Roadmap RISET Sawit Indonesia 2016-2030



SAWIT INDONESIA MORE SUSTAINABLE

Sekretariat Program Grant Riset Sawit

Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) Kementerian Keuangan

Gedung Graha Mandiri Lantai 5, Jl. Imam Bonjol 61 Jakarta 10310

Telp. 021-39832091 Faks. 021-39832095 Email: dit3bpdpsawit@gmail.com

ROADMAP RISET KELAPA SAWIT INDONESIA

2016 – 2030

BADAN PENGELOLA DANA PERKEBUNAN SAWIT (BPDP SAWIT)

JAKARTA

JANUARI 2017

ROADMAP RISET KELAPA SAWIT INDONESIA

2016 - 2030

PENULIS

Aiyen, Edy Suprianto, Erliza Hambali, Jenny Elisabeth, Mahmud Thohari, Mira Rivai, Verina J. Wargadalam

EDITOR

Arief RM Akbar, Darmono Taniwiryono, Didiek Hadjar Goenadi, Purwiyatno Hariyadi, Sahat Sinaga, Tatang Hernas Soerawidjaja, Tony Liwang, Udin Hasanudin, Witjaksana Darmosarkoro

NARASUMBER

Adi Pancoro, Adrianto Ahmad, Ajeng Arum Sari, Cahyo Wibowo, Darnoko, Donald Siahaan, Eka Nuryanto, Eliza Julianti, Erwinsyah, Fahrurrozi, Hery Haerudin, I Made Tasma, Jhan, Mia Krishna A, Nunung Nuryartono, Nuri Andarwulan, Nuritha T Mathius, Nurul Taufiqu Rohman, Puji Lestari, Projo Danoedoro, Radian Z. H, Soekisman Tjitrosemito, Subagjo, Sulaeman Yusuf, Steve Goei, Suryadarma Tarigan, Tjahjono Herawan, Tjandra Setiadi, Yanni Sudiany, Y. Aris Purwanto, Yazid Bindar

KATA PENGANTAR

Komoditas kelapa sawit sangat nyata merupakan **komoditas yang strategis** bagi Indonesia. Kelapa sawit selalu dikaitan dengan *food security*, kesejahteraan rakyat, industri (supplay chain material), bahan baku fuel baru terbarukan, walaupun di sisi lain oleh kalangan tertentu (atau dalam konteks persaingan dagang) kelapa sawit juga dikaitkan dengan sustainability, kerusakan lingkungan, kebakaran.

Program riset sawit merupakan salah satu upaya BPDPKS untuk melakukan penguatan, pengembangan dan peningkatan pemberdayaan perkebunan dan industri sawit yang saling bersinergi di sektor hulu dan hilir demi terwujudnya industri sawit nasional yang tangguh dan lebih berkelanjutan. Dalam melaksanakan pengembangan dan penelitian sawit, diperlukan dukungan riset yang kuat dan terarah dengan baik serta dengan pendanaan yang cukup.

Penyusunan roadmap riset sawit ini dilakukan untuk menghasilkan rumusan yang berfungsi sebagai pedoman bagi para pemangku kepentingan (*stakeholders*) dalam merencanakan, dan melaksanakan kegiatan riset prioritas untuk pengembangan industri sawit nasional seiring dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Roadmap ini disusun berdasarkan status terkini, tantangan, dan peluang riset dalam memenuhi kebutuhan industri di masa mendatang.

Dalam buku ini dibahas tantangan dan peluang riset kelapa sawit Indonesia dan serta disusun roadmap riset sawit dibagi atas 7 (tujuh) bidang, yaitu bidang budidaya, pascapanen dan pengolahan, pangan dan kesehatan, bioenergi, oleokimia dan biomaterial, lingkungan, serta sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan teknologi informasi dan komunikasi. Penyusunan roadmap riset sawit ini dilakukan melalui serangkaian kegiatan *focus group discussion* dengan para nara sumber di bidang terkait baik dari perguruan tinggi, lembaga penelitian pemerintah dan swasta, dan industri. Riset prioritas untuk setiap bidang dikelompokkan dalam 3 kelompok waktu yaitu pendek (2016-2020), menengah (2020-2025) dan panjang (2025-2030).

Buku roadmap riset sawit Indonesia ini dibuat dalam dua versi yaitu Buku Lengkap untuk keperluan internal dan versi Ringkasan yang disiapkan untuk dipublikasikan kepada seluruh masyarakat.

