN PRODUK SILIKA NANO PARTIKEL BERBASIS ABU BOILER CANGKANG SAWIT (Palm Kernel Shell ash) UNTUK APLIKASI BIOMEDIK

Dr. Ir. Aniek Sri Handayani, MT, IPM dan Tim Peneliti.

Produk Silika Nanopartikel merupakan produk yang dihasilkan dari pemanfaatan Abu Boiler Cangkang Sawit yang masih memiliki kadar silika sebesar 27,62 - 61,1% tergantung lokasi abu boiler berasal. Ekstraksi abu boiler telah diteliti sejak tahun 2021. Karya inovasi produk Silika nanopartikel yang didanai BDPKS 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 (Aceh, Medan, Lampung dan Pontianak) dihasilkan produk nanosilika dengan kemurnian optimum 97,44% dengan kadar SiO<sub>2</sub> 98,85% dan ukuran partikel 100-150 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, drier & 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%.

Pemilihan pengembangan produk silika nanopartikel untuk aplikasi biomedik berdasarkan pada kebutuhan bahan baku pendorong obat (drug delivery system-DDS) terbatas untuk obat-obatan umum seperti obat tablet atau kapsul yang dijual umum di pasaran. Tetapi untuk obat spesifik seperti kemoterapi untuk penderita cancer masih diperoleh melalui import dan masih memiliki kelemahan menimbulkan efek samping terhadap organ lainnya disekitar sel cancer. Untuk memperbaiki kelemahan DDS yang telah digunakan, maka pengembangan Mesoporous silika nanopartikel untuk aplikasi biomedik ini dilakukan. Ekstraksi silika pada Abu Boiler Cangkang sawit yang bercampur dengan serat dipilih karena limbah cangkang sawit yang melimpah di Indonesia sebesar 9,375 juta ton/tahun, jika diaplikasikan sebagai bahan bakar boiler menghasilkan Abu boiler sebesar 3,9% atau sebesar 366 juta ton abu per tahun. Dari hasil karakterisasi beberapa sumber abu boiler diperoleh kadar silika dalam abu sebesar 27,62 - 61,1%, setelah diekstraksi diperoleh yield silika sebesar 11,25% dengan kadar SiO<sub>2</sub> 98,85% dan bersifat amorf. Untuk meningkatkan kemurnian silika nanopartikel sampai dengan 99,8% melalui calcinasi pada rentang suhu 450-800°C, pada suhu tersebut mineral lain telah hilang dan tersisa senyawa Phospor 0,33% dan Calcium 0,621%, serta ion lain sebesar 598 ppm (Cl : 271 ppm, K<sub>2</sub>O: 190,2 ppm dan TiO<sub>2</sub> : 137,2 ppm). Selanjutnya proses pemisahan diulang dengan menambahkan asam Chlorida dan asam sulfat untuk mengikat senyawa pengotor dan meningkatkan kemurnian silika.

Sementara itu, keberadaan abu boiler berbahan bakar limbah padat kelapa sawit yang melimpah dapat di optimalisasi penggunaannya melalui rekayasa material secara molekuler dan kajian ekstraksi silika melalui konsep teknologi sol-gel guna meningkatkan nilai tambah limbah padat industri kelapa sawit dan mengurangi laju impor. Hal ini seiring dengan 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.

Silika nanopartikel dengan kemurnian 97,44% diujicobakan untuk produk pasta gigi sebagai bahan abrasive untuk stain gigi, produk nanosilika dengan tambahan sodium silikat yang menghasilkan morfologi campuran nanospere dan nanoroad. Dari kombinasi morfologi tersebut memiliki sifat abrasive dan bahan poles yang baik sebagai bahan campuran pasta gigi dengan komposisi 30% nanosilika. Hasil yang diperoleh dilakukan uji morfologi menggunakan SEM dan uji efektifitas abrasi melalui sifat optic menggunakan image J. Uji kinerja terhadap DDS masih memerlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kemurnian SiO<sub>2</sub> 99,98% melalui pemisahan bertingkat menggunakan pelarut asam dan penambahan surfaktan CTAB untuk membuat silika nanopartikel mesoporous yang dapat diaplikasikan pada DDS tertarget.

### Pengembangan Produk Silika Nanopartikel Berbasis Abu Boiler Cangkang Sawit (Palm Kernel Shell Ash) Untuk Aplikasi Biomedik

**NOMOR KONTRAK : PRJ-354/DPKS/2022**

1. Dr. Ir. Aniek Sri Handayani, MT, IPM. (Ketua) 081283457920 | anieksoemarto@gmail.com  
 2. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng Sc, IPM  
 3. Ir. Athanasia Amanda Septevani, PhD, IPM  
 4. Dr. Eko Adi Prasetyanto, S.Si

#### 1 Tujuan



- Menghasilkan Silika Nanopartikel dengan kemurnian >95% dengan memanfaatkan Abu Boiler Limbah Cangkang Sawit untuk aplikasi Biomedik
- Melakukan pengujian produk terstandar sesuai aplikasi biomedik dan food and Beverage

#### 2 Hasil Capaian



**PROTOTYPE BIO-NANOSILICA**  
 Spesifikasi Produk  
 Kemurnian : > 95%  
 Particle size : <50 nm  
 Application : paint , Dental abrasive, Food grade

**PROTOTYPE ABRASIVE SILICA**  
 Spesifikasi Produk  
 Purity SiO<sub>2</sub> : 98,8%  
 Particle Size 25 - 50 nm



#### 3 Gambar Capaian Hasil



Cangkang Sawit

Pembakaran di Boiler

Abu Boiler

Pretreatment Pembakaran suhu 750 C

Treatment HCl

Sodium Silikat

Silika Nanopartikel

# OPTIMASI PRODUKSI KOKAS KOMERSIAL BERBASIS LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI REDUKTOR RAMAH LINGKUNGAN

Asful Hariyadi dan Tim Peneliti.

Kokas adalah produk yang dihasilkan dari pemrosesan termal batubara yang biasanya digunakan dalam industri baja dan metalurgi. Batubara yang digunakan dalam pembuatan kokas haruslah batubara kokas (bituminus). Batubara ini cenderung lebih jarang tersedia di Indonesia jika dibandingkan batubara subbituminus dan lignit. Sebagian besar batubara di Indonesia merupakan batubara dengan kandungan air yang tinggi, sehingga untuk memproduksi kokas perlu mengimpor dari luar negeri seperti Jepang, Cina dan Taiwan. Alternatif pengganti kokas adalah dengan memanfaatkan potensi biomassa. Limbah cangkang kelapa sawit (CKS) memiliki karakteristik yang cocok untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku coke reductor karena memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi dan struktur yang keras sehingga memiliki kuat tekan dan kandungan karbon yang sesuai untuk dimodifikasi lebih lanjut. Sifat material yang perlu diperhatikan agar biomassa memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI 4931:2010) untuk kokas adalah harus memiliki nilai kalor yang tinggi (>6.000 kal/kg), kuat tekan tinggi (>100 Mpa) dan berpori-pori untuk memungkinkan lewatnya kontak gas di dalam tungku. Kekuatan mekanik biomassa masih rendah dibandingkan dengan batu bara, sehingga perlu dilakukan modifikasi proses untuk meningkatkan konstruksi fisik arang yang dihasilkan agar dapat menahan tekanan saat digunakan dalam Blast Furnace. Jika modulus kekuatannya rendah, arang biomassa mudah runtuh selama kompresi. Pada penelitian ini dikembangkan alur produksi biokokas dengan luaran utama adalah prototipe bio-kokas merujuk pada standar komersial SNI 4931:2010. Pemanfaatan teknologi untuk menghasilkan karbon dengan struktur mikro pori dari CKS adalah pirolisis. Pirolisis didefinisikan sebagai degradasi termal bahan bakar padat pada kondisi tanpa atau dengan oksigen/udara dalam jumlah terbatas. Pirolisis merupakan metode konversi energi yang paling banyak digunakan untuk memanfaatkan biomassa untuk menghasilkan produk berenergi tinggi, seperti char (padat), tar (cair) dan produk gas. Produk padat berupa char memiliki spesifikasi khusus seperti kandungan karbon dan kekuatan tekan dan oleh karena itu disebut sebagai kokas. Selain itu, energi yang dihasilkan dari bahan organik memiliki jejak karbon yang minimal jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Proses karbonasi dilakukan pada rentang 400-600 oC dengan waktu tinggal selama 2 jam menggunakan heating-rate 5 oC/menit. Dalam hal meningkatkan kuat tekan material, maka charcoal hasil pirolisis dilakukan pengempaan dengan tekanan 100 kN menggunakan campuran pengikat berupa residu tar + resin polyvinyl acetate dengan variasi komposisi binder 5-10%. Selanjutnya untuk menurunkan kadar zat terbang, dilakukan co-pirolisis pada suhu 500 dengan waktu tinggal selama 2 jam menggunakan heating-rate 5 oC/menit. Berdasarkan desain parameter penelitian yang telah berjalan diperoleh metode terbaik produksi bio-kokas pada kondisi operasi pirolisis awal (T=500 oC ; β= 5 oC/menit; t=2 jam) + komposisi binder 7.5% dan co-pirolisis dengan kondisi yang sama. Analisis proksimat menunjukkan kadar air 4.3% ; kadar abu 4.78% ; kadar zat terbang 3.92% dan karbon terikat sebesar 86%. Kuat tekan material sebesar 11.61 MPa. Morfologi permukaan menunjukkan karbon yang dihasilkan memiliki struktur pori dan karakterisasi lanjut menggunakan metode BET menunjukkan luas permukaan sebesar 403.662 m<sup>2</sup>/g dengan diameter pori sebesar 6,246 nm dan termasuk jenis mesopori. Semakin tinggi luas permukaan pori maka semakin besar luas permukaan aktif material karbon sehingga meningkatkan reaktifitas gas pembakaran dalam aplikasi blast furnace. Reaktifitas karbon diuji menggunakan TG-DSC menunjukkan bahwa bio-kokas mampu menurunkan thermal reserve zone dalam reaksi pembentukan wustite dibandingkan kokas komersial. Secara keseluruhan produksi bio-kokas yang dilaksanakan telah mendekati spesifikasi minimum kokas metalurgi komersial. Oleh sebab itu, pada rencana lanjutan perlu dilakukan desain produksi sederhana dan analisis profitabilitas produksi biokokas berbasis limbah cangkang kelapa sawit agar dapat diterapkan secara berkelanjutan.

**OPTIMASI PRODUKSI KOKAS KOMERSIAL BERBASIS LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI REDUKTOR PELEBURAN BESI RAMAH LINGKUNGAN**

*Grant Riset Sawit*

**PENDAHULUAN**

Peningkatan Tarif Infrastruktur di Indonesia sejalan dengan peningkatan daya jumlah kebutuhan baja di Indonesia. Dalam rangka pemenuhan kebutuhan Indonesia wajib mengatasi potensi sumber daya alam mineral dalam negeri terutama di bidang produksi besi. Dalam hal pemenuhan kebutuhan besi, tantangan yang dihadapi adalah keterbatasan kokas sebagai agen pereduksi dalam peleburan logam.

**Fakta tentang kokas**

- Kokas dibuat dari batubara jenis bituminus berumur tinggi dan jumlahnya terbatas di Indonesia.
- Dalam pemenuhannya, kokas diimpor dari Jepang dan Cina.
- Produk 1 ton besi cair membutuhkan 52 kg kokas.

**Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit**

Limbah cangkang kelapa sawit cocok untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku reduktor kokas karena memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi serta memiliki struktur yang keras sehingga mempunyai kuat tekan dan kadar karbon yang sesuai.

**KEUNGGULAN**

- Hemat Biaya: Biaya pemakaian cangkang kelapa sawit lebih murah.
- Siak Mampu Cukupi: Indonesia memiliki sekitar 8,3 juta hektare lahan sawit.
- Mengurangi Polusi Udara: Kadar karbon sulfur yang terkandung dalam sawit sangat rendah.
- Pelestarian sumber daya alam: Sumber daya yang dapat dipertah.

**PROSEDUR**

**STEP 1: Peralatan**  
 1. Memasukkan CKS  
 2. Proses Karbonasi

**STEP 2: Bepressing**  
 1. Pengalihan ke dalam tungku  
 2. Mering Charcoal + Tar

**STEP 3: Co-Pirolisis**  
 1. Uji reaktifitas  
 2. Uji reaktifitas  
 3. Uji reaktifitas

**PREPARASI CKS**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**CHEMICAL PROPERTIES**

Code	Pyrolysis Temp. (°C)	Binder Composition	Calorific Value (kJ/kg)	Compressive strength (kN)
A	-	5%	6,025/53	-
B	500 °C	7.5%	7,425/86	12.56
C	-	10%	7,371/8	100/3
D	-	5%	6,044/4	75/4
E	600 °C	7.5%	7,251/86	100/32
F	-	10%	7,346/32	54/34

**Pyrolysis**

No.	Parameter	Unit
1	Luas Permukaan	m <sup>2</sup> /g
2	Voluma Pori	cm <sup>3</sup> /g
3	Rata-rata Radius Pori	nm

**Analisis Reaktifitas Kokas**

Dilakukan uji parameter reduksi bijih besi terhadap dengan biokokas pada 2 variabel terikat dan dikomparasi dengan kokas komersial. Hasil menunjukkan biokokas menunjukkan perilaku reduksi lebih reaktif dengan mempertahankan temperatur reduksi magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) ke wustite (FeO) pada suhu lebih rendah dibandingkan kokas metalurgi (>1000 oC).

**KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dan analisis pengujian kokas dari Cangkang Kelapa Sawit diperoleh kesimpulan yaitu: Optimasi kokas cangkang kelapa sawit (CKS) menurut SNI 4931:2010 berhasil diproduksi dengan metode terbaik produksi kokas adalah karbonasi 500 °C + binder tar 10% + co-pirolisis 500 °C selama 2 jam diikuti dengan pemampatan sebagai berikut:

**Parameter Operasi:**

- Diameter : 70 mm
- Kuat Tekan : 12.56 kN

**Denitas:** 1,896 g/cm<sup>3</sup>

**Kadar Air:** 4.3%

**Kadar Abu:** 4.78%

**Zat Terbang:** 3.92%

**Kuat Tekan:** 11.61 MPa

**Kalori:** 7,425 kJ/kg

**Disusun oleh:**  
 Asful Hariyadi, S.T., M.Eng  
 Dr. Moch. Purwanto, S.Si., M.Si  
 Fikan Mubarrak Rohimshyah, S.T., M.Sc.

## BIODELIGNIFIKASI CEPAT TKKS UNTUK PRODUKSI ASAM FULVAT SEBAGAI IMMUNOMODULATOR POTENSIAL

Firda Dimawarnita, S.T, M.T dan Tim Peneliti.

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, serta (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 biodekomposisi 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 an-aerobik di dalam bio-reaktor 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  $\alpha$ -selulosa menunjukkan bahwa setiap taraf perlakuan memberikan hasil yang berbeda nyata. Kadar lignin terendah bernilai 0,91% didapat dari perlakuan PAA 25% dengan waktu reaksi 60 menit. Kadar hemiselulosa tertinggi bernilai 43,36% yatu pada perlakuan PAA 25% dengan waktu reaksi 15 menit. Kemudian kadar selulosa tertinggi bernilai 73% yaitu pada perlakuan PAA 50% dengan waktu reaksi 30 menit. Hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan PAA 25%. Berdasarkan hasil tersebut akan diuji coba lebih lanjut menggunakan perlakuan enzimatik untuk mempercepat proses dekomposisi. Yield selulosa hasil dekomposisi TKKS rata-rata mengalami penyusutan sekitar 40% dengan yield tertinggi terdapat pada perlakuan PAA 25% dengan waktu reaksi 15 menit.

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan terjadi perbedaan gugus fungsi. Pita lebar pada peak 3600–2800  $\text{cm}^{-1}$  indikasi keberadaan lignin, hemiselulosa terdapat pada TKKS sebelum delignifikasi berganti menjadi peak 1597,18-1643,90 $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan indikasi selulosa. Hasil karakterisasi TKKS sebelum dan sesudah delignifikasi menunjukkan adanya peningkatan indeks kristalinitas. Indeks kitalinitas 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 $^{\circ}\text{C}$ . Hasil pengujian SEM menghasilkan morfologi TKKS sebelum dan sesudah delignifikasi yang berbeda. Morfologi 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 FA menggunakan desain expert dengan model Response Surface Methodology (RSM) dengan 4 faktor (konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, microwave power, waktu reaksi, dan volume H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) konsentrasi FA tertinggi yaitu sebesar 24,716% didapat dari perlakuan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20,462%, microwave power 351,397W, waktu reaksi 9,384 menit, dan volume H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 37,4193 ml. Hasil dekomposisi cepat TKKS perlakuan delignifikasi PAA 6% dan 50% yang dikombinasikan dengan Orgadec mendekati pH netral dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan TKKS dengan delignifikasi PAA 6% yang dikombinasikan dengan Orgadec memiliki nisbah C:N 45,62 sehingga memudahkan dalam proses dekomposisi.



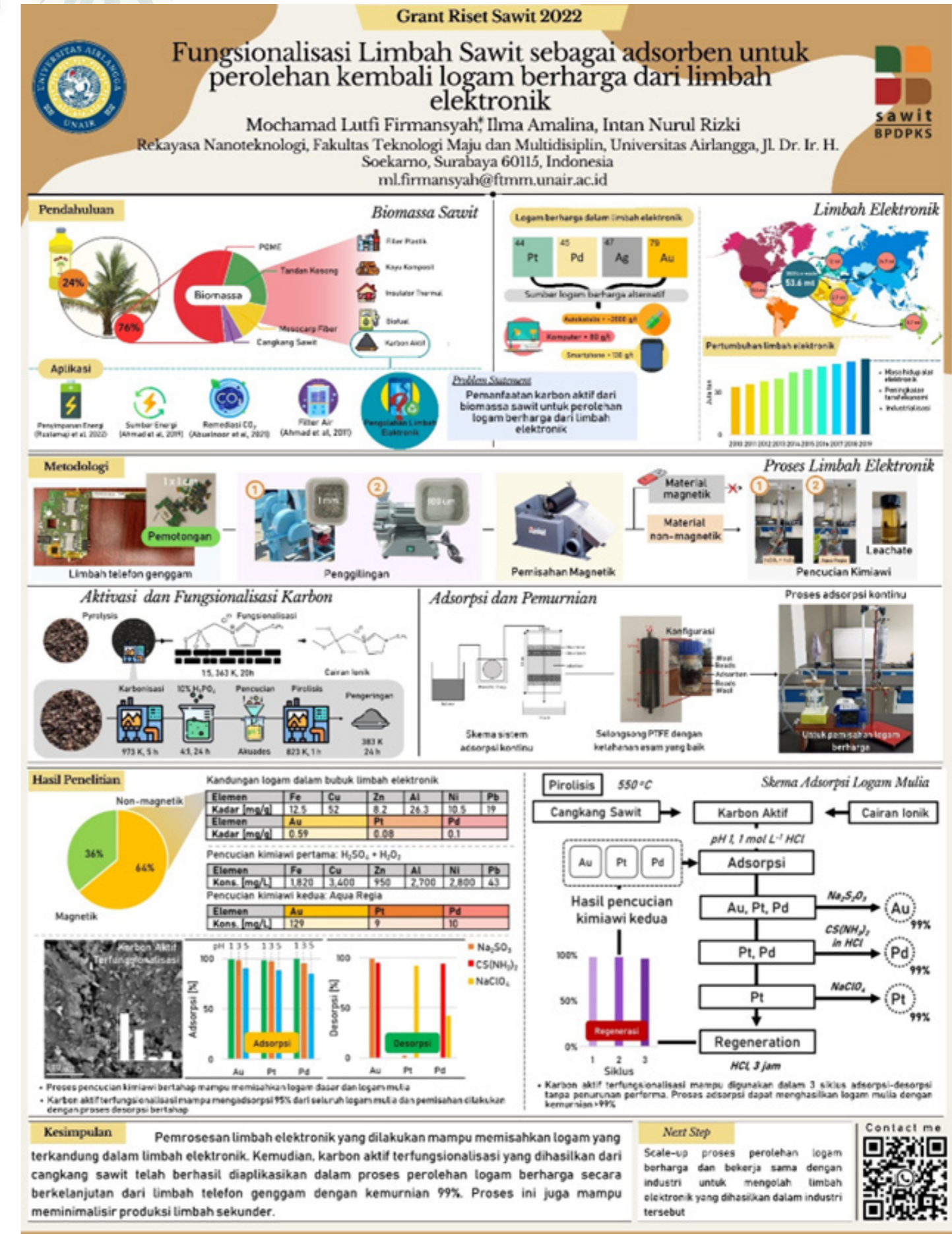
## FUNGSIONALISASI LIMBAH SAWIT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PEROLEHAN KEMBALI LOGAM BERTARAF DARI LIMBAH ELEKTRONIK

Mochamad Lutfi Firmansyah dan Tim Peneliti.

Indonesia menjadi produsen sawit terbesar di Asia Tenggara dengan lima provinsi produsen sawit terbesar di Kepulauan Riau, Sumatera Utara, Kalimantan Tengah, Barat, dan Utara. Melimpahnya produksi sawit di Indonesia juga memberikan banyak limbah perkebunan sawit, dari cangkang sawit hingga tandan kosong buah sawit. Limbah perkebunan sawit dapat dimanfaatkan sebagai biomassa (sekitar 76%) untuk berbagai aplikasi. Karbon aktif dari biomassa sawit merupakan salah satu aplikasi yang dapat dimanfaatkan sebagai filter air, remediasi CO<sub>2</sub>, dan sumber energi.

Di samping itu, perkembangan teknologi saat ini memicu meningkatnya penggunaan peralatan elektronik, salah satunya adalah telepon genggam. Dengan adanya permintaan yang meningkat, penggunaan telepon genggam ini juga meningkatkan adanya limbah elektronik (e-waste). Limbah elektronik ini mengandung sekitar 100-500 gram logam berharga per ton dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber sekunder atau alternatif untuk perolehan limbah berharga yang terkandung di dalamnya, seperti emas, perak, tembaga, platinum, palladium dan rodium. Proses pengolahan logam dari limbah elektronik dapat dilakukan dengan memanfaatkan karbon aktif dari biomassa limbah perkebunan sawit. Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan karbon aktif dari biomassa cangkang sawit yang akan difungsionalisasi dengan ionic liquid (IL) melalui proses adsorpsi untuk pemerolehan logam emas secara selektif dari limbah elektronik telepon genggam.