Buku roadmap riset sawit ini masih dalam bentuk draft dan perlu dikomunikasikan dalam suatu *focus group discussion* yang melibatkan seluruh stakeholder sawit untuk penyempurnaannya sehingga dapat menjadi acuan dalam merencanakan, dan melaksanakan kegiatan riset prioritas untuk pengembangan industri sawit nasional yang lebih sustainable.

Penyusun

Tim Roadmap Riset Sawit

RINGKASAN EKSEKUTIF

Tahun 2015 luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 11,3 juta hektar, dengan total produksi minyak sawit sebesar 37,5 juta ton yang terdiri atas 31,3 juta ton CPO dan 6,2 juta ton PKO, melibatkan 2.140.774 KK petani dan 3.362.644 orang tenaga kerja (Ditjenbun, 2015). Meskipun saat ini Indonesia merupakan produsen terbesar minyak sawit dunia, namun produktivitas rata-rata perkebunan sawit nasional baru mencapai 3,7 ton/ha/tahun (Ditjenbun, 2015), dengan kondisi gap produksi antara perkebunan rakyat, perkebunan besar swasta, nasional dan asing yang cukup besar sehingga perlu dijembatani. Jumlah biomassa limbah sawit yang dihasilkan tahun 2015 juga sangat besar yang berpotensi untuk dikonversi lebih lanjut menjadi berbagai produk bernilai tambah lebih tinggi yang tentunya perlu didukung pula dengan penciptaan pasar baru.

Tahun 2030 diperkirakan produksi mencapai 60 juta ton (Kementan, 2015), namun tantangan internal dan eksternal yang dihadapi industri kelapa sawit Indonesia sangat banyak. Tantangan internal diantaranya: (1) upaya peningkatan produktivitas kelapa sawit nasional dengan target 5 ton CPO/ha/tahun, (2) peningkatan nilai tambah, substitusi produk kimia berbasis minyak bumi, pemanfaatan limbah/produk samping, dan efisiensi produksi, (3) permasalahan ketersediaan dan peningkatan alokasi biaya untuk tenaga kerja perkebunan, (4) stabilitas harga sawit, (5) implementasi kebijakan moratorium pembukaan lahan baru perkebunan sawit, (6) dinamika dan anomali iklim, dan (7) aspek kelembagaan untuk petani swadaya. Di sisi lain tantangan eksternal yang dihadapi mencakup: (1) meningkatnya tuntutan akan produk sawit dan turunannya yang ramah lingkungan dan *traceability*, (2) *trade barrier* pada perdagangan minyak nabati global dengan isu kesehatan, keamanan pangan, dan keberlanjutan, (3) gencarnya kampanye negatif terhadap industri sawit nasional, dan (4) kemungkinan munculnya penyakit baru dan masuknya pathogen baru dari luar wilayah Indonesia. Tantangan ini perlu diantisipasi melalui kegiatan riset yang terfokus, terencana, terstruktur, terukur dan terintegrasi dari hulu hingga hilir dengan indikator capaian sebagai berikut :

No	Parameter	Kondisi Saat Ini (2016)	Target Capaian Roadmap		
			2020	2025	2030
A	Bidang Budidaya				
	a. Ketersediaan bibit moderat tahan ganoderma (juta butir/tahun)	3	10	30	50
	b. Penanaman baru menggunakan bibit moderat tahan ganoderma (ribu hektar/tahun)	15	50	150	250
	c. Produktivitas rata-rata nasional (Ton/Ha)	3,7	4,0	4,5	5,0
	d. Inovasi teknik pengelolaan	3	5	10	>10

	perkebunan (jumlah)				
	e. Tools kits early warning penyakit tanaman (jumlah)	2	3	5	>5
B	Pascapanen dan Pengolahan				
	a. Efisiensi energy (Kwh/ton TBS)	20	17	16	16
	b. Oil losses (%)	1,8	1,6	1,4	1,2
	c. Inovasi alat panen, sortasi/grading dan transportasi (jumlah)	4	6	8	10
	d. Inovasi tool kits dan rapid analysis (jumlah)	2	6	10	14
	e. Inovasi sistem penyimpanan CPO	3	5	7	9
C	Pangan dan Kesehatan				
	a. Kandungan 3-MCPD pada refined oil dan turunannya (ppm)	<5	<0.5	<0,5	<0,5
	b. Kandungan glycidol esters pada refined oil dan turunannya (GE) (%)	7	<0,35	<0,3	<0,3
	c. Pemanfaatan minyak sawit dengan kandungan SAFA (saturated fatty acid) rendah, *trans free*, dan/atau *non hydrogenated* (NH) di industry pangan (Jenis)	N/A	2	5	>5
	d. Replacement trans fat (%)	N/A	70	100	100
D	Bioenergi				
	a. Campuran biodiesel (%)	20	30	>30	>30
	b. Pemanfaatan POME untuk PLTBg dan biomethane (%)	3	15	30	50
	c. Pemanfaatan limbah padat sawit untuk PLTBS (unit)	50	75	100	125
	d. Prototipe teknologi dan produk bioenergi (jenis)				
E	Oleokimia dan Biomaterial				
	a. Produk komersial turunan sawit (Jenis)	151	200	230	250
	b. Bahan baku biomaterial (Jenis)	10	>15	>20	>25
	c. Inovasi metode dan uji (jumlah)	>5	>10	>15	>20
	d. Pemanfaatan bahan kimia pensubstitusi produk berbasis minyak bumi (jenis)	100	200	300	500