Metode perolehan emas ini dilakukan melalui lima tahap, yaitu pencucian, pemurnian, pemisahan, adsorpsi dan reduksi elektrokimia. Tahap pencucian dilakukan secara kimiawi dengan melarutkan limbah elektronik telepon genggam dengan asam sulfat untuk melarutkan logam dasar berupa tembaga, zink, aluminium, besi, dan seng. Kemudian, larutan aqua regia ditambahkan dan campuran larutan dipanaskan sehingga diperoleh leachate. Logam berharga emas akan diadsorpsi dari larutan leachate. Pada proses adsorpsi, karbon aktif yang digunakan difabrikasi dari cangkang kelapa sawit terfungsionalisasi dengan cairan ionik (3-metil-1-(3-terimetoksil)propil) imidazolium klorida yang disintesis dari 1-metilimidazol dan 3-(kloropropil)trimetoksi silane dan pada suhu 368 K di bawah gas nitrogen. Karbon aktif terfungsionalisasi terbentuk melalui proses alkilasi yang divalidasi dengan karakterisasi fisik dan kimiawi. Karbon aktif terfungsionalisasi kemudian dapat digunakan untuk pemerolehan logam emas secara kontinu dengan kapasitas adsorpsi sebesar 116.2 mg/g melalui mekanisme rute adsorpsi kimia. Proses pemisahan logam berharga dari adsorben dilakukan dengan menggunakan larutan natrium tiosulfat dan perolehan logam emas digunakan dengan reduksi elektrokimia menggunakan tembaga sebagai elektroda kerja, logam platinum sebagai elektroda pembanding, dan Ag/Cl elektroda referensi. Dari proses adsorpsi diperoleh logam berharga berupa emas (160 mg/L) secara selektif. Penambahan cairan ionik pada karbon aktif meningkatkan daya adsorpsi karena adanya interaksi antara kompleks logam emas dan cairan ionik. Karbon aktif terfungsionalisasi ini juga dapat digunakan sebanyak tiga kali siklus adsorpsi – desorpsi. Penelitian ini menunjukan potensi pemanfaatan baru biomassa dari industri sawit dalam penyediaan sumber alternatif logam berharga. Selain dari limbah elektronik, proses ini juga memiliki potensi untuk diterapkan pada limbah modern lain, seperti limbah katalis converter mobil yang memiliki kandungan platinum dan palladium yang tinggi.



# 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. dan tim peneliti

Kegiatan agroindustri kelapa sawit secara umum menghasilkan limbah padatan yang terdiri atas pelepah kelapa sawit (PKS) dan sisa-sisa pemangkasan batang kelapa sawit (BKS) selama pemanenan dari setiap pohon kelapa sawit per tahunnya. Limbah-limbah padatan tersebut dapat dimanfaatkan lebih lanjut mengingat biomassa dari limbah padatan kelapa sawit merupakan sumber holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) yang sangat bermanfaat untuk pembuatan produk kimia bernilai. Salah satu produk yang dapat dihasilkan dari limbah padatan kelapa sawit adalah asam glukonat dan asam xilonat. Asam glukonat dan asam xilonat diperoleh dari hasil fermentasi glukosa dan xilosa yang diperoleh dari hidrolisis holoselulosa berbasis biomassa. Asam glukonat dan asam xilonat telah banyak diaplikasikan sebagai aditif pada produk pembersih kaca dan pembersih karat. Bahkan, asam xilonat dinobatkan sebagai salah satu dari top 30 produk kimia bernilai tinggi versi National Renewable Energy Laboratory (NREL) dan Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).

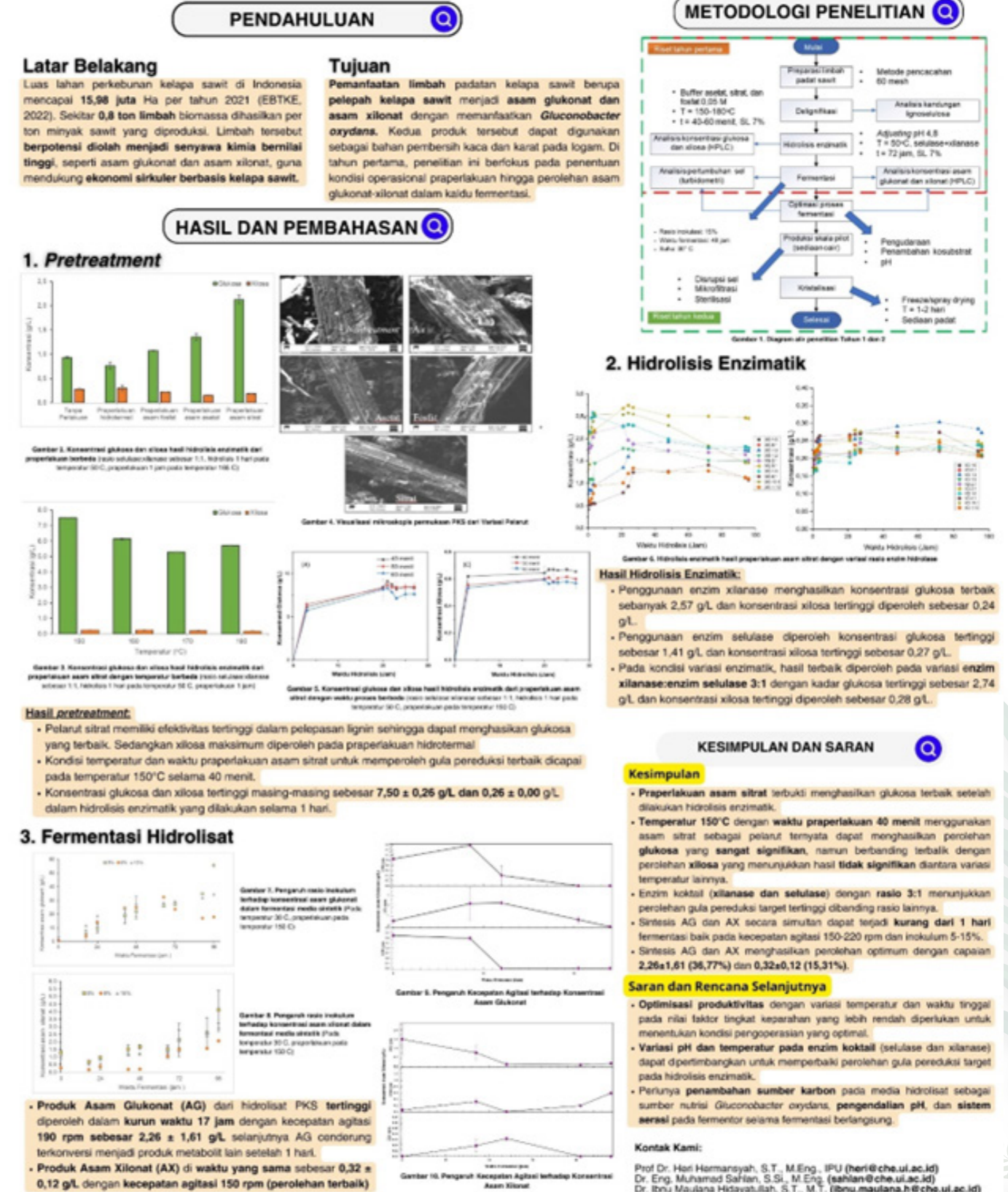
PKS perlu melewati proses pretreatment secara hidrotermal dan hidrolisis enzimatis agar diperoleh glukosa dan xilosa. Hasil hidrolisis enzimatis menunjukkan konsentrasi glukosa yang didapat sebesar  $9,12 \pm 0,04 \text{ gL}^{-1}$  dengan perolehan 24,76%. Sementara itu, konsentrasi dan perolehan xilosa masing-masing sebanyak  $0,67 \pm 0,01 \text{ gL}^{-1}$  dan 3,03%.

Larutan hidrolisis (hidrolisat) yang mengandung glukosa dan xilosa selanjutnya difermentasi menggunakan strain *Gluconobacter oxydans* (*G. oxydans*) untuk menghasilkan asam glukonat dan xilonat secara simultan. Perolehan asam glukonat terbaik dicapai pada penggunaan 15% inokulum dengan kecepatan agitasi 190 rpm selama 17 jam ( $36,77\%$ ;  $2,26 \pm 1,61 \text{ gL}^{-1}$ ). Pada kondisi yang sama, perolehan asam xilonat mencapai 15,31% dengan konsentrasi  $0,32 \pm 0,12 \text{ gL}^{-1}$ . Produktivitas asam glukonat dan xilonat oleh *G. oxydans* menggunakan hidrolisat pelepah sawit masing masing adalah  $0,13 \pm 0,09 \text{ gL}^{-1} \text{ jam}^{-1}$  dan  $0,02 \pm 0,01 \text{ gL}^{-1} \text{ jam}^{-1}$ .

Terakhir, hasil fermentasi (kaldu fermentasi) yang mengandung asam glukonat dan xilonat yang telah dinetralkan dengan natrium hidroksida dan lithium hidroksida, kemudian dipekatkan. Hasilnya, natrium glukonat yang diperoleh sebanyak 281,27 mg, sedangkan konsentrasi lithium xilonat yang didapatkan sangat kecil. Studi pemekatan dilakukan menggunakan nanofiltrasi bertekanan rendah dengan membran NF270. Filtrasi kaldu fermentasi hidrolisat PKS selama 90 menit pada tekanan 9 bar menghasilkan rejeksi dan pemulihan masing-masing sebesar 66,34% dan 97,35%. Selain itu, proses nanofiltrasi meningkatkan kandungan natrium glukonat sebesar 16% (b/b).

## 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



## PENGEMBANGAN MEMBRAN SKALA BENCH UNTUK NUTRIENT RECOVERY DAN RECYCLE AIR LIMBAH POME SEBAGAI AIR PROSES

Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D dan Tim Peneliti.

POME (Palm Oil Mill Effluent) merupakan limbah cair dari produksi CPO (Crude Palm Oil) kaya akan nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu juga mengandung senyawa organik dan karbon dioksida yang tinggi. Sejumlah besar senyawa nitrogen, fosfat, kalsium, magnesium, dan kalium terdapat dalam POME yang dapat digunakan sebagai pupuk. Senyawa tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan dalam industri petrokimia sebagai bahan baku untuk memenuhi pasokan industri pupuk dan sebagai energi alternatif. Di samping itu, penggunaan pupuk tersebut juga dapat diaplikasikan untuk perkebunan kelapa sawit guna memaksimalkan pemanfaatan air 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 pada pelaksanaan selama 2 (dua) tahun terdiri dari 6 (enam) tahap, yaitu: (1) Persiapan teknologi membran skala lab dan bench; (2) Optimasi kondisi operasi membran dengan kapasitas 50 L; (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, pembuatan buku serta pelaporan keseluruhan hasil riset.

Prototipe alat spinneret untuk produksi membran hollow fiber PVDF telah berhasil dirancang dan dibuat dengan menggunakan coaxial electrospinning needle. Membran hollow fiber yang telah diproduksi memiliki struktur morfologi yang bagus digunakan pada proses pemisahan yang terdiri dari sponge dan finger like structure. Selain itu, membran flat sheet polyamide yang telah berhasil disintesis menunjukkan performa yang sangat baik dengan nilai fluks permeat sangat tinggi yakni sebesar 50–420 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Membran ini sangat berpotensi untuk dikembangkan dalam bentuk konfigurasi spiral wound untuk keperluan komersial lainnya.

Alat membran bioreactor yang di rancang dan dikembangkan untuk mengatasi masalah fouling telah juga berhasil dibuat. Reaktor membran yang didesain memiliki konfigurasi tambahan dengan keberadaan sand filter berguna untuk meningkatkan performa membran dalam mengatasi permasalahan fouling pada membran. Selain itu, sistem aerasi pada tanki bioreactor juga mampu menurunkan fouling pada membran sekaligus berperan dalam proses pengolahan air limbah POME menjadi air bersih. Nilai TDS (Total Dissolved Solid) permeat setelah melalui proses pengolahan menggunakan membran bioreactor dengan konfigurasi sand filter memiliki nilai penyisihan 84% yakni lebih tinggi 2 kali lipat dibandingkan dengan penggunaan membran tanpa filter. Air dari hasil proses membran bioreactor tersebut selanjutnya bisa dimanfaatkan sebagai air bersih dan air proses di pabrik. Untuk mengoptimalkan kinerja membran bioreactor skala bench tersebut, akan dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan data hasil guna untuk keperluan desain teknologi membran large-scale beserta analisis ekonominya.

NO KONTRAK: PRJ-371/DPKS/2022



# PENGEMBANGAN MEMBRAN SKALA BENCH UNTUK NUTRIENT RECOVERY DAN RECYCLE AIR LIMBAH POME SEBAGAI AIR PROSES

### TUJUAN PENELITIAN

- Mendesain dan memproduksi teknologi membran skala bench
- Mengaplikasikan, menguji kinerja dan mendemonstrasikan teknologi membran untuk nutrient recovery dan water recycling dari limbah POME sebagai air proses; dan
- Meningkatkan efisiensi dan nilai ekonomis dari limbah padat, daur ulang air proses dan nutrient recovery

### CAPAIAN HASIL

1. Prototipe Alat Spinneret untuk Produksi Membran Hollow Fiber
2. Fabrikasi Membran Flat Sheet
3. Membran Bioreactor Skala Bench dengan Konfigurasi Filter Sand untuk Mengurangi Fouling
4. Pelet nutrient dari Sludge POME untuk meningkatkan kualitas tanah

### GAMBAR CAPAIAN HASIL



**Prototipe Alat Spinneret dan Membran Hollow Fiber hasil fabrikasi**



**Fabrikasi Membran flat sheet polyamide**



**Nutrient dari sludge POME untuk meningkatkan kualitas tanah**



**Membran bioreactor dengan dan tanpa konfigurasi sand filter**



**Air limbah pome hasil treatment**



**Fouling pada membran bioreactor tanpa konfigurasi sand filter**

### LUARAN PENELITIAN

- Article ilmiah terindex Scopus, Q1 (under review)
- Paten (terdaftar)
- Hak Cipta (sertifikat)
- Buku (berISBN)
- Desain Industri (terdaftar)
- Membrane Bioreactor (terpasang)
- Membrane Bioreactor sand filter skala bench (proses perakitan)
- Seminar internasional - prosiding, dll

### Kelompok Peneliti

1. Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc.Ph.D., IPM., ASEAN Eng (Ketua)  
melma@ulm.ac.id
2. Riani Ayu Lestari, S.T., M.Eng
3. Awali Sir Kautsar Harivram, S.T., M.T
4. Aulia Rahma, S.T., M.T



## PENGEMBANGAN LIMBAH KELAPA SAWIT UNTUK PAKAN LOBSTER AIR TAWAR DALAM MEWUJUDKAN CIRCULAR ECONOMY MINAPOLITAN DI KAWASAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG TIMUR

Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si dan Tim Peneliti.

Pakan lobster air tawar berbasis bungkil inti sawit (BIS) adalah salah satu inovasi dalam memanfaatkan kembali (reuse) limbah crude palm oil (CPO) dalam bidang budidaya perikanan. Tim peneliti GRS K-22 memanfaatkan nutrisi BIS untuk pakan lobster air tawar tanpa mengganggu daya cernanya mengingat kandungan serat kasar dalam BIS cukup tinggi. Untuk menjadi bahan baku pakan lobster air tawar, kandungan serat kasar BIS didegradasi terlebih dahulu melalui proses fermentasi dengan bantuan kapang *Aspergillus niger*. Jenis kapang ini dikenal dapat menghasilkan selulase dan protease lebih banyak daripada jenis kapang lainnya yang telah diteliti pada penelitian ini. *Aspergillus niger* juga dapat menghasilkan probiotik yang berpotensi meningkatkan kesehatan lobster air tawar. Selain itu, penggunaan *Aspergillus niger* juga relatif mudah dan murah sehingga cukup ekonomis untuk produksi pakan komersial. Hasil fermentasi menunjukkan penurunan kadar serat kasar yang signifikan hingga 55% yaitu dari 15,16% menjadi 6,86%. Angka ini telah mendekati persyaratan SNI 01-0008-1987 tentang pakan pelet lobster air tawar dimana kadar serat kasar yang dipersyaratkan maksimal 6%.

Berdasarkan uji proksimat yang telah dilakukan, BIS yang telah difermentasi tersebut kualitas nutrisinya masih tergolong baik untuk diolah menjadi pakan lobster air tawar. Namun, BIS masih perlu dicampur dengan bahan lain agar dapat memenuhi kebutuhan pakan lobster air tawar berupa protein 30-40%, lemak 5%, karbohidrat 20%, serat 2%, kadar air 11%, vitamin dan mineral 19mg/100gram. Oleh karena itu, dilakukan formulasi BIS dengan bahan lain meliputi tepung ikan, bungkil kedelai, tepung jagung, pollard, tepung tapioka, alginat, premix, dan minyak ikan. Untuk menghasilkan lobster air tawar dengan pertumbuhan yang optimal, jumlah BIS yang digunakan yaitu antara 4 hingga 8%. Dengan pakan berbasis BIS yang telah dibuat, diketahui survival rate (SR) dari lobster air tawar yang diujikan mencapai 100%. Artinya, pakan lobster air tawar berbasis BIS ini aman digunakan. Pertumbuhan panjang lobster air tawar yang diujikan juga cukup signifikan yaitu mencapai 17% sedangkan bobotnya bertambah hingga 40% per 15 hari.

Masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui imunitas lobster air tawar yang diberi pakan berbasis BIS terhadap serangan penyakit. Namun, hilirisasi produk pakan sudah dapat dilakukan.

Harapannya, pakan lobster air tawar berbasis bungkil inti sawit ini dapat menjadi solusi pakan dengan memanfaatkan potensi komoditas lokal sehingga dapat mensubstitusi bahan baku berupa bungkil kedelai hasil impor. Dampak yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah terciptanya circular economy yang bermanfaat bagi pengusaha budidaya perikanan dan perairan khususnya pembudidaya lobster air tawar. Dengan pakan yang terjangkau namun kualitasnya kompetitif maka produktifitas para pembudidaya akan meningkat dan rantai nilai dari komoditas sawit juga semakin bertambah.



**K-22** GRANT RISET SAWIT

## PENGEMBANGAN LIMBAH KELAPA SAWIT UNTUK PAKAN LOBSTER AIR TAWAR DALAM MEWUJUDKAN CIRCULAR ECONOMY MINAPOLITAN DI KAWASAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG TIMUR

Kolaborator Riset:

Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Kementerian Keuangan RI  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung

**KELOMPOK 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.

Korespondensi:  
dikiwinanti@fp.unila.ac.id

### TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat formulasi pakan lobster air tawar dengan bahan baku BIS yang difermentasi.

### 1. FERMENTASI BUNGKIL INTI SAWIT



### 2. FORMULASI & PENCETAKAN PAKAN



### 3. UJI PAKAN PADA LOBSTER AIR TAWAR



### 4. PENGUKURAN PERTUMBUHAN LOBSTER AIR TAWAR



**PROTOTYPE PAKAN PELET LOBSTER AIR TAWAR BERBASIS BUNGKIL INTI SAWIT**

### CAPAIAN HASIL

#### Prototipe Pakan Lobster Air Tawar Berbasis Bungkil Inti Sawit

Kualitas nutrisi pakan telah disesuaikan dengan baku mutu SNI 01-0008-1987 tentang pakan pelet lobster air tawar termasuk kadar serat kasar bungkil inti sawit yang berhasil diturunkan hingga 6,86%. Survival rate (SR) dari lobster air tawar yang diujikan mencapai 100%. Artinya, pakan lobster air tawar berbasis BIS ini aman digunakan. Pertumbuhan panjang lobster air tawar yang diujikan juga cukup signifikan yaitu mencapai 17% sedangkan bobotnya bertambah hingga 40% per 15 hari.

## MONITORING DAN CONTROLLING KESEIMBANGAN EMISI KARBON PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT DAN NON-GAMBUT DENGAN METODE KECERDASAN BUATAN

Ardian Ulvan dan Tim Peneliti.

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. Atas dasar inilah kami melakukan riset ini.


Hingga sejauh ini, tema pengembangan sistem monitoring dan controlling keseimbangan emisi karbon belum banyak diangkat dan dipublikasikan. Metode yang berhubungan dengan perhitungan keseimbangan karbon sebagian besar masih menggunakan kriteria Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). Belum banyak yang menggunakan metode taktis Eddy Covariance yang mengukur dan menghitung fluks karbon dengan pendekatan Net Ecosystem CO<sub>2</sub> Exchange (NEE), Gross Primary Production (GPP), dan Ecosystem Respiration (ER).

Dalam penelitian ini, kami menggunakan terminologi penghitungan jejak karbon dengan NEE dan GPP, yaitu ukuran jumlah total fluks karbon dari partikel gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) di suatu area perkebunan kelapa sawit. Proporsi emisi dan sequestrasi yang signifikan diukur dengan menggunakan metode eddy covariance, pada lahan mineral dan gambut. Tahun pertama penelitian ini fokus pada pengembangan prototype perangkat ukur embedded system carbon sensing eddy covariance (eddy station) yang pengujian fungsionalnya dilakukan pada sebuah menara pengukur (eddy tower) pada ketinggian 1 m dan 5 m diatas permukaan tanah.

Pengumpulan dan pemrosesan data telah disesuaikan dengan variabel yang sudah ditentukan. Untuk melakukan perhitungan NEE dari CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, maka variabel yang diukur adalah kecepatan angin spontan, pengukuran intensitas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, pengukuran flux laten dan sensible heat, rata-rata suhu, kelembaban dan tekanan udara lingkungan. Selain itu perangkat eddy station juga memperhitungkan variabel untuk turbulent transport yaitu tiga komponen kecepatan angin 3 dimensi (u, v, w), temperature sonic (Ts), konsentrasi gas yang diinginkan dan juga konsentrasi uap air.

Prototipe perangkat eddy station yang dibuat mendapatkan sumber daya listrik dari pembangkit listrik tenaga surya. Pembacaan sensor pada perangkat ini akan dimulai saat microcomputer/microcontroller memberikan perintah ke masing-masing sensor untuk mendeteksi lingkungan sekitar, kemudian masing-masing sensor akan memberikan respon berupa level tegangan ke mikrokontroler yang merepresentasikan intensitas besaran yang disensing. Untuk pembacaan kecepatan dan arah angin akan dilakukan oleh 3D sonic anemometer, dimana sensor akan membaca kecepatan angin berdasarkan getaran ultrasonic yang dihasilkan oleh angin. Getaran tersebut akan dibaca oleh sensor dalam bentuk level tegangan yang akan di kirim ke mikrokontroler sebagai sinyal. Akuisisi data dilakukan selama 30 menit dengan interval waktu sensing selama 30 menit pula. Sensing rate sebesar 5 Hertz (5 kali sensing setiap detik) dari gas analyzer dilakukan agar data yang diakuisi memiliki nilai akurasi dan ketepatan yang valid. Hasil akuisisi data disimpan dalam sebuah datalogger yang dikendalikan oleh singleboard computer, untuk selanjutnya secara periodik setiap 30 menit akan mengirimkan data ke platform Internet of Thing (IoT) di cloud internet untuk divisualisasikan secara online, dan untuk dapat diproses lebih lanjut.

Perangkat prototipe 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.

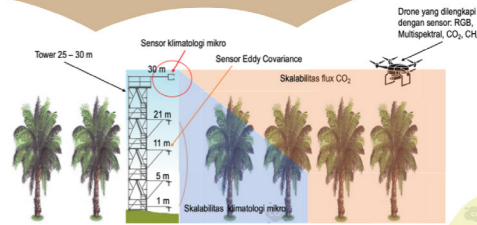


### MONITORING DAN CONTROLLING KESEIMBANGAN EMISI KARBON PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT DAN NON-GAMBUT DENGAN METODE KECERDASAN BUATAN

ARDIAN ULVAN, MELVI, MONA ARIF MUDA 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 CO<sub>2</sub> Exchange (NEE), Gross Primary Production.



Tahun pertama penelitian ini fokus pada pengembangan prototype perangkat embedded system carbon sensing eddy covariance (eddy station)

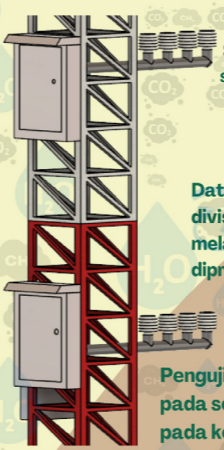
#### EDDY STATION

Akuisisi data dilakukan selama 30 menit dengan interval waktu sensing selama 30 menit. Sensing rate sebesar 5 Hertz (5 kali sensing setiap detik) dari gas analyzer dilakukan agar data yang diakuisi memiliki nilai akurasi dan ketepatan yang valid. Hasil akuisisi data disimpan dalam sebuah datalogger yang dikendalikan oleh sebuah singleboard computer.

Perangkat Eddy Station dibangun dengan menggunakan:

- Singleboard computer dan beberapa mikrokontroler
- Gas analyzer CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O
- 3D Anemometer
- Stasiun klimatologi mikro

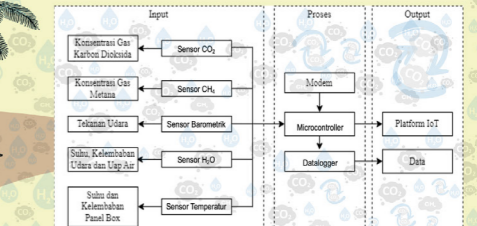
PENGUKURAN JUMLAH TOTAL FLUKS KARBON DARI PARTIKEL CO<sub>2</sub> DAN CH<sub>4</sub>




Selanjutnya secara periodik setiap 30 menit, data dikirim ke cloud internet menggunakan mekanisme Internet of Things (IoT)

Data yang disimpan kemudian divisualisasikan secara online melalui dashboard, serta dapat diproses lebih lanjut.

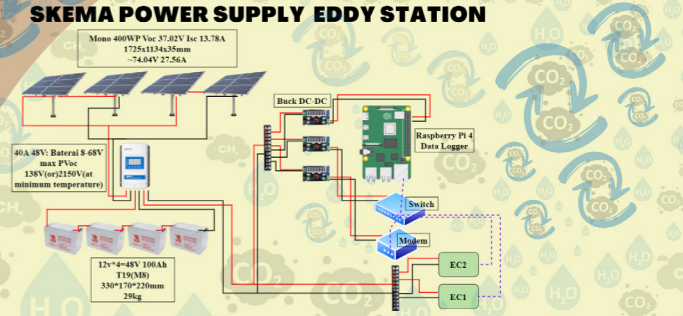
#### SKEMA SISTEM KERJA EDDY STATION



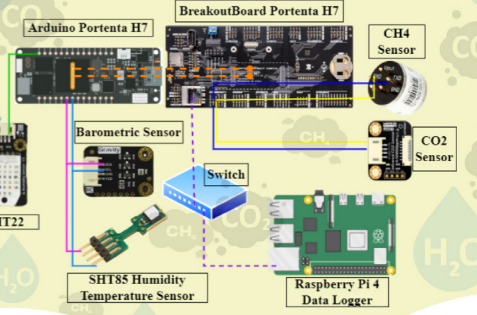
#### IMPLEMENTASI EDDY STATION & DASHBOARD VISUALISASI DATA



#### SKEMA POWER SUPPLY EDDY STATION



#### SKEMA KOMUNIKASI EDDY STATION



Perangkat prototipe 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.

## STUDI EFEKTIVITAS DESTILASI ASAP LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DISTILLATION CYCLONE SEBAGAI INSEKTISIDA ALAMI ULAT API

Dudi Haryadi dan Tim Peneliti.

Pengolahan blending limbah padat kelapa sawit eks pengolahan pabrik kelapa sawit berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), cangkang kelapa sawit dan sabut kelapa sawit secara pirolisis menghasilkan produk asap cair sebagai produk utama, kemudian chart dan arang sebagai produk samping. Diketahui asap cair yang dihasilkan memiliki kandungan utama senyawa fenol, karbonil dan asam. Senyawa-senyawa tersebut dapat dimanfaatkan untuk bahan baku dalam industri kimia atau sebagai insektisida organik dalam pengendalian hama.

Pembuatan asap cair dari cangkang dan tandan kosong kelapa sawit menggunakan alat destilasi dengan teknologi Cyclone merupakan inovasi teknologi yang diaplikasikan untuk memproduksi asap cair grade C dan grade A dengan kualitas yang lebih baik. Pembuatan asap cair didukung dengan teknologi Cyclone yaitu teknologi yang memanfaatkan prinsip putaran sentrifugasi asap hasil pirolisis limbah padat kelapa sawit untuk dipisahkan dari abu yang ikut terbawa.

Hasil asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis menggunakan alat destilasi cyclone memiliki hasil yang lebih jernih dibandingkan pada asap cair dari alat destilasi tanpa teknologi cyclone. Pada riset ini, asap cair dari hasil teknologi cyclone akan dianalisis kembali untuk mengetahui apakah ada perbedaan konsentrasi senyawa yang terkandung. Merupakan tantangan yang tidak mudah untuk dapat merealisasikan pembuatan alat destilasi teknologi cyclone skala industri yang presisi untuk menghasilkan asap cair yang memiliki kualitas yang diharapkan. Penyempurnaan alat destilasi yang sedang dikembangkan saat ini masih dilakukan kembali agar luaran asap cair yang terbentuk dapat lebih optimal.

Pada umumnya Asap cair dari cangkang kelapa sawit dan tandan kosong kelapa sawit diketahui mengandung phenol, acetic acid, 2,6-dimethoxyphenol (Syringol), asam asetat, asam oksalat, dihidroksibenzen, 2-metoksifenol, dan 2-metoksi-metil fenol. Senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi dalam mengendalikan hama utama kelapa sawit, salah satunya ulat api. Pada studi ini juga dilakukan percobaan rearing ulat api di kandang rearing untuk memenuhi kebutuhan sampel uji pada pengujian asap cair sebagai insektisida. Proses pengujian toksikologi masih dilakukan untuk mengetahui potensi dari beberapa bahan limbah padat kelapa sawit yang sudah berbentuk asap cair.

## STUDI EFEKTIVITAS DESTILASI ASAP LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DISTILLATION CYCLONE SEBAGAI INSEKTISIDA ALAMI ULAT API

Project Grant Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS)

KELOMPOK PENELITIAN:  
Dudi Haryadi (08156073007)  
Duem.isdudi@gmail.com

• Fahri Rijal Giffari • Khairunissa Ainun  
• Muhammad Fathussalam • Indra Yuvono

LEMBAGA PENELITIAN  
UNIVERSITAS LANGLANBUANA



### ABSTRAK

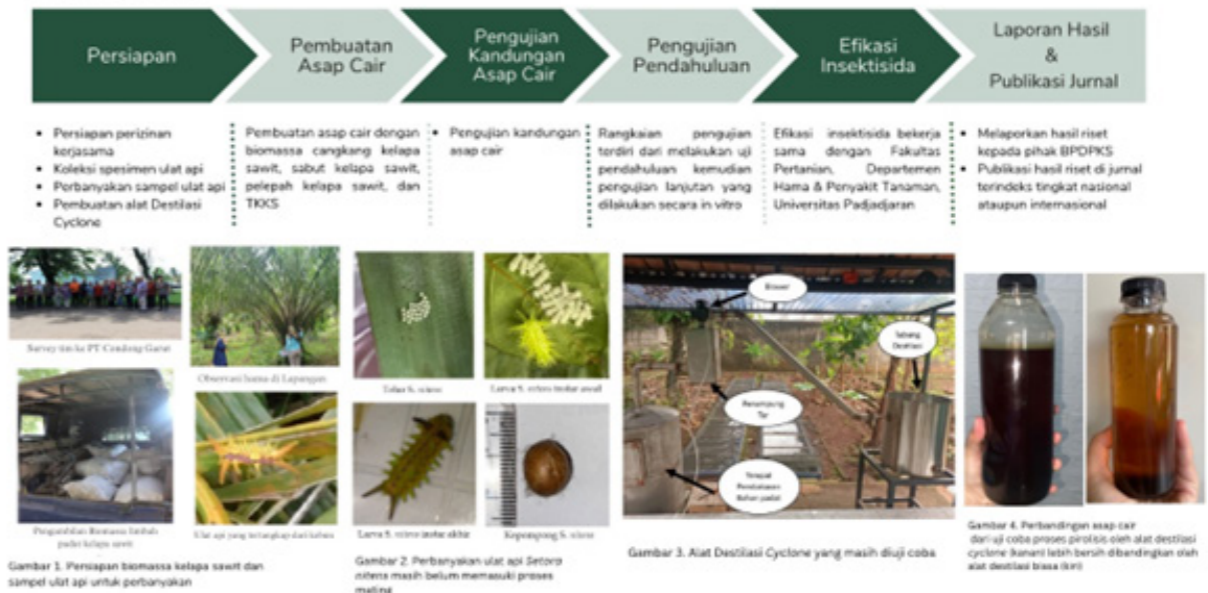
Pengolahan blending limbah padat kelapa sawit eks pengolahan pabrik kelapa sawit berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), cangkang kelapa sawit, dan sabut kelapa sawit secara pirolisis menghasilkan produk asap cair sebagai produk utama, kemudian chart dan arang sebagai produk samping. Diketahui asap cair yang dihasilkan memiliki kandungan utama senyawa fenol, karbonil dan asam. Senyawa-senyawa tersebut dapat dimanfaatkan untuk bahan baku dalam industri kimia atau sebagai insektisida organik dalam pengendalian hama. Pembuatan asap cair pada riset ini dilakukan dengan metode pirolisis menggunakan alat dengan teknologi DISCO Distillation Cyclone dengan variabel suhu pirolisis 400°C pada waktu 60 menit. Asap hasil pembakaran dikondensasi dengan kondensor, hasil proses pirolisis yang diperoleh adalah asap cair, Chart dan arang. Asap cair didiamkan selama satu minggu di dalam corong pisah, dipisahkan antara asap cair dan chart kemudian asap cair diuji kimia dan fisik. Efektivitas asap cair diuji dengan melakukan formulasi asap cair dari beberapa bahan limbah kelapa sawit, kemudian diujikan efektivitasnya dalam mengendalikan hama kelapa sawit yaitu ulat api dalam skala laboratorium.

### TUJUAN

Tujuan dari kegiatan Studi efektivitas destilasi asap limbah padat kelapa sawit menggunakan teknologi Distillation Cyclone sebagai insektisida alami ulat api adalah:

1. Melakukan optimasi pembuatan asap cair dengan teknologi Distillation Cyclone
2. Meningkatkan kualitas produk asap cair yang dihasilkan,
3. Mengoptimalkan efektivitas asap cair kelapa sawit sebagai insektisida alami.

### ROADMAP RISET DAN PROGRESS



### SIMPULAN

Pada studi efektivitas pembuatan asap cair dari limbah kelapa sawit dengan alat Distillation cyclone sebagai bahan formulasi insektisida alam masih dalam tahap persiapan sampel dan alat. Rearing ulat api (Limacodidae) spesies *Setoro hoseo osigino* dan *Setoro nitens* pada penelitian ini memiliki mortalitas larva yang tinggi. Sehingga target kebutuhan sampel pengujian melalui kegiatan rearing masih belum bisa terpenuhi. Pengujian keefektifan insektisida akan dilakukan pada periode kuartal terakhir penelitian.

### SARAN

Uji Pendahuluan akan dilakukan apabila sampel pengujian ulat api sudah tersedia. Perlu dilakukan upaya untuk menangkap spesimen ulat api dari lapangan dengan jumlah yang banyak, monitoring spesimen yang sakit secara intensif agar menekan mortalitas ulat api di kandang rearing. Kerjasama dengan pihak Pusat Penelitian Kelapa Sawit Indonesia (PPKS) akan dilakukan untuk memenuhi target kesediaan sampel ulat api. Berikut kegiatan lanjutan yang akan dilakukan untuk memenuhi penelitian ini adalah:

1. Melanjutkan rearing sampel ulat api;
2. Penangkapan sampel ulat api di lapangan;
3. Pembuatan asap cair dari pelepah kelapa sawit, sabut kelapa sawit, cangkang kelapa sawit, serta tandan kosong kelapa sawit;
4. Pengujian komposisi senyawa dari asap cair;
5. Formulasi insektisida dari beberapa kombinasi produk asap cair;
6. Uji afikasi formulasi insektisida terhadap ulat api bekerjasama dengan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran;
7. Perbaikan alat destilasi cyclone.

## PRODUKSI BIO-COKE DARI LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR DENGAN KALORI TINGGI DAN RAMAH LINGKUNGAN.

Dr. Ir. Asri Gani, M.Eng. dan Tim Peneliti.

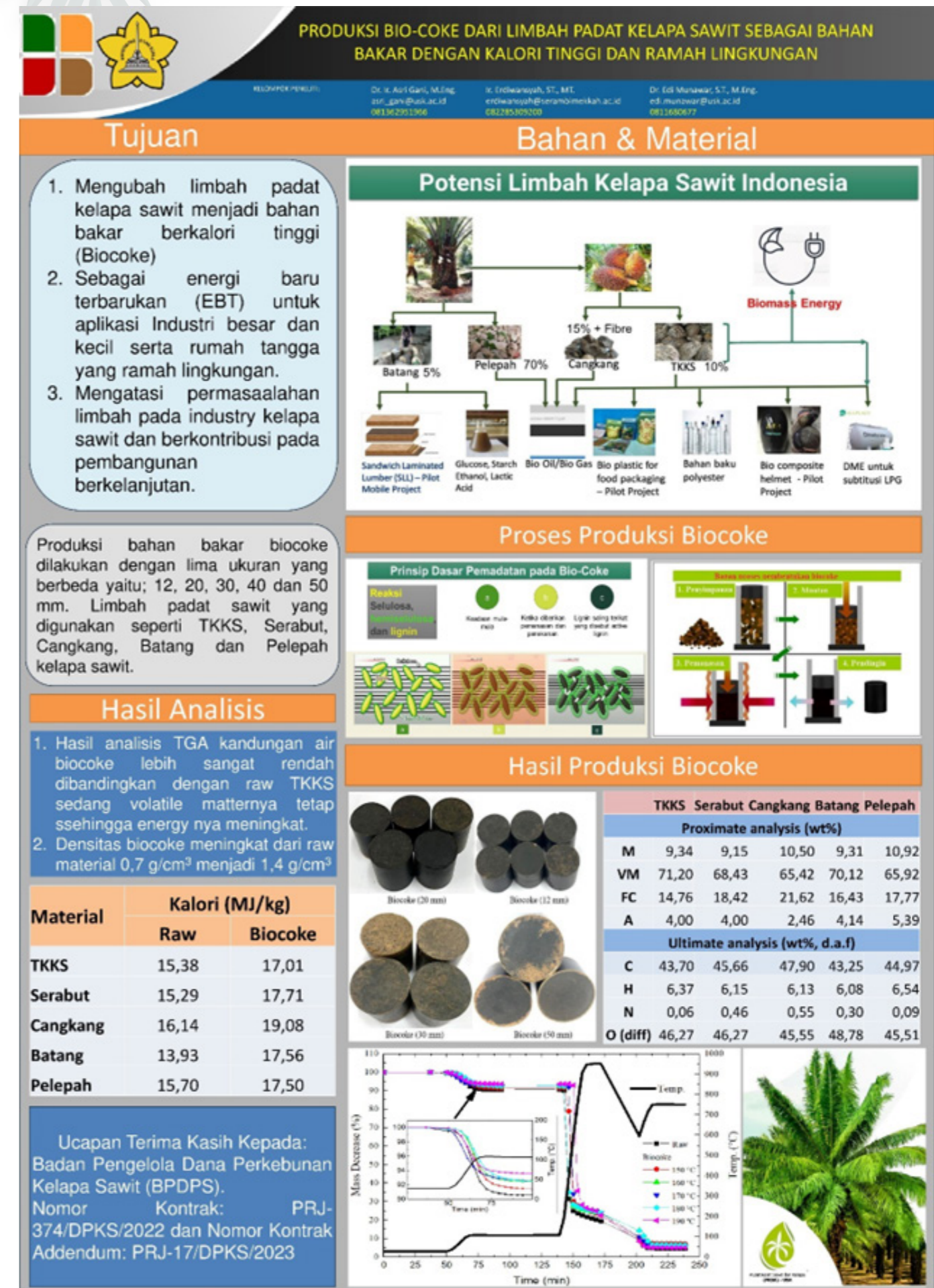
Kelapa sawit merupakan tanaman utama dalam industri minyak kelapa sawit. Proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan jumlah limbah biomassa yang cukup besar, termasuk tandan kosong, serat, dan cangkang yang sebagiannya tidak efektif penggunaannya. Selain itu, pelepah yang dipotong pasca panen dan batang ketika peremajaan dilakukan. Sebagian besar limbah kelapa sawit tersebut seperti tandan kosong kelapa sawit, batang dan pelepah selama ini dibakar dan dibuang tanpa ada pengelolaan yang baik sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Ketersediaan limbah biomassa kelapa sawit sangat signifikan dan dapat diandalkan sebagai sumber energi terbarukan. Limbah biomassa kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan melalui berbagai proses konversi, seperti pembangkit listrik biomassa, produksi biogas, dan pengolahan menjadi bahan bakar padat (misalnya, briket dan biocoke). Potensi ini dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, jika diproses dan dilakukan pengolahan dengan baik.

Studi ini berfokus pada produksi bio-coke, bahan bakar dengan kalori tinggi dan ramah lingkungan, yang dihasilkan dari limbah padat kelapa sawit. Bio-coke merupakan alternatif yang menarik untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi masalah limbah padat kelapa sawit. Penelitian ini memiliki potensi besar untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah pertanian untuk menghasilkan bahan bakar berkualitas tinggi yang bersahabat dengan lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis proksimat menunjukkan nilai kalori bahan mentah TKKS 15.38 MJ/kg, Serabut 15.29 MJ/kg, Cangkang 16.14 MJ/kg, Batang 13.93 MJ/kg, dan Pelepah 15.70 MJ/kg. Sementara nilai kalori setelah produksi bahan bakar biocoke mengalami peningkatan cukup signifikan yang masing-masing mencapai biocoke TKKS 17.01 MJ/kg, Serabut 17.71 MJ/kg, Cangkang 19.08 MJ/kg, Batang 17.56 MJ/kg, dan Pelepah 17.50 MJ/kg. Nilai kalor bahan bakar biocoke tersebut diperoleh dari hasil uji laboratorium menggunakan Bomb Calory meter dengan masing-masing berat sampel TKKS 1.82 g, Serabut 1.72 g, Cangkang 1.34 g, Batang 1.88 g, dan Pelepah 1.7 g. Jumlah energi yang diperoleh dari produksi bahan bakar biocoke limbah padat kelapa sawit cukup tinggi dan sangat cocok untuk diproduksi sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara dan bahan bakar konvensional lainnya.

Hasil analisis ultimate dari TKKS (C 42,57%, H 6,21%, N 0,06%), Serabut (C 44,48%, H 5,99%, N 0,45%), Cangkang (C 46,66%, H 5,97%, N 0,54%), Batang (C 43,81%, H 6,37%, N 0,09%) dan Pelepah (C 42,13%, H 5,92%, N 0,29%). Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah biomassa kelapa sawit memiliki potensi energi yang cukup tinggi karena kandungan karbonnya yang tinggi. Tingginya kalori dari biocoke ini disebabkan oleh penghilangan air baik air bebas maupun air terikatnya tanpa menghilangkan zat volatile matter (VM) dan fixed carbon (FC) nya. Kondisi ini juga membuat biocoke tersebut disamping kandungan energinya tinggi, tetapi juga masih lebih mudah terbakar dibanding dengan briket konvensional lainnya. Biocoke ini juga lebih padat, hal ini dapat terlihat dari densitynya yang meningkat dari sekitar 0,7 g/cm<sup>3</sup> menjadi sekitar 1,4 g/cm<sup>3</sup>.

Limbah biomassa kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan karena ketersediaan yang cukup besar dari industri kelapa sawit. Namun, untuk memanfaatkannya secara efektif, diperlukan investasi dalam teknologi dan infrastruktur, serta dukungan dari regulasi dan kebijakan yang sesuai. Pemanfaatan limbah biomassa ini dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan keberlanjutan industri kelapa sawit.



## PRODUKSI NANOPARTIKEL SILIKA BIOGENIK DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN RUBBER FOAM SOLE PADA BIOSNEAKERS

Hoerudin, Ph.D. dan Tim Peneliti.

Indonesia merupakan produsen crude palm oil (CPO) terbesar di dunia. Tingginya produksi CPO diikuti pula peningkatan volume limbah Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Pemanfaatan cangkang dan sabut kelapa sawit sebagai sumber energi untuk menghasilkan uap, menyisakan limbah abu boiler yang umumnya belum banyak dimanfaatkan, berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan, bahkan tidak jarang menjadi sumber pembiayaan untuk membuangnya. Abu boiler kelapa sawit diketahui mengandung nanopartikel silika ( $\text{SiO}_2$ ) alami (biogenik) yang cukup tinggi. Di sisi lain, Indonesia tercatat mengimpor silika untuk kebutuhan berbagai industri dengan tren total nilai terus meningkat, dari USD 56,3 juta pada tahun 2017 menjadi USD 81,99 juta pada tahun 2021 (BPS, diolah Kementerian Perdagangan 2022). Salah satu pengguna silika yaitu industri alas kaki. Nanopartikel silika biogenik pada abu boiler kelapa sawit perlu diekstraksi (dipisahkan dari zat pengotor) sedemikian rupa sehingga memiliki kemurnian tinggi untuk dapat digunakan di industri alas kaki. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi produksi nanopartikel silika biogenik (nanobiosilika) dari abu boiler kelapa sawit yang dapat diaplikasikan sebagai komponen rubber foam dan solid soles pada produk sepatu casual ramah lingkungan (biosneakers), sehingga memenuhi persyaratan eco-friendly fashion footwear.