F	Lingkungan				
	a. Methane reduction (%)	6	20	50	100
	b. Emisi GRK (Kg CO_2 eq/Ton CPO)	1250	1100	800	360
	c. Certified ISPO (%)	>50	>75	>100	>100
	d. Keragaman hayati (jenis)	mandatori	mandatori	mandatori	mandatori
	e. Inovasi model LCA dan rantai pasok (jumlah)	5	15	25	35
G	Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar, Teknologi Informasi dan Komunikasi				
	a. Bursa CPO (Lokasi)	Rotterdam	Jakarta	Jakarta	Jakarta
	b. Mobile aplikasi (program)	1	10	30	50
	c. Peningkatan income per kapita masyarakat di sekitar perkebunan (%, minimal)	N/A	15	20	25
	d. Inovasi replanting, model kemitraan dan kelembagaan (jumlah)				
	e. Inovasi sistem informasi dan database	5	10	15	20

Untuk mencapai target indikator tersebut, maka Roadmap Riset Kelapa Sawit Indonesia tahun 2016-2030 ini difokuskan pada 7 (tujuh) bidang yaitu: (1) Budidaya, (2) Pascapanen dan Pengolahan, (3) Pangan dan Kesehatan, (4) Bioenergi, (5) Oleokimia dan Biomaterial, (6) Lingkungan, dan (7) Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar dan Teknologi Informasi dan Komunikasi. Maksud penyusunan roadmap ini adalah untuk: (1) pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi inovatif untuk meningkatkan produktivitas dan nilai tambah perkebunan dan industri sawit nasional, (2) pengembangan sektor riil yang berbasis produk-produk hasil riset kelapa sawit, dan (3) peningkatan daya saing, keberlanjutan, dan kemandirian bangsa dalam memproduksi dan memanfaatkan minyak sawit. Adapun fungsi roadmap riset kelapa sawit Indonesia adalah sebagai pedoman bagi para pemangku kepentingan (*stakeholders*) dalam merencanakan dan melaksanakan kegiatan riset prioritas untuk pengembangan industri kelapa sawit nasional seiring dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs).

Berdasarkan hasil analisis SWOT dan strategi-strateginya, telah ditentukan tema riset prioritas untuk masing-masing bidang, sebagai berikut :

1. Bidang Budidaya
   a. Pengembangan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan
   b. Pengembangan bahan tanaman kelapa sawit untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan terhadap Ganoderma, toleransi terhadap biotik dan abiotik.
   c. Pengembangan sistem pengelolaan perkebunan sawit yang efisien dan efektif (*precision agriculture*)

2. Bidang Pascapanen dan Pengolahan
    a. Pengembangan alat panen, sortasi/grading dan transportasi yang ergonomis, efisien, efektif dan ramah lingkungan
    b. Pengembangan metode analisis cepat (*rapid analysis*) dan *tool kits* untuk menentukan kualitas TBS dan minyak.
    c. Pengembangan teknologi PKS inovatif yang mampu mengurangi kehilangan minyak (*oil losses*), meningkatkan mutu minyak, menurunkan biaya produksi, meningkatkan efisiensi energi dan ramah lingkungan.

3. Bidang Pangan dan Kesehatan
    a. Pengembangan teknologi dan produk pangan berbasis minyak sawit dan minyak inti sawit yang berdaya saing terutama dalam hal: (1) memenuhi standar keamanan pangan dan kesehatan, dan (2) lebih efisien kemasan, transportasi, dan logistiknya.
    b. Peningkatan pemanfaatan komponen gizi dan fitonutrisi minyak sawit, minyak inti sawit, dan produk samping industri sawit sebagai bahan untuk produk pangan, produk pangan fungsional, nutrasetikal, dan farmasetikal.
    c. Pengembangan teknologi proses modifikasi enzimatik pada minyak dan lemak untuk menghasilkan lemak terstruktur.
    d. Peningkatan peran minyak sawit dan produk turunannya untuk perbaikan status kesehatan konsumen.

4. Bidang Bioenergi
    a. Peningkatan efisiensi teknologi biogas dari POME dan pemanfaatannya untuk pembangkit listrik tenaga biogas dan produksi biometan.
    b. Pengembangan teknologi pemurnian biogas menjadi biometan (*biogas upgrading to biomethane*) dan pemanfaatannya sebagai bahan bakar kendaraan dan keperluan lain.
    c. Peningkatan mutu bahan-bakar produk biodiesel dan aspek hemat-biaya dari teknologi produksi biodiesel.
    d. Pengembangan teknologi produksi bioetanol selulosa dari limbah padat sawit.
    e. Pengembangan teknologi produksi biohidrokarbon dari minyak sawit dan limbah padat sawit.
    f. Pengembangan teknologi produksi *syngas*, *bio-oil* dan *bio-char* dari limbah padat sawit.
    g. Pengembangkan peralatan pembakar (*burner, combustor*) dan tungku (*furnace*) yang mampu menggunakan tandan kosong sawit (TKS) sebagai bahan bakar tunggal.

5. Bidang Oleokimia dan Biomaterial
    a. Pengembangan produk turunan oleokimia dan aplikasinya yang bernilai tambah tinggi dengan fokus pada lima kategori produk utama, yakni surfaktan, emulsifier, agro-chemical, biolubrikan, dan biopolymer.
    b. Pengembangan metode dan uji toksikologi dan ekotoksikologi produk-produk oleokimia dan turunan oleokimia.
    c. Pengembangan teknologi dan produk biomaterial sawit serta aplikasinya untuk produk-produk baru yang berdaya tahan lebih tinggi, prospektif dan berkelanjutan
    d. Pengembangan bahan kimia pensubstitusi produk berbasis minyak bumi dan teknologi proses produksinya.

6. Bidang Lingkungan
    a. Pengembangan metode dan teknologi pengelolaan keanekaragaman hayati yang praktis dapat diterapkan di wilayah perkebunan kelapa sawit.
    b. Pengembangan teknologi pengelolaan jasa lingkungan, hidrologi, jejak karbon (*carbon footprint*), jejak air (w*ater footprint), dan c*adangan karbon (c*arbon stock*).
    c. Pengembangan teknologi pengelolaan limbah dan reduksi emisi GRK.
    d. Pengembangan model life cycle assessment (LCA) dan rantai pasok (supply chain) industri sawit dan turunannya.
    e. Pengembangan dan aplikasi best practice penanaman sawit di lahan gambut.
    f. Pengembangan teknologi penanggulangan kebakaran lahan yang efisien, efektif dan berkelanjutan.

7. Bidang Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar dan Teknologi Informasi dan Komunikasi
    a. Pengembangan model peremajaan kebun sawit rakyat dalam kaitannya dengan peningkatan pendapatan petani dan pengembangan ekonomi daerah penghasil sawit,
    b. Pengkajian model kemitraan plasma inti untuk kebun dan pabrik yang saling menguntungkan.
    c. Penguatan kelembagaan petani dan industri sawit rakyat untuk meningkatkan daya saingnya
    d. Pengembangan indikator untuk standarisasi, labelisasi, sertifikasi, dan regulasi terkait industri sawit, konsumen minyak sawit, dan stakeholders.
    e. Pengembangan sistem informasi dan pengelolaan database perkebunan dan industri sawit.
    f. Pengembangan teknik pemasaran, advokasi dan promosi produk sawit
    g. Pengembangan sumberdaya manusia dan manajemen bisnis sawit.
    h. Pengembangan perangkat lunak, sistem dan jaringan informasi berbasis mobile aplikasi untuk bisnis sawit.

Riset-riset sebagaimana diuraikan dalam roadmap ini dapat menghasilkan metode, prosedur, teknik, pemodelan, produk, paket teknologi, kebijakan, HKI, publikasi, dan lainnya. Hasil-hasil tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan dan diimplementasikan oleh para pemangku kepentingan sawit nasional. Tujuan akhir dari implementasi hasil-hasil riset adalah untuk mewujudkan industri kelapa sawit Indonesia yang ramah lingkungan dan berkelanjutan demi tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDGs).