Pada tahun ke-1 (2023) penelitian dibagi menjadi tiga tahap, yaitu (1) produksi nanobiosilika dari abu boiler kelapa sawit dengan metode sol-gel, (2) aplikasi nanobiosilika dari abu boiler kelapa sawit pada produksi rubber foam dan solid soles, dan (3) aplikasi rubber foam dan solid soles hasil tahap 2 pada produksi prototipe biosneakers. Sampel abu boiler pada penelitian ini berasal dari tiga PKS, yaitu (1) PKS Condong Garut (Kabupaten Garut, Jawa Barat), (2) PKS Cikasungka (Kabupaten Bogor, Jawa Barat), dan (3) PKS Kertajaya (Kabupaten Lebak, Banten). Perlakuan pencucian (leaching) menggunakan asam organik dengan atau tanpa perlakuan tanur diuji coba pada sampel abu boiler kelapa sawit untuk menghasilkan nanobiosilika dengan kemurnian tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan abu boiler dari ketiga PKS memiliki rata-rata kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) 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, sehingga pencucian menggunakan asam sitrat memberikan peningkatan kandungan  $\text{SiO}_2$  tertinggi. Nanobiosilika serbuk berwarna putih dengan ukuran partikel 20-35 nm telah berhasil diekstraksi dari abu boiler kelapa sawit menggunakan metode sol-gel. Nanobiosilika hasil ekstraksi dari (1) bahan baku abu boiler (tanpa perlakuan), (2) abu boiler yang dicuci asam sitrat, dan (3) abu boiler yang dicuci asam sitrat+ditanur berturut-turut memiliki kemurnian  $\text{SiO}_2$  sebesar 92,44 %, 94,19 %, dan 94,24 %.

Percobaan aplikasi nanobiosilika hasil ekstraksi dan minyak inti sawit kasar pada pembuatan rubber foam dan solid soles telah mulai dilaksanakan. Penggunaan minyak inti sawit kasar berpotensi menggantikan minyak kelapa sebagai foaming agent pada pembuatan rubber foam untuk biosneakers. Formulasi nanobiosilika dari abu boiler + minyak inti sawit kasar untuk menghasilkan karakteristik rubber foam dan solid soles terbaik masih dalam pengujian. Desain prototipe biosneakers dengan komponen rubber foam dan solid soles berbahan nanobiosilika dari abu boiler + minyak inti sawit kasar 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). Prototipe biosneakers tersebut ditargetkan memiliki bio-content  $\pm 93$  %.

## PRODUKSI NANOPARTIKEL SILIKA BIOGENIK DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN RUBBER FOAM SOLE PADA BIOSNEAKERS

NOMOR KONTRAK : PRJ-04/DPKS/DIT.IV/2023

### 1 TUJUAN PENELITIAN

Mengembangkan teknologi produksi nanopartikel silika biogenik (nanobiosilika) dari abu boiler kelapa sawit yang dapat diaplikasikan sebagai komponen *rubber foam* dan *solid soles* pada produk sepatu *casual* ramah lingkungan (*biosneakers*), sehingga memenuhi persyaratan *eco-friendly fashion footwear*.

### 2 CAPAIAN HASIL PENELITIAN

Abu boiler dari tiga PKS memiliki rata-rata kadar silika ( $\text{SiO}_2$ ) antara 51 % - 59 %.

Asal abu boiler (PKS)	Kadar air (%)	Karbon (%)	Densitas kamba ( $\text{g/cm}^3$ )	pH	Kadar $\text{SiO}_2$ (%)
Condong Garut	4,45	3,56	0,78	10,60	51,69
Cikasungka	5,10	4,74	0,73	10,10	53,38
Kertajaya	5,38	11,36	0,39	10,20	59,11

Pencucian (*leaching*) abu boiler kelapa sawit menggunakan asam sitrat menghasilkan peningkatan kadar silika tertinggi dibandingkan hasil pencucian menggunakan asam organik lainnya.

Karakteristik	Abu boiler awal*	Abu boiler setelah <i>leaching</i> asam			
		Asetat	Glukonat	Oksalat	Sitrat
Kadar $\text{SiO}_2$ (%)	51,69	64,96	60,49	64,72	67,63

\*Condong Garut

Nanobiosilika serbuk berwarna putih dengan ukuran partikel 20-35 nm dan kadar/kemurnian  $\text{SiO}_2$  92,44 % - 94,24% telah berhasil diekstraksi dari abu boiler kelapa sawit menggunakan metode sol-gel.

Karakteristik	Abu boiler awal*	Nanobiosilika hasil ekstraksi dari		
		Abu boiler + <i>leaching</i>	Abu boiler + <i>leaching</i> + tanur	Abu boiler + <i>leaching</i> + tanur
Kadar $\text{SiO}_2$ (%)	51,69	92,44	94,19	94,24

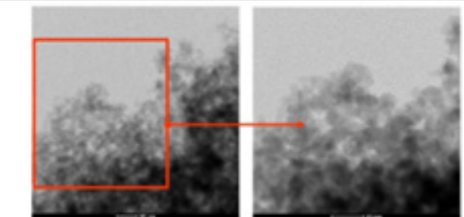
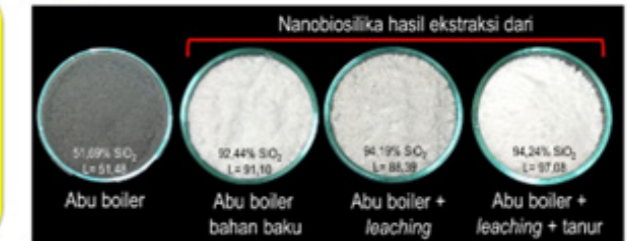
\*Condong Garut

TIM PERiset :  
Hoerudin, PhD  
Tatang Hidayat, Msi  
Dr. Sri Yuliani

Arief Arianto, MSc  
Nurdi Setyawan, MAg  
David Chrisnaldi S.J., MDs

Informasi lebih lanjut:  
Pusat Riset Agroindustri-BRIN  
E-mail : [hoerudin@brin.go.id](mailto:hoerudin@brin.go.id)  
Mobile: 08210653420

### 3 GAMBAR HASIL PENELITIAN



TEM Nanobiosilika dari abu boiler: ukuran partikel 20-35 nm



Minyak inti sawit kasar berpotensi menggantikan minyak kelapa sebagai foaming agent pada pembuatan *rubber foam insole*

### Desain prototipe *detachable dual sole biosneakers* (Target bio-content $\pm 93$ %)



## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES KONVERSI LIMBAH TKKS MENJADI ASAM GLIKOLAT UNTUK INDUSTRI KOSMETIKA

Yudhi Dwi Kurniawan dan Tim Peneliti.

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 limbah 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 kisaran temperatur yang diterapkan. Peningkatan tekanan oksigen pada reaksi memberikan respon negatif terhadap rendemen asam glikolat pada semua variasi temperatur dan jumlah katalis. Selanjutnya, penambahan waktu reaksi juga memberikan respon negatif pada rendemen asam glikolat pada semua variasi temperatur, jumlah katalis, dan tekanan oksigen. Rendemen asam glikolat optimal diperoleh sebanyak 24% pada kondisi reaksi 165 °C, 25 mol% katalis, tekanan oksigen 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 Limbah TKKS Menjadi Asam Glikolat Untuk Industri Kosmetika

NO KONTRAK: PRJ-08/DPKS/DIT.IV/2023

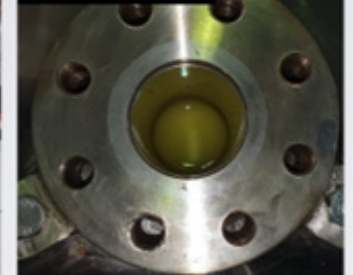
### 1. Tujuan

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.

Sebelum Reaksi



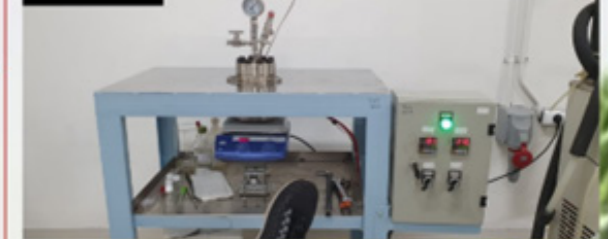
Sebelum Reaksi



### 2. Capaian Hasil (Tentatif)

1. Asam glikolat dengan rendemen optimal 24% (HPLC).

Saat Reaksi



### 3. Foto Capaian Hasil

Pulp TKKS



Bleaching Pulp TKKS



Selulosa TKKS



Setelah Reaksi



Setelah Reaksi



Asam Glikolat



Asam Glikolat



### 4. 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

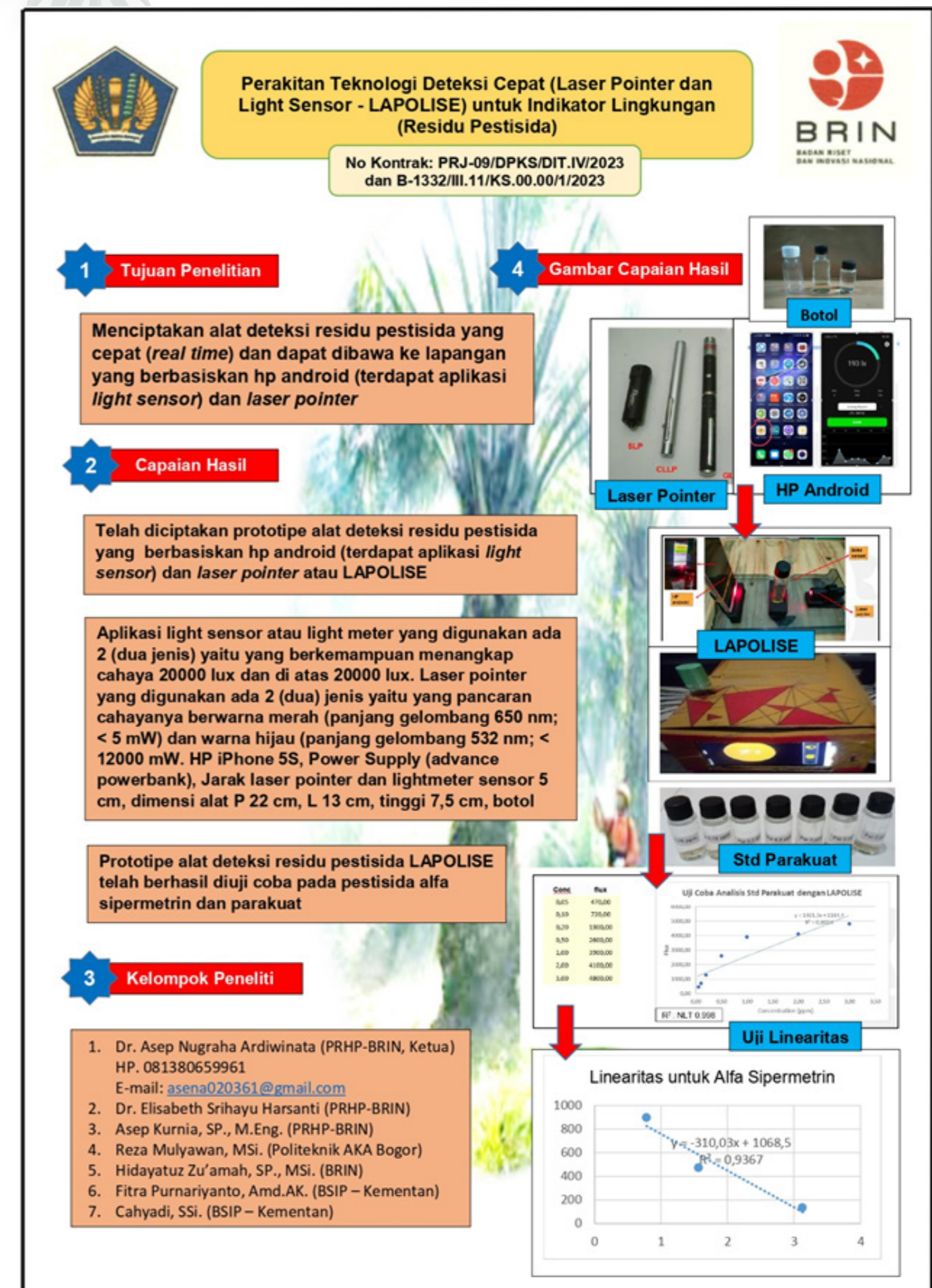
## PERAKITAN TEKNOLOGI DETEKSI CEPAT (LASER POINTER DAN LIGHT SENSOR-LAPOLISE) UNTUK INDIKATOR LINGKUNGAN (RESIDU PESTISIDA)

Asep Nugraha Ardiwinata dan Tim Peneliti.

Sistem pertanian termasuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia tidak terlepas dari penggunaan pestisida untuk mengendalikan hama dan gulma pengganggu. Pestisida yang umum digunakan di perkebunan kelapa sawit antara lain berbahan aktif fipronil, alfa sipermetrin, glifosat dan parakuat. Penggunaan pestisida tersebut diketahui menimbulkan dampak negatif berupa residu pestisida di produk perkebunan kelapa sawit dan terhadap ekosistem lingkungannya serta kesehatan manusia.

Langkah deteksi residu pestisida secara cepat (real time) maka akan dapat mengantisipasi penanganan dampak negatif dari penggunaan pestisida tersebut. Melalui pemanfaatan peralatan yang ada disekitar kita (in situ) seperti laser pointer dan HP android (light sensor) atau LAPOLISE dapat digunakan sebagai alat deteksi residu pestisida di dalam suatu produk pertanian dan di ekosistem lingkungan. Kegiatan riset ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh unjuk kerja dari kombinasi alat LAPOLISE. Kegiatan riset ini terdiri dari 2 (dua) tahap, yaitu 1) Perakitan dan uji coba alat deteksi cepat dan Uji verifikasi alat deteksi cepat, 2) Uji komparasi dengan gas chromatography (GC) atau high performance liquid chromatography (HPLC). Dengan adanya alat tsb diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu dan energi, karena data akan real time diperoleh, sedangkan bila dikerjakan di lab akan memakan waktu lama dan pemborosan energi. Dengan peningkatan kualitas ekosistem lingkungan yang bersih dan sehat dari cemaran residu pestisida akan berdampak positif terhadap aspek keberlanjutan perkebunan kelapa sawit dan mendorong penciptaan produk/pasar baru.

Dalam kegiatan riset ini telah dilaksanakan antara lain (a) perakitan alat LAPOLISE dengan 2 (dua) tipe smartphone layar monitor statis dan yang dapat berputar, (b) Aplikasi light sensor atau light meter yang digunakan dengan 2 (dua jenis) yaitu yang berkemampuan menangkap cahaya 20000 lux dan di atas 20000 lux, (c) Laser pointer yang digunakan ada 2 (dua) jenis yaitu yang pancaran cahayanya berwarna merah (panjang gelombang 650 nm; < 5 mW) dan warna hijau (panjang gelombang 532 nm; < 12000 mW), (d) LAPOLISE ada indikasi dapat diterapkan untuk penentuan residu paraquat dan glifosat dalam contoh air. HP iPhone 5S, Power Supply (advance powerbank), Jarak laser pointer dan lightmeter sensor 5 cm, dimensi alat P 22 cm, L 13 cm, tinggi 7,5 cm, botol. Alat ini memiliki potensi yang sangat baik, dimana pengujian sementara pada pestisida Parakuat memiliki linearitas 0,8054 sedangkan pada pestisida Alfa Sipermetrin memiliki linearitas 0,9367. Selain itu juga telah disiapkan design casing Lapolise sebagai alat pengukur indikator lingkungan (residu pestisida).



## OPTIMALISASI AREA REPLANTING SAWIT UNTUK PENGEMBANGAN JAGUNG DAN TERNAK UNGGAS GUNA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR MASYARAKAT DI KABUPATEN KOTAWARINGIN BARAT, KALIMANTAN TENGAH

Dr. Ermin Widjaja, SPT., MSi

Industri perkebunan kelapa sawit, termasuk perkebunan kelapa sawit rakyat, saat ini banyak yang memasuki usia untuk dilakukan replanting. Pemerintah mendorong pelaksanaan kegiatan replanting tersebut dalam rangka untuk meningkatkan produktivitas sawit melalui program PSR (Peremajaan Sawit Rakyat). Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat adalah alternatif pendapatan selama menunggu tanaman kelapa sawitnya mulai berproduksi kembali, yang memerlukan waktu sekitar 4 tahun. Kegiatan ekonomi sirkular menjadi solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan ini, yaitu dengan memunculkan kegiatan pertanian sebagai unit komersial dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia, terutama hasil samping industri pabrik kelapa sawit.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rintisan kegiatan ekonomi sirkular kelompok tani sawit peserta PSR yang mampu meningkatkan pendapatan > 50%. Rintisan kegiatan ekonomi sirkular yang juga dijadikan sebagai percontohan dilakukan dengan melibatkan 20 anggota kelompok tani, dengan kegiatan meliputi:

1. Budidaya jagung di area replanting sawit berumur 1 tahun seluas 20 ha.
2. Pembuatan pupuk organik yang diperkaya dengan mikroba, dengan bahan dasar limbah pabrik kelapa sawit seperti abu boiler (20%), solid sawit (30%), serat perasan buah/fiber (30%), kotoran ayam (20%) dan dekomposer (0,1%).
3. Budi daya ayam petelur sebanyak 1000 ekor dengan menggunakan campuran pakan lokal.

Budidaya jagung, produksi pupuk organik diperkaya dan budidaya ayam petelur adalah kegiatan yang berorientasi pasar dan menjadi unit komersial untuk rintisan kegiatan ekonomi sirkular. Produksi jagung dijual sebagai sumber pendapatan dan sebagian digunakan sebagai pakan ayam. Pupuk organik dijual untuk mendapatkan pendapatan, dan sebagian digunakan untuk pemupukan tanaman kelapa sawit dan jagung. Sementara itu, budidaya ayam petelur menghasilkan pendapatan dari penjualan telur dan kotorannya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik. Untuk mengurangi biaya pakan ayam petelur, diperkenalkan campuran pakan lokal yang terdiri dari konsentrat, jagung, bungkil inti sawit, dan mineral, dengan energi 2900 kkal/kg, protein kasar 17-19%, lemak kasar 3-5%, serat kasar 6-7%, Ca 4%, dan P 1% dengan harga Rp.7.300/kg.

Pemasaran jagung di masyarakat sekitar Kecamatan Pangkalan Lada namun masih belum dapat memenuhi permintaan. Pasar pupuk organik adalah perusahaan dan masyarakat sekitar dengan permintaan 3000 ton/tahun, sementara pasar telur adalah di sekitar desa setempat dan masih belum dapat memenuhi permintaan pasar. Keuntungan dari penjualan jagung selama 3 bulan panen pertama mencapai Rp158.130.000 dimana panen jagung dapat dilakukan 3 kali per tahun. Sementara itu, keuntungan dari penjualan pupuk organik selama 1 bulan dengan skala produksi 250 ton adalah Rp188.225.000. Pendapatan dari penjualan telur selama 1 bulan mencapai Rp18.115.000. Dengan demikian, total pendapatan anggota kelompok tani saat ini (20 orang) mencapai Rp12.293.625/orang/bulan. Jika mereka tidak melakukan kegiatan alternatif ini, pendapatan anggota kelompok tani yang menjadi anggota KUD hanya Rp 500.000/orang/bulan sebagai kebijakan KUD terhadap anggotanya.

Bagi petani swadaya yang tidak bergabung dalam KUD dan tidak melakukan kegiatan alternatif ini maka selama periode replanting 4 tahun mereka tidak akan memiliki pendapatan (Rp 0). Kegiatan budidaya jagung akan terus berlanjut setiap tahun (3 kali panen) selama kanopi kelapa sawit belum menutupi area tersebut. Sementara produksi pupuk organik dan budidaya ayam petelur tidak bergantung pada umur tanaman kelapa sawit, sehingga diharapkan kegiatan ini akan menjadi alternatif pendapatan bagi petani kelapa sawit, terutama selama tanaman kelapa sawit belum berproduksi, dan menjadi kegiatan ekonomi sirkular yang selanjutnya sebagai sumber pendapatan tambahan setelah tanaman kelapa sawit berproduksi.

### OPTIMALISASI AREA REPLANTING SAWIT UNTUK PENGEMBANGAN JAGUNG DAN TERNAK UNGGAS GUNA MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR MASYARAKAT DI KABUPATEN KOTAWARINGIN BARAT, KALIMANTAN TENGAH

NO KONTRAK: PRJ-10/DPKS/DIT.IV/2023

#### TUJUAN:

Melakukan rintisan kegiatan ekonomi sirkular kelompok tani sawit peserta PSR yang mampu meningkatkan pendapatan > 50%.

#### ALUR FIKIR KEGIATAN



#### CAPAIAN HASIL: RINTISAN KEGIATAN EKONOMI SIRKULAR

1. Produksi pupuk organik diperkaya (berproduksi setiap hari)



2. Budidaya jagung di area replanting sawit (20 ha)



3. Budidaya ayam petelur (1000 ekor)



**Ekonomi Sirkular:**  
Rp 245.872.500/Klompok  
(Rp12.293.625/orang/bln)

**VS**  
**Non**  
**Ekonomi Sirkular:**  
Rp 0 - 500.000/orang/bln

Ketua peneliti: Dr. Ermin Widjaja, SPT., MSi  
081211957368; erminwidjaja03@gmail.com



## KAJIAN TATA KELOLA LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR STUDI KASUS : LIMBAH CAIR (POME) PABRIK KELAPA SAWIT

Dr. Ani Yunaningsih,S.E.,M.Si. dan Tim Peneliti.

Industri kelapa sawit memiliki potensi untuk menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Setiap ton CPO dapat berkontribusi terhadap produksi 9 ton biomassa dan mempengaruhi tingkat limbah pertanian secara signifikan. Biomassa ini melibatkan berbagai komponen padatan, mulai dari pelepah dan batang kelapa sawit hingga tandan buah kosong, serat, cangkang inti sawit, dan selain itu terdapat juga limbah cair, yaitu POME (Palm Oil Mill Effluent) yang dihasilkan selama proses produksi CPO. Meski demikian, perlu ditegaskan bahwa masalah akumulasi limbah dapat diartikan sebagai peluang, bukan semata-mata sebagai ancaman, terutama jika ditangani dengan cara yang tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami bagaimana bentuk tata kelola limbah pabrik kelapa sawit yang sedang berjalan, mengetahui faktor-faktor yang mendukung tata kelola limbah pabrik kelapa sawit dalam mewujudkan ekonomi sirkular dan membuat aplikasi pengukuran sirkularitas dari tata kelola limbah pabrik kelapa sawit. Pendekatan penelitian adalah penelitian kuantitatif dan kualitatif sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dan pendekatan penilaian indikator sirkularitas.

Dari hasil perhitungan MCI pada studi ini didapati bahwa tata kelola POME dengan proses pengomposan memiliki nilai sirkularitas yang paling tinggi. Hal ini dimungkinkan karena pupuk yang dihasilkan dari pengelolaan POME dapat meningkatkan kesuburan tanah sehingga meningkatkan produktivitas dari tandan buah segar kelapa sawit sehingga produksi CPO, sebagai produk utama, dapat meningkat. Siklus seperti ini sangat menggambarkan penerapan ekonomi sirkular dimana seluruh produk yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali sehingga meningkatkan nilai ekonomi dari proses itu sendiri tanpa membuang suatu produk yang masih memiliki nilai ekonomi.