DEFINISI & SINGKATAN

ALB	:	Asam Lemak Bebas
AOS	:	A*lpha olefin sulphonates*
AKP	:	Angka Kerapatan Panen
CDS	:	Coal Dust Suppresant
CGA	:	Cement Grinding Aid
CPO	:	Crude Palm Oil
CPOPC	:	Council of Palm Oil Producing Countries
CoE	:	Center of Excellence
CBE	:	Cocoa Butter Equivalent
CBS	:	Cocoa Butter Substitute
CBI	:	Cocoa Butter Improver
CBR	:	Cocoa Butter Replacer
DEA	:	Dietanolamida
EFB	:	Empty Fruit Bunches
EOR	:	Enhanced Oil Recovery
EMF	:	Electric Magnetic Field
FCC	:	Fluid Catalytic Cracking
FAME	:	Fatty Acid Methyl Ester
GE	:	*Glycidol Esters*
GRK	:	Gas Rumah kaca
HKI	:	Hak Kekayaan Intelektual
HDL	:	*High Density Lipoprotein*
ICT	:	Information & Communication Technology
IPTEK	:	Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
ISPO	:	*Indonesian Sustainable Palm Oil*
IPB	*:*	*Institut Pertanian Bogor*
KK	:	Kepala Keluarga
LAS	:	*Linear Alkylbenzene Sulphonates*
LDL	:	*Low Density Lipoprotein*
LSM	:	Lembaga Swadaya Masyarakat
LIPI	:	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
MCPD	:	3-monochloropropane-1,2-diol
MES	*:*	*Metil Ester Sulfonat*
MCT	:	*Medium Chain Triglyceride*
MCFA	:	*Medium Chain Fatty Acids*
MLCT	:	M*edium Long Chain Triglyceride*
NIR	:	*Near Infra Red*
OPT	:	Organisme Pengganggu Tanaman
PAH	:	P*olycyclic Aromatic Hydrocarbon*
PCB	:	P*olychlorinated Biphenyls*
PFAD	:	Palm Fatty Acid Distillate

POME	:	Palm Oil Mill Effluent
PKO	:	Palm Kernel Oil
PKS	:	Pabrik Kelapa Sawit
PHO	:	*Partially Hydrogenated Oil*
PA	:	*Precision Agriculture*
PT	:	Perguruan Tinggi
PLTBg	:	Pembangkit Listrik Tenaga Biogas
RBDPO	:	Refined Bleached Deodorized Palm Oil
REACH	:	*Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemicals*
SAFA	:	*Saturated Fatty Acid*
SWOT	:	Strength, Weakness, Opportunity, Threat
SSN	:	Sequence-Specific Nuclease Technology
SDM	:	Sumber Daya Manusia
SDGs	:	*Sustainable Development Goals*
TBS	:	Tandan Buah Segar
TPH	:	Tempat Pengumpulan Hasil
TKS	:	Tandan Kosong Sawit
US-FDA	:	US Food and Drug Administration
US-AHA	:	US American Heart Association
VGO	:	Vacuum Gas Oil
WHO	:	World Health Organization

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR iii
RINGKASAN EKSEKUTIF v
DEFINISI & SINGKATAN x
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv

I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Tujuan Roadmap 2

II. TANTANGAN DAN PELUANG RISET SAWIT INDONESIA 3

III. ROAD MAP RISET SAWIT 6
3.1. Bidang Budidaya 6
3.2. Bidang Pascapanen dan Pengolahan 15
3.3. Bidang Pangan dan Kesehatan 25
3.4. Bidang Bioenergi 39
3.5. Bidang Oleokimia dan Biomaterial 51
3.6. Bidang Lingkungan 63
3.7. Bidang Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar serta Teknologi Informasi dan Komunikasi 71