Hasil studi tata kelola ini didapati bahwa perbedaan kapasitas pada pabrik kelapa sawit tidak menunjukkan perbedaan nilai sirkularitas. Hal ini disebabkan pada proses pengolahan bahan baku murni tandan buah segar kelapa sawit memiliki proses yang sama dari setiap PKS dan tidak terdapat proses daur ulang dan penggunaan kembali dari bahan baku murni.

Tata kelola POME yang memiliki nilai sirkularitas paling tinggi terdapat pada skenario keempat yaitu proses pengomposan atau pemanfaatan POME menjadi pupuk dengan nilai sirkularitas sebesar 0,7065, sedangkan nilai sirkularitas terendah terdapat pada pengelolaan POME berdasarkan peraturan yang ada di Indonesia, yaitu sebesar 0,55. Dari hasil ini didapati bahwa tata kelola limbah cair pabrik kelapa sawit pada umumnya masih menggunakan cara konvensional yaitu sistem kolam terbuka. Hal ini dilakukan karena hanya untuk memenuhi baku mutu yang telah ditentukan oleh peraturan yang ada.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mendukung tata kelola limbah cair pabrik kelapa sawit dalam mewujudkan ekonomi sirkular, yaitu penerepan prinsip-prinsip 5R (reduce, reuse, recycle, refurbish, dan repair), penggunaan teknologi dan pemanfaatan limbah lebih lanjut, dan peraturan yang lebih spesifik dalam menentukan dan mengatur tata kelola limbah cair yang baik.

## KAJIAN TATA KELOLA LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN EKONOMI SIRKULAR STUDI KASUS: LIMBAH CAIR (POME) PABRIK KELAPA SAWIT

Project Grant Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS)

KELOMPOK PENELITIAN:  
Dr. Ani Yunaningsih,S.E.,M.Si (065860988583)  
Aries Muzakier, S.P., M.Si  
Amras Mauluddin, S.Kom., M.T  
Yudi Satriadi, S.P., M.M  
Evy Sylviani Suryatmana, S.Si, M.Si  
Immanuel Teja Harjaya,S.T., M.T  
Andreas Dwiputra, S.T.

LEMBAGA PENELITIAN  
UNIVERSITAS LANGLANGBUANA



### MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan kegiatan kajian Tata Kelola limbah pabrik Kelapa Sawit dalam mewujudkan ekonomi sirkular adalah:

1. Mengetahui dan memahami tata kelola limbah pabrik kelapa sawit yang sedang berjalan.
2. Mengetahui faktor-faktor yang mendukung tata kelola limbah pabrik kelapa sawit dalam mewujudkan ekonomi sirkular.
3. Membuat aplikasi pengukuran sirkularitas dari tata kelola limbah cair (POME) pabrik kelapa sawit.



Gambar A. Bagan Ekonomi Linier ke Ekonomi Sirkular sebagai konsep untuk pembuatan Pra-Software



Gambar B. Kolam IPAL di PKS Kebun PTPN III Rambutan



Gambar D. Kegiatan pengolahan kelapa sawit di PKS Unit Bekri



Gambar F. Kolam IPAL di PKS Kebun PT Condong Garut



Gambar C. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PKS Kebun Rambutan



Gambar E. Denah IPAL PKS PTPN VII PKS Unit Bekri



Gambar G. Denah IPAL PKS PT Condong Garut

### ROADMAP RISET DAN PROGRESS



### SIMPULAN

Hasil studi tata kelola ini didapati bahwa perbedaan kapasitas pada beberapa korespondensi pabrik kelapa sawit (PKS) tidak menunjukkan perbedaan nilai sirkularitas. Hal ini disebabkan pada proses pengolahan bahan baku murni tandan buah segar kelapa sawit memiliki proses yang sama dari setiap PKS dan tidak terdapat proses daur ulang dan penggunaan kembali dari bahan baku murni.

Tata kelola POME yang memiliki nilai sirkularitas paling tinggi yaitu pada skema proses pengomposan atau pemanfaatan POME menjadi pupuk. Tata kelola limbah cair pabrik kelapa sawit pada umumnya masih menggunakan cara konvensional yaitu sistem kolam terbuka. Hal ini dilakukan karena hanya untuk memenuhi baku mutu yang telah ditentukan oleh peraturan yang ada.



Gambar H. Instalasi untuk sirkulasi Air Limbah PKS Kebun Rambutan



Gambar I. Kebun percobaan aplikasi limbah cair sawit PT Condong Garut

07 | S  SIAL

EKON  MI

 ICT

# SAWIT DAN SDGs: KAJIAN TENTANG KONTRIBUSI PADA PENCAPAIAN TARGET SDGs DAN PERANCANGAN STRATEGI PENINGKATAN KONTRIBUSINYA

Ketut Sukiyono dan Tim Peneliti.

Indonesia dan Malaysia merupakan dua negara produsen dan eksportir terbesar Crude Palm Oil (CPO) di dunia. Kontribusi kedua negara mencapai 90% terhadap ekspor dunia. Pertanyaannya adalah seberapa besar kontribusi kelapa sawit terhadap pencapaian SDGs dan seberapa besar kontribusi kelapa sawit rakyat di Indonesia terhadap pencapaian tujuan SDGs. Fakta menunjukkan kelapa sawit berkontribusi pada 13 tujuan SDGs (Sukiyono, et al., 2022), yaitu : SDGs 1\_No Poverty, SDGs 2\_ Zero Hunger, SDGs 3\_ Good Health and Wellbeing, SDGs 4\_Quality Education, SDGs 5\_ Gender Equality, SDGs 6\_Clean Water and Sanitation, SDGs 7\_Affordable and Clean Energy, SDGs 8\_Decent Work and Economic Growth, SDGs 9\_Industry, Innovation, and Infrastructure, SDGs 10\_Reduced Inequalities, SDGs 13\_Climate Action, SDGs 15\_Life on Land, SDGs 17\_ Partnerships for the Goals. Ketigabelas tujuan itu dapat diklasifikasikan ke dalam tiga pilar yaitu: sosial, ekonomi dan lingkungan. Secara umum, hasil penelitian kontribusi kelapa sawit pada pencapaian target SDGs sebagai berikut :

Pilar Sosial, Hasil riset mengindikasikan lebih dari 98% rumah tangga petani kelapa sawit terhindar dari kemiskinan (SDG 3). Temuan ini menyatakan bahwa kelapa sawit berperan nyata dalam pengurangan kemiskinan, karena hampir tidak dijumpai rumah tangga kelapa sawit yang miskin. Kesimpulan ini diperkuat fakta bahwa lebih dari 92% rumah tangga dapat mengakses fasilitas kesehatan khususnya fasilitas kesehatan ibu hamil dan anak. Fokus SDG 5 pada kesetaraan gender, partisipasi wanita pada perkebunan kelapa sawit mencapai 11% baik pada kebun milik sendiri atau milik orang lain. Wanita bekerja di perkebunan kelapa sawit jarang dijumpai, meskipun proses produksi kelapa sawit sangat ditentukan oleh keberadaan wanita yang membantu panen dan perawatan kelapa sawit.

Pilar ekonomi, energi bersih dan terjangkau (SDG 7). Isu-isu lingkungan terkait erat dengan penggunaan fosil sebagai sumber energi dan terbatasnya penggunaan sumber energi terbarukan. Terlepas dari sumber pembangkit energilebih dari 94% rumah tangga kelapa sawit telah menggunakan sumber energi listrik yang disediakan negara (PLN). Persentase pengguna LPG untuk memasak mencapai 84% dari total rumah tangga kelapa sawit. Kelapa sawit juga menjadi sumber lapangan kerja bagi tenaga kerja dalam dan luar keluarga. Setiap hektarnya menyerap 0.5 orang atau setara 3 orang per rumah tangga. Indikator lain dari SDG 8 adalah akses ke fasilitas keuangan dan jalan utama. Hasil riset mengkonfirmasi bahwa 79.20% rumah tangga kelapa sawit merasa kesulitan mengakses lembaga keuangan, penyebabnya antara lain lokasinya yang jauh sehingga sulit dijangkau atau faktor penyebab lainnya. Perkebunan kelapa sawit membutuhkan dana investasi sangat besar dan dana investasi ini sangat penting untuk meningkat kinerjanya. Rumah tangga kelapa sawit relatif mudah mengakses jalan diaspal dan dilalui kendaraan roda empat.

Pilar lingkungan, kelapa sawit selalu dikaitkan dengan masalah lingkungan. Kelapa sawit dituding menjadi penyebab perubahan iklim karena menghasilkan gas methane dan dan nitrogen oksida (Mudiyarto, et al (2002); dan Reijnders & Huijbregts (2006)). Faktanya, produk-produk kelapa sawit menghasilkan biofuel yang ramah lingkungan. Persepsi mayoritas petani (67%) menyatakan bahwa kelapa sawit tidak berdampak terhadap lingkungan terutama perubahan temperatur disekitar mereka. Mayoritas (75%) mereka juga menyatakan bahwa kelapa sawit tidak menyebabkan pendangkalan sungai. Selanjutnya lebih dari 92% petani kelapa sawit mempunyai surat kepemilikan sah atas lahannya. Ini bermakna bahwa kebun sawit rakyat tidak berada di wilayah konservasi. Temuan-temuan ini juga menyangkal tuduhan bahwa perkebunan kelapa sawit menjadi penyebab perubahan iklim, dan pendangkalan sungai karena rakus penggunaan air yang tinggi.

## SAWIT DAN SDGs:

### KAJIAN TENTANG KONTRIBUSI PADA PENCAPAIAN TARGET SDGs DAN PERANCANGAN STRATEGI PENINGKATAN KONTRIBUSINYA

**Ketut Sukiyono**  
M. Mustopa Romdhon  
Gita Mulyasari  
M. Zulkarnain Yuliarso  
Musriyadi Nabiu  
Agung Trisusilo  
Reflis

**Dompok MT Napitupulu**  
Yoga Nugroho  
May Shiska Puspitasari  
Sigit Sugiardi  
Arifudin  
Masliani

#### Tujuan

Menentukan dan mengkaji kontribusi perkebunan kelapa sawit pada pencapaian tujuan SDGs yang paling signifikan

#### Lokasi Penelitian dan Sampel

Aceh, Riau, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, Bengkulu, Jambi, Papua Barat

#### Latar Belakang

- Kelapa sawit merupakan kontributor terbesar dari subsektor perkebunan, tetapi kontribusi kemiskinan dan ketimpangan dari kelapa sawit, terlebih dalam pencapaian SDGs belum dapat dilacak.
- SDGs bertujuan menghilangkan kemiskinan dalam segala bentuknya pada tahun 2030.
- Penelitian tentang keberlanjutan pembangunan kelapa sawit, belum mengungkap dengan jelas dan detail kaitan antara dimensi yang digunakan dalam SDGs
- Kontribusi signifikan penelitian ini adalah kemampuan untuk melakukan uji lanjut guna mengetahui apakah perkebunan kelapa sawit berada pada jalur yang tepat atau tidak dalam pencapaian target SDGs.

#### PILAR PEMBANGUNAN SOSIAL

Persentase rumah tangga petani kecil kelapa sawit yang tergolong tidak miskin

Provinsi	2017	2018	2019	2020
Aceh	98.2%	98.5%	98.8%	99.1%
Riau	98.5%	98.8%	99.1%	99.4%
Kalimantan Barat	98.8%	99.1%	99.4%	99.7%
Kalimantan Tengah	99.1%	99.4%	99.7%	100%
Sumatera Selatan	99.4%	99.7%	100%	100%
Kalimantan Timur	99.7%	100%	100%	100%
Bengkulu	99.9%	100%	100%	100%
Jambi	100%	100%	100%	100%
Papua Barat	100%	100%	100%	100%

Kesetaraan Gender

Provinsi	2017	2018	2019	2020
Aceh	11.2%	11.5%	11.8%	12.1%
Riau	11.5%	11.8%	12.1%	12.4%
Kalimantan Barat	11.8%	12.1%	12.4%	12.7%
Kalimantan Tengah	12.1%	12.4%	12.7%	13%
Sumatera Selatan	12.4%	12.7%	13%	13.3%
Kalimantan Timur	12.7%	13%	13.3%	13.6%
Bengkulu	13%	13.3%	13.6%	13.9%
Jambi	13.3%	13.6%	13.9%	14.2%
Papua Barat	13.6%	13.9%	14.2%	14.5%

#### PILAR PEMBANGUNAN LINGKUNGAN

Distribusi Petani Kelapa Sawit Berdasarkan Implementasi GPP, pembaruan lahan-lahan sawit untuk energi dan panas

Provinsi	2017	2018	2019	2020
Aceh	75.2%	75.5%	75.8%	76.1%
Riau	75.5%	75.8%	76.1%	76.4%
Kalimantan Barat	75.8%	76.1%	76.4%	76.7%
Kalimantan Tengah	76.1%	76.4%	76.7%	77%
Sumatera Selatan	76.4%	76.7%	77%	77.3%
Kalimantan Timur	76.7%	77%	77.3%	77.6%
Bengkulu	77%	77.3%	77.6%	77.9%
Jambi	77.3%	77.6%	77.9%	78.2%
Papua Barat	77.6%	77.9%	78.2%	78.5%

Pengaruh Petani Kelapa Sawit terhadap Terjadinya Perubahan Suhu dan Pergerakan Sungai

Provinsi	Tm Temperature Change (°C)		Tm River Shifting (m)	
	2017	2018	2017	2018
Aceh	0.1	0.2	1.5	1.6
Riau	0.2	0.3	1.6	1.7
Kalimantan Barat	0.3	0.4	1.7	1.8
Kalimantan Tengah	0.4	0.5	1.8	1.9
Sumatera Selatan	0.5	0.6	1.9	2.0
Kalimantan Timur	0.6	0.7	2.0	2.1
Bengkulu	0.7	0.8	2.1	2.2
Jambi	0.8	0.9	2.2	2.3
Papua Barat	0.9	1.0	2.3	2.4

#### PILAR PEMBANGUNAN EKONOMI

Akses ke Listrik

Provinsi	2017	2018	2019	2020
Aceh	98.5%	98.8%	99.1%	99.4%
Riau	98.8%	99.1%	99.4%	99.7%
Kalimantan Barat	99.1%	99.4%	99.7%	100%
Kalimantan Tengah	99.4%	99.7%	100%	100%
Sumatera Selatan	99.7%	100%	100%	100%
Kalimantan Timur	100%	100%	100%	100%
Bengkulu	100%	100%	100%	100%
Jambi	100%	100%	100%	100%
Papua Barat	100%	100%	100%	100%

Perolehan Iyap dan perkebunan akrovis

Provinsi	Iyap (kg/ha)		Perkebunan akrovis (ha)	
	2017	2018	2017	2018
Aceh	1.2	1.3	1.5	1.6
Riau	1.3	1.4	1.6	1.7
Kalimantan Barat	1.4	1.5	1.7	1.8
Kalimantan Tengah	1.5	1.6	1.8	1.9
Sumatera Selatan	1.6	1.7	1.9	2.0
Kalimantan Timur	1.7	1.8	2.0	2.1
Bengkulu	1.8	1.9	2.1	2.2
Jambi	1.9	2.0	2.2	2.3
Papua Barat	2.0	2.1	2.3	2.4

Industri, inovasi dan infrastruktur

Provinsi	Industri (Rp/ha)		Inovasi (Rp/ha)		Infrastruktur (Rp/ha)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Aceh	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9
Riau	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0
Kalimantan Barat	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1
Kalimantan Tengah	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2
Sumatera Selatan	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3
Kalimantan Timur	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4
Bengkulu	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5
Jambi	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6
Papua Barat	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7

#### Luaran Buku

1. Kelapa Sawit & Sustainable Development Goals

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. ...

7. ...

8. ...

# PERAN KEBIJAKAN KOMPREHENSIF, SUPLEMENTASI, DAN KECERDASAN EMOSIONAL UNTUK PENINGKATAN STATUS KESEHATAN REPRODUKSI, STATUS GIZI DAN PENYIMPANGAN KERJA PADA PEKERJA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

(Studi Intervensi : Mindfulness & Art Therapy Untuk Meminimalisir Penyimpangan Kerja pada Pekerja Kebun Sawit di Kalimantan Selatan)

Dr. Silvia Kristanti Tri Febriana, M.Psi., Psi. dan Tim Peneliti.

Penyimpangan Kerja seperti kerentanan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerja sawit berdampak merugikan bagi produktifitas individu maupun organisasi. Hasil temuan riset ditahun pertama menunjukkan bahwa faktor stres dan emosi negatif menjadi penyebab terjadinya penyimpangan kerja. Oleh karena itu riset tahun kedua bertujuan untuk memberikan intervensi psikologis guna meminimalisir adanya permasalahan psikologis.

Studi 1 dilakukan pada 369 pekerja kebun sawit di kabupaten Tanah Laut dan Tapin Propinsi Kalimantan Selatan dengan kuesioner untuk melakukan skrining profiling psikologis kemudian dilanjutkan dengan Tes MMPI (Minnesota Multiphasic Personality Inventory) untuk mengukur kondisi psikopatologi subjek. Hasil dari studi 1 menunjukkan bahwa rendahnya Kesehatan mental, kesejahteraan psikologis, dan kebahagiaan menjadi prosentase terbesar permasalahan psikologis pekerja sawit. Selanjutnya, terklasifikasi 30 orang dari hasil skrining dan tes MMPI untuk diberi perlakuan intervensi pada studi 2. Intervensi Mindfulness & Art Therapy dilakukan dengan melakukan meditasi dan melukis pada partisipan untuk meluapkan emosi. Hasil studi 2 dengan pendekatan quasi eksperimen menunjukkan terjadi perbedaan peningkatan kesehatan mental, kesejahteraan psikologis, dan kebahagiaan antara sebelum dan sesudah diberikan intervensi Mindfulness & Art Therapy. Selain itu studi korelasi juga menunjukkan bahwa pasca intervensi penurunan emosi negatif dapat menurunkan terjadinya penyimpangan kerja ( $r=0,482$ ,  $p<0.01$ ). Oleh karena itu dapat disimpulkan adanya intervensi Mindfulness dan Art Therapy dapat dipertimbangkan untuk menjadi satu program asistensi dengan pendekatan psikologis pada pekerja kebun di sektor sawit. Lebih lanjut, penelitian ini terbatas dilakukan pada wilayah Kalimantan Selatan sehingga penelitian selanjutnya dapat melakukan studi serupa antar propinsi di wilayah Indonesia.



## Peran Kebijakan Komprehensif untuk Peningkatan Status Gizi, Kesehatan dan Keselamatan Kerja, dan Kesehatan Reproduksi Pada Pekerja Perkebunan Kelapa Sawit (Studi Kasus di Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Tanah Laut dan Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan)

Meitria Syahadatina Noor dan Tim Peneliti.

Salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam perekonomian di Indonesia adalah kelapa sawit. Salah satu proses yang terjadi di perkebunan kelapa sawit adalah pemeliharaan tanaman yang memungkinkan mereka kontak dengan pupuk atau bahan kimia yang dapat berpengaruh terhadap permasalahan kesehatan reproduksi dan gizi. Kondisi ini tidak hanya mengancam kesejahteraan pekerja namun juga berdampak pada menurunnya produktifitas dan keberlangsungan usaha bisnis sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran kebijakan komprehensif untuk peningkatan status gizi, Kesehatan dan keselamatan kerja, dan kesehatan reproduksi pada pekerja perkebunan kelapa sawit.

Desain penelitian menggunakan desain quasi eksperimental untuk mengetahui perbaikan sebelum dan sesudah pemberian edukasi tentang gizi dan Kesehatan dan keselamatan kerja pada pekerja, dan pemberian Pelatihan Sistem Manajemen K3 dan Pengelolaan Gizi Tenaga Kerja di tingkat manajerial. Intervensi yang diberikan adalah edukasi tentang gizi dan Kesehatan dan keselamatan kerja pada pekerja, dan pemberian Pelatihan Sistem Manajemen K3 dan Pengelolaan Gizi Tenaga Kerja di tingkat -manajerial. Sampel pada penelitian ini sebanyak 144 orang (72 di PT A dan 72 di PT B, yang masing-masing terdiri dari 36 orang karyawan kebun dan 36 orang karyawan kantor), serta karyawan tingkat manajerial masing-masing perusahaan ada 6 orang. Data dianalisis secara univariat dan bivariat dengan menggunakan program statistik SPSS.

Hasil pemeriksaan sebelum edukasi tentang gizi dan K3 menunjukkan pengetahuan karyawan kebun PT A tentang K3 adalah baik 43,8% dan kurang baik 56,3%, sedangkan pengetahuan karyawan kantor PT A tentang K3 adalah baik 3,1% dan kurang baik 93,8%. Pengetahuan karyawan kebun PT B tentang K3 adalah baik 31,3% dan kurang baik 62,5%, sedangkan di kantor adalah kurang baik 100%. Data pengetahuan tentang gizi PT A adalah baik 46,7% dan sangat baik 53,3%, sedangkan PT B adalah baik 67,2% dan sangat baik 32,8%. Kecukupan gizi pekerja kebun dan kantor PT A dan PT B untuk energi, protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral masih kurang. Evaluasi efektivitas edukasi tentang K3 dan gizi menunggu evaluasi post test. Hasil evaluasi workshop K3 dan gizi di tingkat manajerial menunjukkan 5 orang mengalami peningkatan pengetahuan, 10 orang memiliki pengetahuan yang tetap, dan 3 orang mengalami penurunan. Tetapi secara umum, skor pengetahuan sebelum workshop adalah 72 dan skor pengetahuan setelah workshop adalah 82, yaitu terjadi peningkatan pengetahuan karyawan tingkat manajerial.

Kesimpulan penelitian ini adalah pengetahuan K3 dan gizi pekerja dan kantor sebelum edukasi masih rendah, dan konsumsi kecukupan gizi juga masih kurang. Pengetahuan sebelum dan setelah workshop K3 dan gizi untuk karyawan tingkat manajerial mengalami peningkatan. Dengan demikian upaya workshop tingkat manajerial dapat menjadi program untuk peningkatan Kesehatan K3 dan gizi di tingkat kebijakan, sedangkan edukasi untuk karyawan tentang K3 dan gizi diperlukan secara rutin untuk mengubah pengetahuan tentang K3 dan gizi serta perilaku konsumsi makanan.



### PERAN KEBIJAKAN KOMPREHENSIF UNTUK PENINGKATAN STATUS GIZI, KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA, DAN KESEHATAN REPRODUKSI PADA PEKERJA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Studi Kasus di Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Tanah Laut dan Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan

**TIM PENELITI**  
Meitria Syahadatina Noor  
Andini Octaviana Putri  
Fakhriyah  
Muhammad Irwan Setiawan





#### LATAR BELAKANG

Salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam perekonomian di Indonesia adalah kelapa sawit. Salah satu proses yang terjadi di perkebunan kelapa sawit adalah pemeliharaan tanaman yang memungkinkan mereka kontak dengan pupuk atau bahan kimia yang dapat berpengaruh terhadap permasalahan kesehatan reproduksi dan gizi.

Kondisi ini tidak hanya mengancam kesejahteraan pekerja namun juga berdampak pada menurunnya produktifitas dan keberlangsungan usaha bisnis sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran kebijakan komprehensif untuk peningkatan status gizi, Kesehatan dan keselamatan kerja, dan kesehatan reproduksi pada pekerja perkebunan kelapa sawit.

#### METODE

Desain penelitian menggunakan desain quasi eksperimental

Intervensi yang diberikan adalah edukasi tentang gizi dan Kesehatan dan keselamatan kerja pada pekerja, dan pemberian Pelatihan Sistem Manajemen K3 dan Pengelolaan Gizi Tenaga Kerja di tingkat manajerial.

Sampel pada penelitian ini sebanyak 144 orang (72 di PT A dan 72 di PT B).

Data dianalisis secara univariat dan bivariat dengan menggunakan program statistik SPSS.

#### TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran kebijakan komprehensif untuk peningkatan status gizi, Kesehatan dan keselamatan kerja, dan kesehatan reproduksi pada pekerja perkebunan kelapa sawit.

#### HASIL

Hasil penelitian edukasi gizi dan K3 di PT A dan PT B



Hasil evaluasi workshop K3 dan gizi di tingkat manajerial



Rata-rata skor pengetahuan sebelum dan sesudah workshop



#### KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah pengetahuan K3 dan gizi pekerja dan kantor sebelum edukasi masih rendah, dan konsumsi kecukupan gizi juga masih kurang. Pengetahuan sebelum dan setelah workshop K3 dan gizi untuk karyawan tingkat manajerial mengalami peningkatan. Dengan demikian upaya workshop tingkat manajerial dapat menjadi program untuk peningkatan Kesehatan K3 dan gizi di tingkat kebijakan, Sedangkan edukasi untuk karyawan tentang K3 dan gizi diperlukan secara rutin untuk mengubah pengetahuan tentang K3 dan gizi serta perilaku konsumsi makanan.

## MODEL REINTEGRASI SOSIAL-EKONOMI EKS KOMBATAN GAM RIMUENG KURENG BERBASIS USAHA KELAPA SAWIT DI KECAMATAN NISAM ANTARA KABUPATEN ACEH UTARA, PROVINSI ACEH

Prof. Dr. Nirzalin, M.Si., CIQaR dan Tim Peneliti.

Reintegrasi sosial antara eks kombatan GAM, korban konflik dan Masyarakat sipil pasca damai Aceh 15 Agustus 2005 tidak serta merta mewujud dalam tataran sosialnya. Luka konflik dan pembelahan sosial hampir 30 tahun (1976-2005) tidak dengan mudah terjahit kembali. Eksisting realitas sosial seperti itu membutuhkan ruang sosial-ekonomi yang dapat mempertemukan ikatan dialogis dan pemupukan emosional antara eks kombatan dan Masyarakat sipil. Menyadari kebutuhan terhadap media reintegrasi sosial ini pemerintah Indonesia melalui Badan Reintegrasi Aceh melakukan pelbagai program untuk membangun reintegrasi melalui pelbagai program pemberdayaan ekonomi seperti pemberian tanah kebun masing-masing 2 hektar untuk eks kombatan, Fasilitas Modal Usaha dan Program Boat Nelayan, namun kurang berhasil dan relatif bergerak lambat dalam mendorong tumbuhnya kesejahteraan berkelanjutan eks kombatan. Namun, realitas berbeda terjadi di Nisam Antara Kabupaten Aceh Utara, eks komandan Pasukan Rimueng Kureung, Rando dengan 600 hektar lebih perkebunan kelapa sawitnya mampu menghadirkan kesejahteraan ekonomi bersama yang stabil dan berkelanjutan bagi eks kombatan dan masyarakat sipil sekitar. Tidak hanya menjadi arena pencapaian kesejahteraan ekonomi bersama eks kombatan dan masyarakat setempat, Rando juga berhasil memberdayakan eks kombatan lainnya untuk mampu menjadi perintis usaha perkebunan kelapa sawit di wilayah Aceh Utara lainnya. Mereka yang telah berhasil dididik dan menjadi pelaku usaha perkebunan kelapa sawit lainnya di Aceh Utara antara lain Nek Jir, Toke Yani, Raju, Pak Syukur, Midi Kobo, Rasyidien dan Si Tep.

Ada tiga aspek penting yang mendorong percepatan transformasi kesejahteraan ekonomi bersama eks kombatan, korban konflik dan Masyarakat sipil sekitar melalui usaha perkebunan kelapa sawit yang digerakkan oleh Pang Rando, yaitu modal sosial individual, modal sosial kolektif, dan manajemen komando. Namun, proses budidaya kelapa sawit masih dilakukan secara tradisional dan bibit yang dipilih untuk ditanam tidak berasal dari bibit unggul yang tersertifikasi, hal ini menyebabkan hasil yang diperoleh tidak optimal. Melalui proses penyuluhan, advokasi, dan pendampingan yang dilakukan secara intensif oleh tim peneliti, saat ini perkebunan eks kombatan GAM di Nisam Antara yang digerakkan oleh Rando mulai menggunakan bibit bersertifikat. Dalam proses ini tim riset telah ikut membantu 1000 batang bibit bersertifikat Varietas Yangambi, Simalungun, Sungai Pancur 1 dan PPKS 540 siap tanam sejumlah 1000 (Seribu Batang) sebagai stimulus dan telah ditanam dilahan baru seluas 7 hektar.

Untuk menguatkan manajemen dan keberlanjutan usaha serta kesejahteraan berkelanjutan para pihak, tim peneliti telah menginisiasi pendirian koperasi. Saat ini koperasi produsen sawit damai lestari telah terlegalisasi pada Kemenkumham Republik Indonesia No. AHU-002308. AH.01.29. TAHUN 2023. Agar dapat diduplikasi pada daerah lainnya di Aceh dan dapat disusun kebijakan pemerintah yang menempatkan kelapa sawit sebagai salah satu prioritas program unggulan dalam proses membangun kesejahteraan dan reintegrasi eks kombatan, korban konflik dan masyarakat sekitar, tim peneliti telah menyusun Naskah Akademik dan Policy Brief dan telah diserahkan kepada Badan Reintegrasi Aceh (BRA) Pemerintah Propinsi Aceh untuk dijadikan sebagai salah satu sumber rujukan penyusunan kebijakan Reintegrasi Aceh berbasis perkebunan kelapa sawit untuk mendukung perdamaian berkelanjutan di Aceh.

### Model Reintegrasi Sosial-Ekonomi Eks Kombatan GAM Rimueng Kureng Berbasis Usaha Kelapa Sawit Di Kecamatan Nisam Antara Kabupaten Aceh Utara

Nomor Kontrak : PRJ-34/DPKS/2021



Tim Peneliti:  
Prof. Dr. Nirzalin, M.Si, (KETUA)  
0812-6978-860  
nirzalin@unima.ac.id

Dr. Naufal Bachri, S.E., M.B.A,  
Fakhrurrazi, M.Si  
Rizki Yunanda, M.Si

#### Tujuan Penelitian

Menemukan model reintegrasi sosial-ekonomi eks kombatan GAM dan masyarakat melalui usaha perkebunan kelapa sawit di Aceh.

#### Luaran/Output

- Model Reintegrasi Sosial Eks Kombatan dan Masyarakat Sipil Melalui Perkebunan Kelapa Sawit
- HaKi
- Publikasi Ilmiah
- Naskah Akademik
- Policy Brief
- Koperasi



#### Temuan dan Intervensi

1. Usaha Perkebunan kelapa sawit eks kombatan tidak hanya mampu menyejahterakan eks kombatan GAM tetapi juga mampu menjamin kesejahteraan bersama Eks Kombatan, Korban Konflik dan Masyarakat Sipil sekitar secara stabil dan berkelanjutan
2. Rendahnya produksi karena penggunaan bibit yang tidak tersertifikasi, kini setelah dilakukan intervensi oleh tim peneliti para petani eks kombatan GAM dan korban konflik mulai bersedia menggunakan bibit yang tersertifikasi dan sudah ditanam di area baru seluas 7 hektar
3. Untuk menjamin distribusi dan peningkatan kesejahteraan bersama secara berkelanjutan telah didirikan Koperasi Sawit Damai Lestari di Nisam Antara
4. Agar Kelapa Sawit menjadi program prioritas dalam kebijakan reintegrasi sosial eks kombatan dan Masyarakat sipil, peneliti telah menyerahkan Naskah Akademik dan Policy Brief kepada Badan Reintegrasi Aceh (BRA) Pemerintah Propinsi Aceh untuk menjadi rujukan penyusunan kebijakan
5. Kesejahteraan Ekonomi Bersama Eks Kombatan, Korban Konflik dan Masyarakat Sipil merupakan fondasi bagi terwujudnya perdamaian berkelanjutan di Aceh



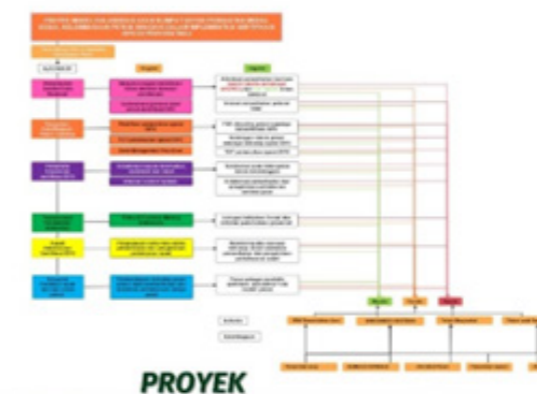
## MODEL KOLABORASI AKAR RUMPUT UNTUK PENGUATAN MODAL SOSIAL KELEMBAGAAN PETANI SWADAYA DALAM IMPLEMENTASI SERTIFIKASI ISPO DI PROVINSI RIAU

Dr. Meyzi Heriyanto, S.Sos, M.Si. dan Tim Peneliti.

Sejak tahun 2011, Indonesia telah menerapkan Indonesian Sustainable Palm Oil System (ISPO) yang selanjutnya diatur dalam Peraturan Presiden No 44 tahun 2020 tentang system sertifikasi perkebunan kelapa sawit berkelanjutan Indonesia. ISPO dibuat dengan tujuan memastikan bahwa pengelolaan kelapa sawit di Indonesia sesuai dengan prinsip-prinsip Good Agricultural Practices (GAP) yang mengedepankan keberlanjutan dalam aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Sertifikasi ISPO memiliki empat target utama, yaitu mendorong perusahaan perkebunan untuk patuh terhadap regulasi pemerintah, meningkatkan kesadaran pelaku industri kelapa sawit dalam upaya perbaikan lingkungan, melaksanakan pembangunan perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan, dan meningkatkan daya saing minyak kelapa sawit Indonesia di pasar internasional. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model kolaborasi petani swadaya dalam memanfaatkan modal sosial bagi kelembagaan petani swadaya yang dapat mendukung implementasi sertifikasi ISPO, dengan menerapkan berbagai prinsip-prinsip, pendekatan, dan metode-metode operasional yang dapat dilaksanakan pada tataran kelembagaan untuk berperan secara aktif berpartisipasi dalam kegiatan sertifikasi ISPO. Sasaran penelitian adalah kelembagaan petani swadaya yang dapat menerapkan tata kelola perkebunan sawit yang berkelanjutan sesuai dengan berbagai prinsip/kriteria/indikator ISPO melalui pendekatan akar rumput (grassroots). Lokasi penelitian ini dilaksanakan pada tiga Kabupaten di Provinsi Riau yaitu di Kabupaten Rokan Hilir, Kabupaten Rokan Hulu dan Kabupaten Pelalawan, pemilihan lokasi penelitian yang representatif dengan metode Multistage Cluster Sampling. Penelitian ini berlangsung selama dua tahun dengan dua tahap utama. Tahap pertama melibatkan pemetaan dan pengumpulan data primer dari petani kelapa sawit swadaya, diskusi mendalam dengan berbagai pihak terkait, pelatihan, pendampingan kelembagaan, dan pendampingan praktik perkebunan berkelanjutan. Ini bertujuan untuk mengumpulkan data tentang kesiapan dan tantangan petani swadaya terkait sertifikasi ISPO serta interaksi petani swadaya dengan aktor lain dalam proses sertifikasi ISPO. Data ini digunakan untuk merumuskan strategi yang mempertimbangkan peluang dan kendala. Tahap kedua melibatkan diskusi lebih lanjut, pelatihan, pendampingan pendaftaran, pemantauan dampak, dan evaluasi. Temuan dari proses ini digunakan untuk merumuskan model yang efektif dan efisien dalam mendukung kelembagaan petani swadaya pada implementasi sertifikasi ISPO. Serta menggunakan Participatory Rural Appraisal (PRA) sebagai metode pengumpulan data, dan beberapa analisis data seperti gap analysis, 4-R, SWOT, serta analisis prospektif. Maka dari itu temuan pada penelitian ini berupa model kolaborasi akar rumput dalam penguatan modal sosial kelembagaan petani swadaya dalam implementasi sertifikasi ISPO di Provinsi Riau, dan proyek model kolaborasi akar rumput dalam penguatan modal sosial kelembagaan petani swadaya dalam implementasi sertifikasi ISPO di Provinsi Riau.



### GAMBAR CAPAIAN HASIL



NO KONTRAK : PRJ-36/DPKS/2021

### TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Model Kolaborasi Petani Swadaya Dalam Memanfaatkan Modal Sosial Bagi Kelembagaan Petani Swadaya yang Dapat Mendukung Implementasi Sertifikasi ISPO, Dengan Menerapkan Berbagai Prinsip-Prinsip, Pendekatan, dan Metode-Metode Operasional yang Dapat Dilaksanakan Pada Tataran Kelembagaan untuk Berperan Secara Aktif Berpartisipasi dalam Kegiatan Sertifikasi ISPO

### CAPAIAN HASIL

- Model Kolaborasi Akar Rumput Dalam Penguatan Modal Sosial Kelembagaan Petani Swadaya Dalam Implementasi Sertifikasi ISPO di Provinsi Riau
- Proyek Model Kolaborasi Akar Rumput Dalam Penguatan Modal Sosial Kelembagaan Petani Swadaya Dalam Implementasi Sertifikasi ISPO di Provinsi Riau

Dr. Meyzi Heriyanto, S.Sos, M.Si (Ketua)  
081276671230

Dr. Harapan Tua RFS M.Si (Anggota)  
Dr. Mayarni S.Sos., M.Si (Anggota)  
Rina Susanti S.Sos., M.Si (Anggota)  
Dedi Kusuma Habibie S.IP., M.PA (Anggota)

# KAJIAN STRATEGI DAN INSENTIF UNTUK PERCEPATAN PELAKSANAAN SERTIFIKASI SAWIT BERKELANJUTAN (ISPO, RSPO, DAN ISCC): KASUS DI KALIMANTAN BARAT DAN RIAU

Dr. Erdi dan Tim Peneliti.

Industri kelapa sawit Indonesia menghadapi tantangan terkait masalah keberlanjutan, yang ditandai dengan maraknya isu lingkungan dan sosial. Untuk mengatasi hal tersebut, skema sertifikasi menjadi alternatif penyelesaiannya. Saat ini tidak kurang dari 19 sertifikasi yang diakui dalam Renewable Energy Directive European Union (RED EU). Untuk Indonesia, skema yang paling umum adalah Roundtable Sustainable Palm Oil (RSPO), Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) dan Internasional Sustainability Carbon Certification (ISCC). RSPO, ISPO dan ISCC. Namun demikian, pelaksanaan ketiga skim tersebut tergolong lambat, dan untuk ISPO hingga September 2021 baru tersertifikasi sekitar 35,4 persen. Padahal, sesuai target pada 2025 seluruh kebun sawit Indonesia harus bersertifikat ISPO. Oleh karena itu, kajian ini berusaha memahami rendahnya adopsi sertifikasi berkelanjutan dengan mendalami aspek manfaat, dampak lingkungan, sosial dan ekonomi. Untuk selanjutnya akan dirumuskan mekanisme percepatan dan dukungan kebijakan pemerintah di sub-nasional dalam bentuk peraturan daerah (Pergub atau Perbub atau regulasi lainnya) untuk mempercepat pelaksanaan sertifikasi.

Survei ke 455 petani di Kalimantan Barat dan Riau, wawancara mendalam dan FGD di kedua provinsi tersebut mengkonfirmasi temuan-temuan terdahulu, rendahnya pencapaian sertifikasi disebabkan oleh masalah legalitas lahan, rendahnya dukungan pemerintah, lemahnya kelembagaan petani, rendahnya kemampuan teknis dan manajerial petani, serta tidak adanya premi harga (untuk sertifikasi ISPO).

Temuan sementara tersebut menunjukkan perlunya peningkatan jumlah dan mutu sosialisasi ISPO, RSPO dan ISCC kepada petani sawit dengan melibatkan stakeholders daerah (Disbun Propinsi, Kabupaten dan kota; DPRD, LSM, dan perusahaan). Untuk itu diperlukan pendanaan yang dapat berasal dari dana pungutan sawit BDPDKS, Pemda, swasta, lembaga donor dan BUMN.

Strategi percepatan sertifikasi perkebunan kelapa sawit rakyat dapat dilakukan dengan menguatkan kelembagaan petani sawit melalui pendampingan yang intensif, seperti yang dilakukan WWF di Pelalawan, Riau; Solidaridad, SPKS, GIZ di Sanggau, Kalimantan Barat, pendampingan oleh Perguruan Tinggi melalui kemitraan dengan universitas, mobilisasi volunteerism pendampingan bagi khalayak publik yang peduli dengan pemberdayaan dan sawit berkelanjutan, serta mobilisasi tenaga pendamping organik (lokal). Diperlukan juga penguatan kemitraan antara perusahaan perkebunan swasta/BUMN dan memberikan premi harga (premium price) terhadap CPO yang dihasilkan petani yang bersertifikat. Selain itu, pendekatan sosialisasi yang cenderung formal dan kaku perlu diubah menjadi lebih interaktif dan sistematis. Yang tidak kalah penting, percepatan sertifikasi ISPO dan RSPO memerlukan perubahan paradigma dalam pengembangan dan pelembagaan insentif pada tingkat praktis. Kombinasi insentif berbasis pasar dan berbasis negara merupakan pilihan rasional. Sumber insentif dapat berasal dari mekanisme transfer fiskal antar pemerintah seperti mekanisme bagi hasil, pungutan ekspor, dan dana lingkungan hidup. Percepatan sertifikasi perlu memperhatikan kualitas sertifikasi, bukan sekedar target kuantitas, melalui penguatan tata kelola kelapa sawit berkelanjutan di tingkat petani.

## UNIVERSITAS TANJUNG PURA

Kajian Strategi dan Insentif untuk Percepatan Pelaksanaan Sertifikasi Sawit Berkelanjutan (ISPO, RSPO, dan ISCC): Kasus di Kalimantan Barat dan Riau

Ketua Tim Peneliti: Dr. Erdi

UT

### 1. TUJUAN PENELITIAN

1. Memberikan rekomendasi bagi penguatan dan percepatan penerapan RSPO, ISPO dan ISCC
2. Untuk melakukan studi Perbandingan melalui pengujian dampak Implementasi ragam skema sertifikasi, khususnya ISPO dan RSPO terhadap sosial-ekonomi masyarakat dan lingkungan sekitar
3. Untuk membuat panduan kebijakan dan teknis penguatan dan percepatan penerapan RSPO, dan ISPO
4. Untuk membangun dan mengembangkan system dan mekanisme insentif bagi upaya mendorong penerapan sertifikasi (RSPO, dan ISPO)
5. Memfasilitasi penyusunan regulasi daerah (Draft Peraturan Daerah seperti Pergub atau Perbub atau peraturan daerah lainnya) guna penguatan dan percepatan penerapan RSPO dan ISPO.

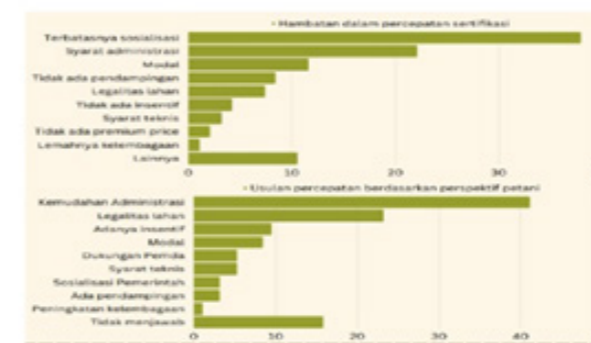
### 2. Capaian Hasil Sementara

Secara umum dampak sertifikasi positif. Dampak positif terhadap lingkungan: 1. Kesadaran lingkungan meningkat; 2. Pengelolaan lahan tanpa membakar; 3. Perlindungan wilayah yang memiliki nilai konservasi tinggi (HCV/HCS); 4. Perlindungan wilayah sempadan Sungai; 5. Kawasan hutan dijaga; 6. Penerapan Good Agricultural Practices; 7. Penggunaan pakaian Alat Pelindung Diri; 8. membiayai anaknya melanjutkan studi ke jenjang lebih tinggi.

Dampak ekonomi antara lain: 1. Peningkatan produktivitas kebun; 2. Penjualan kredit sertifikasi RSPO; 3. Pendapatan dari kebun meningkat karena harga meningkat (TBS); 4. Akses pasar menjadi lebih mudah; 5. Petani mampu membiayai anaknya melanjutkan studi ke jenjang lebih tinggi. Dampak RSPO, Koperasi Sawit Jaya Riau mendapatkan 300 juta rupiah yang digunakan untuk surveillance. Sedangkan ISPO belum ada dampak ekonomi

Dampak sosial antara lain: 1. Kapasitas kelembagaan petani meningkat; 2. Petani menjadi lebih terorganisir; 3. Secara administratif dan teknis lebih rapi; 4. Keberadaan Internal Control System membuat pemenuhan prinsip dan kriteria sertifikasi menjadi lebih terarah; 5. Kapasitas petani secara teknis dalam manajemen kebun meningkat; 6.

### Hambatan Dalam Sertifikasi



SUMBER : BPDB 2020

Percepatan sertifikasi ISPO dan RSPO memerlukan perubahan paradigma dalam pengembangan dan pelembagaan insentif pada tingkat praktis. Kombinasi insentif berbasis pasar dan berbasis negara merupakan pilihan rasional

Sumber insentif dapat berasal dari mekanisme transfer fiskal antar pemerintah seperti mekanisme bagi hasil, pungutan ekspor, dan dana lingkungan hidup.

Percepatan sertifikasi perlu memperhatikan kualitas sertifikasi, bukan sekedar target kuantitas, melalui penguatan tata kelola kelapa sawit berkelanjutan di tingkat petani.

Draft Panduan : Pedoman Percepatan Pelaksanaan Sertifikasi Sawit Berkelanjutan untuk Pekebun Sawit Rakyat Provinsi Riau dan Kalimantan Barat

Draft Regulasi akan di susun dengan melibatkan stakeholders terkait pada Tahun Kedua



## KAJIAN ASPEK SOSIAL-EKONOMI DAN PEMASARAN KOMODITAS KELAPA SAWIT: STUDI KASUS DI INDONESIA, MALAYSIA, DAN GHANA

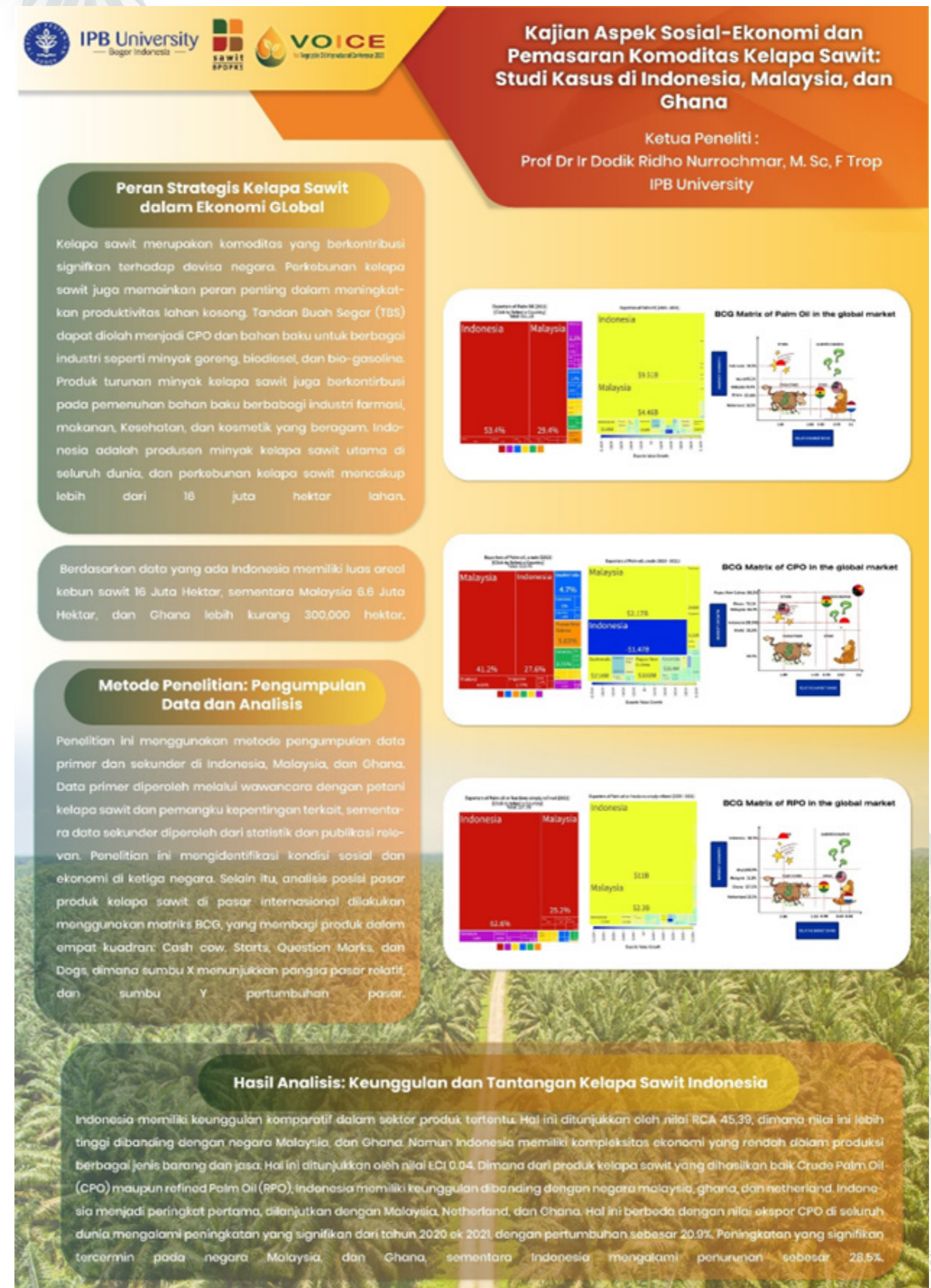
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmar, M.Sc., F.Trop. dan Tim Peneliti.

Kelapa sawit merupakan komoditas yang memberikan kontribusi signifikan terhadap pemasukan devisa negara. Perkebunan kelapa sawit juga memiliki peran penting dalam mengoptimalkan produktivitas lahan yang tidak terpakai. Tandan Buah Segar (TBS) yang dihasilkan dapat diolah menjadi Crude Palm Oil (CPO) dan digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri, termasuk produksi minyak goreng, biodiesel, dan bio-gasoline. Produk turunan dari minyak kelapa sawit juga memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan bahan baku industri farmasi, makanan, kesehatan, dan kosmetik yang beragam. Indonesia adalah produsen utama minyak kelapa sawit di seluruh dunia, dengan perkebunan kelapa sawit yang mencakup lebih dari 16 juta hektar lahan. Selain Indonesia, penelitian ini juga melibatkan pengamatan dan pengumpulan data di negara Malaysia dan Ghana, di mana kelapa sawit juga merupakan komoditas unggulan. Dalam perbandingan luas lahan perkebunan kelapa sawit di seluruh dunia, Indonesia mendominasi dengan 60%, Malaysia 30%, sedangkan 10% sisanya berasal dari negara-negara lain. Data ini menjadi dasar untuk penelitian ini, yang bertujuan untuk menganalisis aspek sosial-ekonomi serta pemasaran komoditas kelapa sawit di ketiga negara tersebut.

Penelitian ini melibatkan pengumpulan data primer dan sekunder di Indonesia, Malaysia, dan Ghana. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan petani kelapa sawit dan pemangku kepentingan terkait, sementara data sekunder berasal dari sumber statistik dan publikasi yang relevan. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi sosial dan ekonomi di ketiga negara tersebut. Selain itu, penelitian juga menganalisis posisi pasar produk kelapa sawit secara internasional dengan menggunakan matriks BCG, yang merupakan alat analisis empat kuadran dari Boston Consulting Group (BCG). Matriks ini terdiri dari "Cash Cow" (Sapi Uang), "Stars" (Bintang), "Question Marks" (Tanda Tanya), dan "Dogs" (Anjing), di mana sumbu X menunjukkan pangsa pasar relatif dan sumbu Y menggambarkan pertumbuhan pasar.

Dalam analisis ekonomi dan industri, Indonesia unggul di beberapa sektor produk dengan RCA 45,39, lebih tinggi daripada Malaysia dan Ghana. Meskipun begitu, kompleksitas ekonomi Indonesia rendah dengan ECI 0,04, terbatas dalam berbagai produksi barang dan jasa. Khususnya dalam produksi minyak kelapa sawit, termasuk CPO dan RPO, Indonesia memimpin diikuti oleh Malaysia, Belanda, dan Ghana. Namun, perlu dicatat tren ekspor minyak kelapa sawit global: lonjakan 20,9% terutama terjadi di Malaysia dan Ghana, sementara Indonesia mengalami penurunan 28,5%.

Kondisi sosial dan ekonomi di kedua negara ini didukung oleh data primer. Di Indonesia, petani biasanya hanya panen dan menjual buah kepada produsen, sementara di Ghana, sekitar 40% petani masih melakukan pengolahan kelapa sawit secara tradisional tanpa mesin. Produksi kelapa sawit per hektar bervariasi karena faktor musiman dan non-musiman. Karena pengukuran utamanya menggunakan sepeda roda tiga, sekitar 2 sepeda roda tiga penuh dapat dipanen setiap 2 minggu dalam satu musim, dengan rata-rata hanya 1 sepeda roda tiga yang dapat diproduksi. Dalam hal produksi minyak nabati per hektar, sekitar 75 liter dapat dihasilkan setiap 2 minggu. Petani umumnya mengerjakan pertanian hingga pemanenan tanpa pekerja tambahan, hanya dengan bantuan anggota keluarga. Penggunaan pupuk di kebun kelapa sawit juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara Indonesia dan negara lain, terutama dalam jenis dan dosis pupuk yang digunakan.



# INTEGRASI PLATFORM BERBASIS AWAN (CLOUD) UNTUK MENUNJANG MENARA KONTROL RANTAI PASOK KELAPA SAWIT UNTUK STABILISASI HARGA DAN PASOKAN MINYAK GORENG BERSUBSIDI


Prof.Ir. Togar M. Simatupang, M.Tech.,Ph.D. dan Tim Peneliti.

Minyak kelapa sawit dan produk-produk turunannya merupakan komoditas-komoditas sangat penting yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kebutuhan usaha. Kelangkaan dan melambungnya harga minyak goreng akhir-akhir ini merupakan salah satu indikasi adanya masalah di dalam produksi minyak sawit mentah (CPO) maupun distribusinya. Performansi industri kelapa sawit dan produk turunannya ditentukan oleh kemampuan produksi di sisi hulu, kemampuan distribusi di sisi hilir, dan kemampuan untuk mengendalikan harga. Banyaknya pihak serta adanya konflik kepentingan antara pemangku kepentingan membuat rantai pasok kelapa sawit memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi.

Keberlangsungan dari industri kelapa sawit dapat dilihat dari performansi produk-produk turunannya di pasar. Produk turunan tersebut dapat dinilai dari sisi kapasitas produksi, pemerataan distribusi, dan keterjangkauan di sisi konsumen. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan peninjauan terhadap rantai pasok dan beberapa regulasi terkait rantai pasok kelapa sawit. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen rantai kelapa sawit adalah pengelolaan kelapa sawit dari sisi hulu produksi dan hilir distribusi, kebijakan pada industri kelapa sawit, transparansi dan ketertelusuran produk.

Dari kasus kelangkaan beberapa komoditas di Amerika Serikat selama pandemi, Handfield dan rekan-rekannya pada tahun 2020 di dalam artikelnya mengusulkan adanya menara kontrol rantai pasok (supply chain control tower, SCCT) bahan baku berskala nasional untuk meningkatkan transparansi dan akses secara real-time untuk mengetahui status dan lokasi bahan baku saat ini (Handfield et al., 2020).

Secara konseptual, SCCT yang dirancang adalah pusat layanan bersama yang menawarkan pemantauan real-time dan kinerja kegiatan B2B di rantai pasok kelapa sawit. SCCT ini dapat menyatukan organisasi, sistem, dan proses untuk mendukung visibilitas proses melalui rantai nilai dan dengan mudah menghubungkan tiga jenis tujuan organisasi, yaitu desain, perencanaan dan manajemen. Koordinasi yang dirancang dalam SCCT ini merupakan katalis untuk kolaborasi antara semua pemangku kepentingan dalam rantai pasok kelapa sawit di Indonesia. Oleh karena itu, SCCT ini diharapkan dapat membentuk pusat informasi digital yang berfungsi sebagai 'single access point of truth' untuk semua pembuat keputusan, perencana, tim pembelian, dan mitra dalam rantai pasokan kelapa sawit. SCCT ini diharapkan dapat menghubungkan dan mendistribusikan informasi untuk deteksi dini risiko dan peluang, menyediakan apa yang disebut 'fungsionalitas 3M': Memantau, Mengukur, dan Mengelola.



## Integrasi Platform Berbasis Awan (Cloud) Untuk Menunjang Menara Kontrol Rantai Pasok Kelapa Sawit Untuk Stabilisasi Harga Dan Pasokan Minyak Goreng Bersubsidiz

**Ketua Peneliti: Prof. Ir. Togar M. Simatupang, M. Tech.,Ph.D**  
**NOMOR: PRJ-353/DPK S/ 2022**

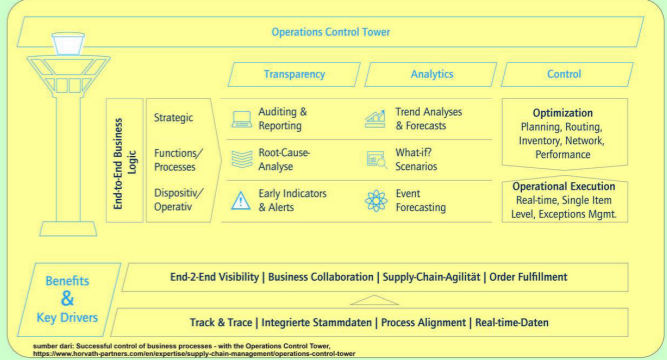
### LATAR BELAKANG

Minyak kelapa sawit dan produk-produk turunannya merupakan komoditas-komoditas sangat penting yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kebutuhan usaha. Kelangkaan dan melambungnya harga minyak goreng akhir-akhir ini merupakan salah satu indikasi adanya masalah di dalam produksi minyak sawit mentah (CPO) maupun distribusinya. Performansi industri kelapa sawit dan produk turunannya ditentukan oleh kemampuan produksi di sisi hulu, kemampuan distribusi di sisi hilir, dan kemampuan untuk mengendalikan harga. Banyaknya pihak serta adanya konflik kepentingan antara pemangku kepentingan membuat rantai pasok kelapa sawit memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi.

Keberlangsungan dari industri kelapa sawit dapat dilihat dari performansi produk-produk turunannya di pasar. Produk turunan tersebut dapat dinilai dari sisi kapasitas produksi, pemerataan distribusi, dan keterjangkauan di sisi konsumen. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan peninjauan terhadap rantai pasok dan beberapa regulasi terkait rantai pasok kelapa sawit. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen rantai kelapa sawit adalah pengelolaan kelapa sawit dari sisi hulu produksi dan hilir distribusi, kebijakan pada industri kelapa sawit, transparansi dan ketertelusuran produk.

### TUJUAN

1. Menentukan faktor apa saja yang mempengaruhi performansi industri kelapa sawit dan produk turunannya.
2. Memetakan pola interaksi dan kebijakan pemerintah terkait pertumbuhan industri kelapa sawit dan produk turunannya.
3. Membuat rancang bangun sistem informasi yang dapat meningkatkan efektifitas, transparansi dan ketelusuran rantai pasok kelapa sawit dan produk turunannya.



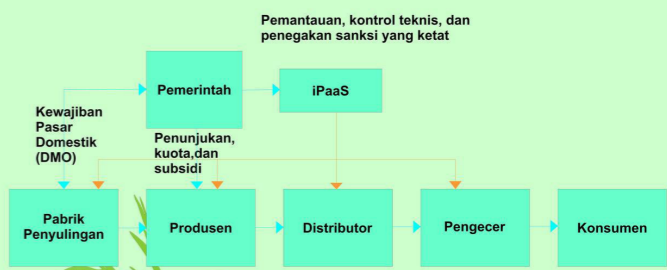
### Usulan Perbaikan

Platform Integrasi sebagai Layanan (iPaaS: Integration Platform as a Service):  
 Sistem informasi rantai pasokan minyak goreng (supply chain control tower)

*PaaS adalah seperangkat layanan berbasis awan yang digunakan untuk menghubungkan aplikasiperangkat lunak yang digunakan di lingkungan yang berbeda yang memungkinkan integrasi dan berbagi data yang lebih cepat serta menghilangkan hambatan saat aplikasi baru ditambahkan dan memungkinkan integrasi antara aplikasi awan serta aplikasi di lokasi saat digabungkan dengan solusiAPI.*


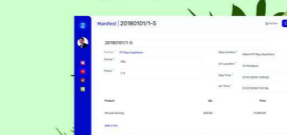
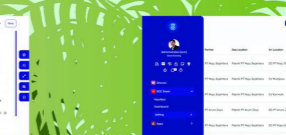
**Rekomendasi:**


- DMO adalah alokasi yang ditandai (earmarked allocation) tidak mengganggu kegiatan ekspor
- DPO menggambarkan dinamika pasar dan bukan tetap (bisa modifikasi subsidi biodiesel).
- Transaksi antar pelaku untuk barang subsidi tidak dikenai PPN.
- BUMN dapat ditugaskan untuk mengoperasikan iPaaS (misalnya Telkom dan PT Kharisma Pemasaran Bersama Nusantara/KPBN).
- iPaaS menyediakan rangkaian alat dan layanan dengankemampuan awan (cloud), seperti integrasi B2B untuk pertukaran data bisnis, integrasi layananmandiri di seluruh jaringan maya, tata kelola rantai pasokan, dan banyak lagi.
- Kementerian mempunyai akses menara kontrol rantai pasokan (supply chain control tower) minyak goreng.



**Pemantauan, kontrol teknis, dan penegakan sanksi yang ketat**

**(Tampilan Dashboard)**



Contoh Control Tower

Karya Ilmiah sedang dalam tahap review pada journal Policy Studies Journal (PSJ) Publisher: John Wiley & Sons, Inc  
 Judul Paper: **Unravelling Institutional and Government Regulations in Indonesian Palm Oil Industry: An Institutional Theory Analysis**

**Anggota Peneliti:**  
 Dr. Liane Okdinawati, Dr. Eng Nur Budi Mulyono, Annisaa Novieningtyas, Layung Anindya, Fransisca Budyanto W, Jovanska A. Imran, Puti F. Larasati, Daud F. Adhim, Rahmat R. Aminuddin, Noorhan Firdaus Pambudi

**Korespondensi:**  
 Prof. Ir. Togar M. Simatupang, M. Tech., Ph.D  
 togar@itb.ac.id

## PERSEPSI DAN ADOPSI INOVASI PETANI TERHADAP IMPLEMENTASI SERTIFIKASI INDONESIA SUSTAINABLE PALM OIL: SEBUAH ANALISIS, REVIEW, DAN OUTLOOK

Dr. Fuad Muchlis, S.P., M.Si. dan Tim Peneliti.

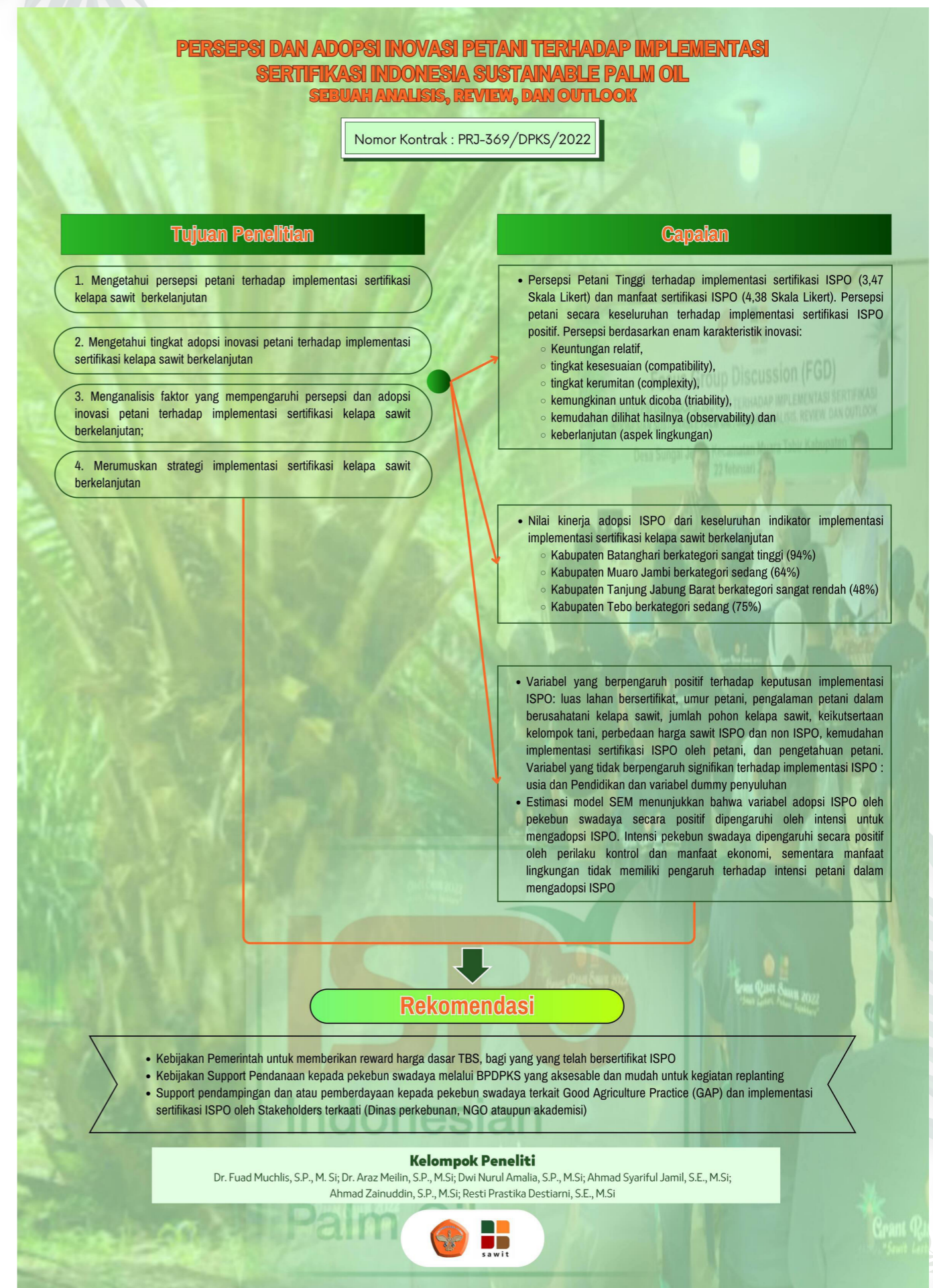
Indonesia Sustainable Palm Oil (ISPO) dibentuk sejak tahun 2011 sebagai tanggapan atas dampak buruk terhadap lingkungan yang disebabkan oleh ekspansi produksi kelapa sawit di Indonesia. ISPO menciptakan standar untuk mempercepat adopsi praktik-praktik perkebunan kelapa sawit yang lestari dan berkelanjutan. Namun, tingkat adopsi pekebun swadaya terhadap praktik-praktik yang direkomendasikan ISPO masih rendah. Studi yang dilakukan di empat kabupaten di Provinsi Jambi (Dua kabupaten mewakili pekebun swadaya yang telah bersertifikasi dan dua kabupaten belum bersertifikat ISPO) bertujuan untuk mengetahui persepsi petani terhadap implementasi sertifikasi ISPO; mengetahui tingkat adopsi inovasi petani terhadap ISPO; menganalisis faktor yang mempengaruhi persepsi dan adopsi inovasi petani terhadap implementasi ISPO; dan merumuskan strategi implementasi sertifikasi kelapa sawit berkelanjutan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa petani memiliki persepsi yang tinggi terhadap implementasi sertifikasi ISPO (3,47 Skala Likert) dan manfaat sertifikasi ISPO (4,38 Skala Likert). Persepsi petani secara keseluruhan terhadap implementasi sertifikasi ISPO positif dan persepsi petani terhadap sertifikasi ISPO dilihat berdasarkan enam karakteristik inovasi, yakni keuntungan relatif, tingkat kesesuaian (compatibility), tingkat kerumitan (complexity), kemungkinan untuk dicoba (triability), kemudahan dilihat hasilnya (observability) dan keberlanjutan (aspek lingkungan).

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja adopsi ISPO, diketahui bahwa nilai kinerja adopsi ISPO dari keseluruhan indikator implementasi implementasi sertifikasi kelapa sawit berkelanjutan, Kabupaten Batanghari berkategori sangat tinggi (94%); Kabupaten Muaro Jambi berkategori sedang (64%); Kabupaten Tanjung Jabung Barat berkategori sangat rendah (48%); dan Kabupaten Tebo berkategori sedang (75%).

Hasil dari regresi logit biner menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh positif terhadap keputusan implementasi ISPO adalah luas lahan bersertifikat, umur petani, pengalaman petani dalam berusahatani kelapa sawit, jumlah pohon kelapa sawit, keikutsertaan kelompok tani, perbedaan harga sawit ISPO dan non ISPO, kemudahan implementasi sertifikasi ISPO oleh petani, dan pengetahuan petani, sementara variabel yang tidak berpengaruh signifikan terhadap implementasi ISPO adalah usia, pendidikan dan variabel dummy penyuluhan. Estimasi model SEM menunjukkan bahwa variabel adopsi ISPO oleh pekebun swadaya secara positif dipengaruhi oleh intensi untuk mengadopsi ISPO. Intensi pekebun swadaya untuk mengadopsi ISPO dipengaruhi secara positif oleh perilaku control dan manfaat ekonomi, sementara manfaat lingkungan tidak memiliki pengaruh terhadap intensi petani dalam mengadopsi ISPO

Berdasarkan temuan empiris dapat diberikan rekomendasi kebijakan untuk meningkatkan implementasi sertifikasi ISPO di Provinsi Jambi. Pertama, Kebijakan Pemerintah untuk memberikan reward harga dasar TBS, bagi yang yang telah bersertifikat ISPO, Kebijakan Support Pendanaan kepada pekebun swadaya melalui BDPKPS yang aksesable dan mudah untuk kegiatan replanting, Support pendampingan dan atau pemberdayaan kepada pekebun swadaya terkait Good Agriculture Practice (GAP) dan implementasi sertifikasi ISPO oleh Stakeholders terkait (Dinas perkebunan, NGO, dan akademisi).



## INTEGRASI SISTEM DETEKSI SIDIK JARI BERBASIS SPASIAL ORIGIN DENGAN KARAKTERISTIK SOSIAL EKONOMI PETANI UNTUK KEBERLANJUTAN MINYAK SAWIT INDONESIA (I-SEURaAMOE)

Prof. Dr. Ir. Ahmad Humam Hamid, M.A. dan Tim Peneliti.

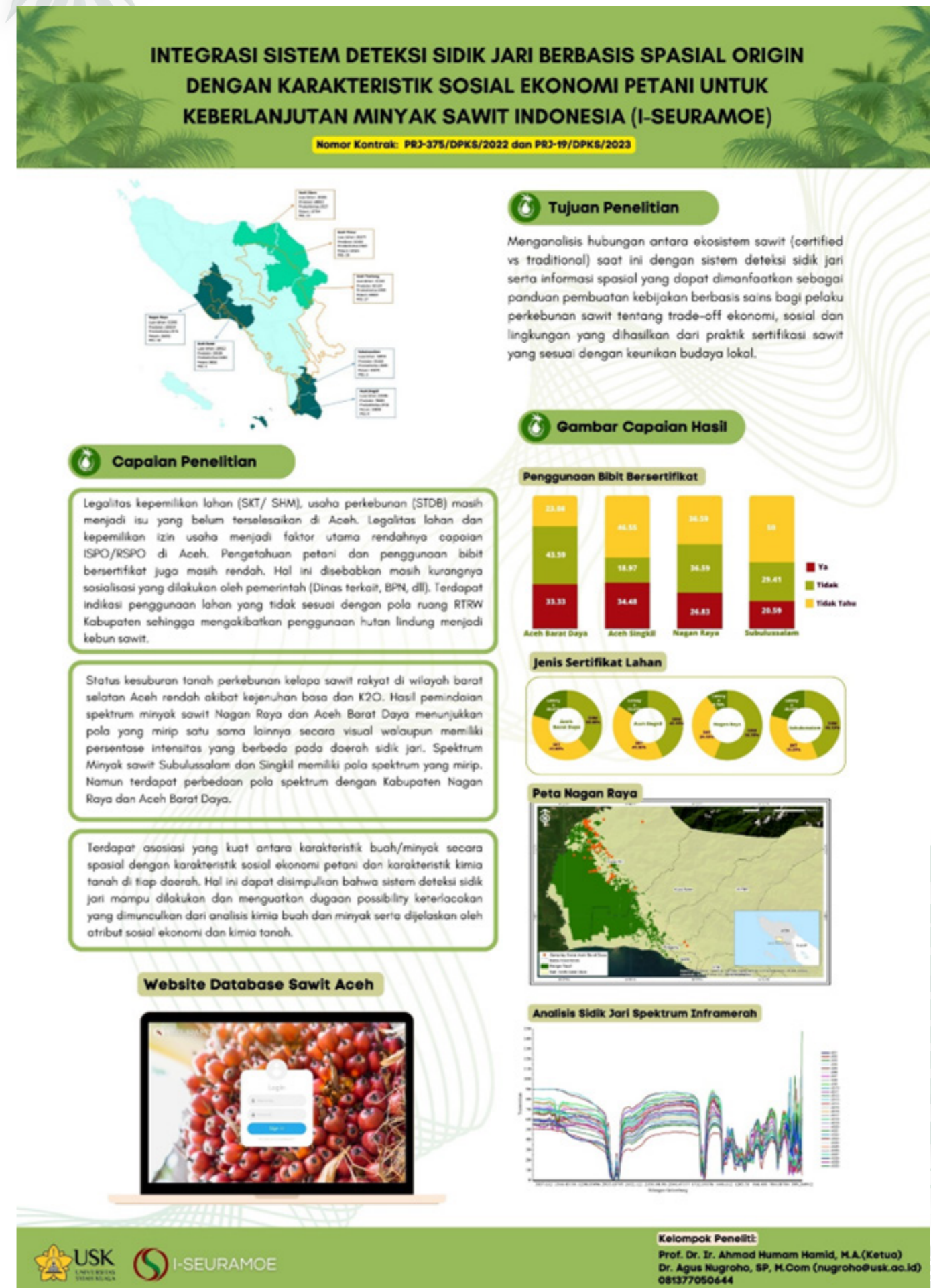
Penerapan Sustainable Palm Oil Certification di Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan. Di satu sisi pemerintah menggalakkan penggunaan ISPO sebagai standar utama sawit di Indonesia. Disisi lain beberapa Negara pengimpor meminta standar jenis lain termasuk RSPO. Di tingkat petani, penerapan standar keberlanjutan sawit ini dihadapkan pada rendahnya minat, edukasi dan pengetahuan serta partisipasi untuk mengadopsi standar tersebut. Disisi global, stigma negatif sawit Indonesia semakin massif didengungkan untuk memojokkan dan menurunkan keunggulan komparatif sawit Indonesia. Namun, permasalahan terkait penerapan standar pada sawit di masa depan akan semakin berkembang di Indonesia. 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.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi dan menganalisis hubungan antara ekosistem sawit (certified vs traditional) yang tersedia saat ini dengan sistem deteksi sidik jari serta informasi spasial yang dapat dimanfaatkan sebagai panduan pembuatan kebijakan berbasis sains bagi pelaku perkebunan sawit tentang trade-off ekonomi, sosial dan lingkungan yang dihasilkan dari praktik sertifikasi sawit yang sesuai dengan keunikan budaya lokal. Pengambilan data sosial ekonomi dengan total responden sebanyak 376 di 4 kabupaten dan pengambilan sampel tanah dan buah di 30 titik pada 4 kabupaten.

Terdapat asosiasi yang kuat antara karakteristik buah/minyak secara spasial dengan karakteristik sosial ekonomi petani dan karakteristik kimia tanah di tiap daerah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi sidik jari mampu dilakukan dan menguatkan dugaan possibility keterlacakan yang dimunculkan dari analisis kimia buah dan minyak serta dijelaskan oleh atribut sosial ekonomi dan kimia tanah.

Dari sisi sosial, ekonomi dan usaha tani kelapa sawit menyimpulkan bahwa legalitas kepemilikan lahan (SKT/ SHM), usaha perkebunan (STDB) masih menjadi isu yang belum terselesaikan di Aceh. Tingkat pengetahuan petani terkait hal ini masih sangat rendah sekaligus menunjukkan kurangnya sosialisasi yang dilakukan oleh pemerintah (Dinas terkait, BPN, dll). Legalitas lahan dan kepemilikan izin usaha menjadi faktor utama rendahnya capaian ISPO/ RSPO di Aceh. Pengetahuan petani dan penggunaan bibit bersertifikat juga masih rendah. Kebutuhan bibit kelapa sawit yang diperlukan oleh petani dalam jumlah besar membuat petani lebih memilih bibit asalan (lelesan) dibandingkan dengan melakukan pembelian bibit bersertifikasi. Terdapat indikasi penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan pola ruang RTRW Kabupaten sehingga mengakibatkan penggunaan hutan lindung menjadi kebun sawit.

Dari aspek analisis kimia tanah menunjukkan bukti status kesuburan tanah perkebunan kelapa sawit rakyat di wilayah barat selatan Aceh adalah rendah akibat kejenuhan basa dan K2O. Dari aspek kimia buah dan minyak menunjukkan hasil pemindaian spektrum minyak sawit Nagan Raya dan Aceh Barat Daya menunjukkan pola yang mirip satu sama lainnya secara visual walaupun memiliki persentase intensitas yang berbeda pada daerah sidik jari. Spektrum minyak sawit Subulussalam dan Singkil memiliki pola spektrum yang mirip, namun terdapat perbedaan pola spektrum dengan Kabupaten Nagan Raya dan Aceh Barat Daya.



# KAJIAN KOMPREHENSIF KEBIJAKAN TATA KELOLA DAN EKSPOR BENIH KELAPA SAWIT INDONESIA

Irsal Las dan Tim Peneliti.

Kelapa sawit adalah komoditas penting bagi Indonesia sebagai produsen dan eksportir produk kelapa sawit terbesar di dunia dengan kontribusi lebih dari 55 persen dari total produksi dan ekspor minyak sawit global. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai kiblat dan rujukan teknologi dan pengelolaan perkelapasawitan, misalnya ditandai dengan permintaan ekspor benih unggul kelapa sawit yang meningkat cukup signifikan. Ekspor tersebut dapat dianggap sebagai peluang pasar di tengah upaya akselerasi dan peningkatan diversifikasi ekspor produk pertanian, dan surplus produksi benih kelapa sawit nasional. Namun, saat ini terdapat kendala penyediaan benih kelapa sawit untuk kebutuhan domestik, terutama untuk perkebunan rakyat swadaya, yang ditandai dengan banyaknya penggunaan benih ilegal. Oleh karena itu, kebijakan ekspor benih menjadi sebuah ironi, karena dapat juga dipandang sebagai sebuah dukungan untuk pengembangan kelapa sawit di negara lain yang dalam jangka panjang dapat mengubah struktur permintaan dan penawaran produk-produk kelapa sawit dunia sekaligus mengubah persaingan pasar. Oleh karena itu kebijakan ekspor benih kelapa sawit perlu didasarkan kepada kajian secara komprehensif dari berbagai aspek dan dapat diketahui dampaknya bagi kepentingan nasional, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, kajian ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif meliputi (1) kajian tata kelola dan sistem perbenihan kelapa sawit nasional; (2) kajian prospek pengembangan kelapa sawit dunia dan implikasinya; (3) kajian dampak ekspor kecambah sawit terhadap pengembangan sawit global dan implikasinya terhadap daya saing sawit nasional; (4) analisis kebijakan tata kelola dan ekspor benih kelapa sawit. Pada dasarnya kajian ini mencakup sistem perbenihan yang meliputi subsistem hulu perbenihan (seperti SDG sawit, kebun induk, kebun Plasma Nutfah sawit dan kelembagaannya), subsistem produksi dan distribusi (a.l. produsen kecambah, produsen pembesaran, proses sertifikasi, dan rantai pasok), subsistem hilir (a.l. untuk kebutuhan benih perusahaan besar, petani mandiri/swadaya, ekspor), dan subsistem penunjang (a.l. jaminan mutu dan pengawasan).

Dari hasil kajian, dapat disimpulkan dan dirumuskan beberapa hal sebagai berikut: (i) Perlu adanya penetapan dan penunjukan resmi pemerintah terhadap Kebun Koleksi Nasional SDG Kelapa Sawit; (ii) Penataan dan penguatan peran lembaga riset pemerintah dalam pengelolaan SDG, perakitan varietas dan riset dasar kelapa sawit; (iii) Penguatan kapasitas produsen dengan melakukan pembinaan teknik budidaya (input dan teknologi), terutama pada tingkat produsen pembesaran benih kelapa sawit nasional; (iv) Peningkatan kapasitas dan kapabilitas tenaga pengawas benih, baik secara kualitas melalui pelatihan peningkatan kompetensi, maupun peningkatan kuantitas melalui rekrutmen atau impassing ASN serta membangun sarana dan prasarana pengawasan yang lebih qualified baik sistem maupun teknis; (v) Melakukan gerakan pencegahan dan penindakan peredaran benih kelapa sawit ilegal secara terpadu yang melibatkan semua pemangku kepentingan untuk mempersempit ruang gerak pelaku peredaran termasuk penguatan social learning kepada petani untuk meningkatkan kesadaran dan kewaspadaan terhadap penggunaan benih ilegal; (vi) Upaya penguatan basis data perkebunan kelapa sawit secara spasial menurut umur tanaman sebagai dasar perencanaan kebutuhan benih secara berkesinambungan untuk menuju penyediaan benih secara tepat (6T) harus menjadi salah satu prioritas dalam Tata Kelola Inovatif Perbenihan Kelapa Sawit; (vii) Pemberian izin ekspor benih kelapa sawit dapat dilakukan jika kebutuhan dalam negeri sudah terpenuhi berdasarkan neraca kebutuhan dan penyediaan benih up to date yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan. Neraca tersebut harus menjadi dasar dalam menentukan kapan ekspor bisa dilakukan dan berapa jumlahnya.

**KAJIAN KOMPREHENSIF KEBIJAKAN TATA KELOLA DAN EKSPOR BENIH KELAPA SAWIT INDONESIA**  
 Irsal Las\*, Rasidin Azwar, Declyanto Soetopo, Sukarman, Abdul Muis Hasibuan, Akhmad Musyafak, Sugiono Moeljojirowiro, Sjamzul Bahri, Sumedi, Arifah Sri Hananingsih, Erna Suryani, Umi Fadlillah  
 Nomor Kontrak: PRJ-1/DPKS/2023

**PENDAHULUAN**  
 Latar Belakang & Penumusan Masalah

**LUARAN**  
 1. Informasi sistem tata kelola benih sawit nasional dan saran perbaikannya;  
 2. Informasi potensi pengembangan sawit dunia dan implikasinya terhadap sistem perbenihan Nasional;  
 3. Model dan informasi prospek dan dampak ekspor kecambah sawit terhadap pengembangan sawit nasional dan global;  
 4. Rekomendasi kebijakan komprehensif tata kelola dan ekspor benih kelapa sawit.

**METODE**  
 1. Jenis dan Sumber Data  
 2. Metode Analisis

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
 1. Produksi dan Kebutuhan Benih  
 2. Tata Kelola Perbenihan Kelapa Sawit

**KESIMPULAN DAN SARAN**

\*Prof. Dr. Ir. Irsal Las, M.S.  
 irsal@ipb.ac.id

## AKSELERASI PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT (PSR) TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA DAN DAYA SAING KELAPA SAWIT RAKYAT

Adi Setiyanto dan Tim Peneliti.

Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) dilaksanakan sejak tahun 2017. Program PSR merupakan upaya pemerintah untuk meningkatkan produktivitas sawit rakyat melalui dukungan biaya peremajaan sampai pemeliharaan selama satu tahun pertama dengan alokasi biaya Rp 30 juta per ha. Setelah lebih dari lima tahun pelaksanaan, realisasi program PSR masih jauh dari target yang ditetapkan. Diperlukan kebijakan yang tepat berbasis kondisi sosial ekonomi petani kelapa sawit untuk mendorong keikutsertaan petani pada program PSR. Dengan demikian, diperlukan kajian untuk mengakselerasi implementasi program PSR.

Kajian dirancang selama 36 bulan (2022-2026) bertujuan untuk mengetahui pengaruh program PSR terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi biaya usahatani dan daya saing produksi kelapa sawit di Indonesia. Selama periode Oktober-Desember 2022, kegiatan yang dilakukan meliputi: (1) pengumpulan data dan informasi penerima bantuan dana PSR dan implementasi Program PSR secara komprehensif; dan (2) penyusunan draft kuesioner dan melakukan uji coba di salah satu lokasi kajian.

Potensi peremajaan sawit rakyat seluas 2,8 juta ha, dan diharapkan tercapai pada tahun 2033. Program PSR dilakukan secara bertahap dengan target 180-200 ribu ha per tahun. Wilayah implementasi program PSR mencakup 21 provinsi dan 123 kabupaten/kota sentra perkebunan. Target realisasi program PSR pada periode 2017-2022 seluas 925.780 ha, capaian realisasi seluas 258.653 ha (27,94%).

Rendahnya pencapaian target peremajaan antara lain disebabkan oleh: lambatnya proses administrasi dan verifikasi data pekebun, tingginya masalah legalitas lahan, dan kendala operasional lainnya di lapangan, seperti kesiapan bibit, pencairan dana, dan kelembagaan pekebun.

Tiga model implementasi program PSR, yaitu: peremajaan serentak, peremajaan bertahap, dan peremajaan dengan intercropping. Dari ketiga model tersebut peremajaan intercropping dianggap yang terbaik terutama untuk menopang pendapatan rumah tangga petani.

Kuesioner dan panduan wawancara telah disusun dan diuji coba. Jenis responden dalam kajian ini, yaitu: (1) rumah tangga petani sawit program dan nonprogram PSR, (2) pengurus Poktan/Gapoktan, (3) pengurus koperasi petani sawit, (4) perusahaan mitra (swasta dan BUMN), (5) instansi terkait urusan pertanahan, kehutanan, dan perkebunan baik di tingkat provinsi maupun kabupaten, (6) pengurus asosiasi petani sawit; dan (7) pengurus asosiasi pengusaha sawit.

Rekomendasi untuk mempercepat realisasi program PSR diperlukan: (1) pemetaan kebun sawit rakyat yang dilengkapi peta poligon dan koordinat lokasi lahan, serta status kepemilikan/penguasaan lahan; (2) penyederhanaan persyaratan program PSR; (3) pendampingan intensif oleh petugas dinas pertanian kepada poktan/gapoktan yang akan mengusulkan program PSR; (4) ketersediaan anggaran yang memadai untuk petugas yang melaksanakan pendampingan; dan (5) pelaporan pelaksanaan program PSR dilakukan secara berkala dan berjenjang kepada BPD-PKS.

**AKSELERASI PROGRAM PEREMAJAAN SAWIT RAKYAT (PSR) TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA DAN DAYA SAING KELAPA SAWIT RAKYAT**

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

0812-8127-0111 | amihardjo@yahoo.com

**PENDAHULUAN**

Program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) merupakan upaya pemerintah untuk meningkatkan produktivitas sawit rakyat melalui dukungan biaya peremajaan sampai pemeliharaan selama satu tahun pertama dengan alokasi biaya Rp 30 juta per ha. Setelah lebih dari lima tahun pelaksanaan, realisasi Program PSR masih jauh dari target yang ditetapkan. Diperlukan kebijakan yang tepat berbasis kondisi sosial ekonomi petani kelapa sawit untuk mendorong keikutsertaan petani pada Program PSR.

**TUJUAN DAN RUANG LINGKUP KEGIATAN TA 2022**

Kegiatan yang dirancang dilaksanakan selama 36 bulan (2022-2026), bertujuan untuk mengetahui pengaruh Program PSR terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi biaya usahatani dan daya saing produksi kelapa sawit di Indonesia. Cakupan kegiatan pada periode Oktober-Desember 2022, meliputi:

- Pengumpulan data dan informasi penerima bantuan dana PSR dan implementasi program PSR secara komprehensif
- Penyusunan draft kuesioner serta uji coba kuesioner

**HASIL**

**Target dan Realisasi Program PSR**

- Potensi peremajaan sawit rakyat seluas 2,8 juta ha, dan diharapkan tercapai pada tahun 2033. Program PSR dilakukan secara bertahap dengan target 180-200 ribu ha per tahun. Wilayah implementasi Program PSR mencakup 21 provinsi dan 123 kabupaten/kota sentra perkebunan.
- Target realisasi program PSR pada periode 2017-2022 seluas 925.780 ha, capaian realisasi seluas 258.653 ha (27,94%).

**Faktor Penyebab Rendahnya Realisasi Program PSR**

- Lambatnya proses administrasi dan verifikasi data pekebun
- Tingginya masalah legalitas lahan
- Kendala operasional lainnya di lapangan, seperti kesiapan bibit, pencairan dana, dan kelembagaan pekebun

**Model Implementasi Program PSR**

- Peremajaan serentak
- Peremajaan bertahap
- Peremajaan dengan *intercropping* (model terbaik untuk menopang pendapatan rumah tangga petani)

**Kuesioner dan Responden**

- Rumah tangga petani sawit program dan non program PSR
- Pengurus Poktan/Gapoktan
- Pengurus koperasi petani sawit
- Perusahaan mitra (swasta dan BUMN)
- Instansi terkait urusan pertanahan, kehutanan, dan perkebunan,
- Pengurus asosiasi petani sawit
- Pengurus asosiasi pengusaha sawit

**Rekomendasi**

- Pemetaan kebun sawit rakyat perlu dilengkapi peta poligon dan koordinat lokasi lahan, serta status kepemilikan/penguasaan lahan
- Diperlukan penyederhanaan persyaratan Program PSR
- Perlu dilakukan pendampingan intensif oleh petugas dinas pertanian kepada poktan/gapoktan yang akan mengusulkan Program PSR
- Perlu disediakan anggaran yang memadai untuk petugas pendamping Program PSR
- Pelaporan pelaksanaan Program PSR dilakukan secara berkala dan berjenjang kepada BPD-PKS



*Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit | Gedung Graha Mandiri Lantai 5  
Jl. Imam Bonjol No. 61, Jakarta Pusat*

---

<https://bpdp.or.id> <https://program-riset.bpdp.or.id>

Telp : 021-03832091-94 Fax : 021-03832091-95

Email : [info@bpdp.or.id](mailto:info@bpdp.or.id)