V. PENUTUP 84

DAFTAR PUSTAKA 87
LAMPIRAN 90

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Hasil analisis SWOT bidang budidaya 9
Tabel 2. Strategi riset bidang budidaya 10
Tabel 3. Riset prioritas bidang budidaya 12
Tabel 4. Hasil analisis SWOT bidang pascapanen dan pengolahan 20
Tabel 5. Strategi riset bidang pascapanen dan pengolahan 21
Tabel 6. Riset prioritas bidang pascapanen dan pengolahan 23
Tabel 7. Hasil analisis SWOT riset sawit bidang pangan dan kesehatan 33
Tabel 8. Strategi riset bidang pangan dan kesehatan 33
Tabel 9. Riset prioritas bidang pangan dan kesehatan 36
Tabel 10. Hasil analisis SWOT riset bidang bioenergi 46
Tabel 11. Strategi riset bidang bioenergi 47
Tabel 12. Riset prioritas bidang bioenergi 49
Tabel 13. Hasil analisis SWOT bidang oleokimia dan biomaterial 57
Tabel 14. Strategiriset bidang oleokimia dan biomaterial 58
Tabel 15. Riset prioritas bidang oleokimia dan biomaterial 60
Tabel 16. Hasil analisis SWOT riset bidang lingkungan 64
Tabel 17. Strategi riset bidang lingkungan 66
Tabel 18. Riset prioritas bidang lingkungan 68
Tabel 19. Hasil analisis SWOT bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK 75
Tabel 20. Target kinerja industri sawit nasional 76
Tabel 21. Strategi riset bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK 77
Tabel 22. Riset prioritas bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK 79

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.	Kerangka kerja roadmap riset sawit	5
Gambar 2.	Roadmap riset bidang budidaya	15
Gambar 3.	Ruang lingkup bidang pascapanen dan pengolahan	15
Gambar 4.	Diagram alir proses pengolahan TBS menjadi CPO secara konvensional	18
Gambar 5.	Roadmap riset bidang pascapanen dan pengolahan	24
Gambar 6	Pemanfaatan minyak sawit dan minyak inti sawit pada produk pangan	25
Gambar 7.	Teknologi proses modifikasi minyak sawit dan inti sawit yang digunakan untuk produk pangan	27
Gambar 8.	Roadmap riset bidang pangan dan kesehatan	38
Gambar 9.	Total suplai energi primer dunia tahun 2013 (IEA,2015)	39
Gambar 10.	Rute produksi bioenergi dari bahan baku sawit	40
Gambar 11.	Roadmap riset bidang bioenergi	51
Gambar 12.	Ruang lingkup bidang oleokimia dan biomaterial	51
Gambar 13.	Teknologi proses konversi biomassa minyak sawit menjadi berbagai jenis surfaktan	54
Gambar 14.	Beberapa aplikasi surfaktan/emulsifier pada beragam industri	55
Gambar 15.	Diagram blok beberapa biomaterial sawit	56
Gambar 16.	Roadmap riset bidang oleokimia dan biomaterial	61
Gambar 17.	Roadmap riset bidang lingkungan	70
Gambar 18.	Link & match bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK untuk mendukung industri sawit yang berkelanjutan	71
Gambar 19.	Life cycle usahatani sawit	72
Gambar 20.	Total konsumsi beragam minyak nabati dunia	73
Gambar 21.	Faktor pendorong dan tantangan	74
Gambar 22.	Roadmap riset bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK	82

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Sepuluh negara penghasil biofuel terbesar dunia tahun 2015 (British Petroleum) 89
Lampiran 2. Teknologi proses produksi oleokimia dan aplikasinya pada berbagai industry 90
Lampiran 3. Kebutuhan informasi standar REACH (*registration, evaluation, authorization, and restriction of chemicals*) EU 91
Lampiran 4. Beragam ide pengembangan gliserol (new glycerine platform) .. 92
Lampiran 5. Beberapa ide pemanfaatan abu sawit..... 93

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkebunan sawit Indonesia pada tahun 2015 tersebar di 22 provinsi dengan luas area mencapai 11,3 juta hektar. Luas lahan tersebut mampu menghasilkan minyak sawit sebesar 37,5 juta ton yang terdiri atas 31,3 juta ton CPO dan 6,2 juta ton PKO, dimana jumlah petani dan tenaga kerja yang terlibat dalam industri perkebunan sawit Indonesia mencapai 2.140.774 KK dan 3.362.644 orang (Ditjenbun, 2015). Kisaran produktivitas perkebunan besar swasta nasional dan asing mencapai 2,2 – 4,7 ton/ha/tahun dengan rata-rata produktivitas 4,0 ton/ha/tahun, sementara produktivitas perkebunan rakyat masih pada kisaran 1,8 - 3,8 ton/ha/tahun dengan rata-rata 3,2 ton/ha/tahun. Secara umum, produktivitas rata-rata perkebunan sawit nasional baru mencapai 3,7 ton/ha/tahun meskipun beberapa industri perkebunan sawit swasta nasional produtivitasnya telah mencapai 6 ton/ha/tahun. Berdasarkan hasil riset potensi produktivitas sawit dapat mencapai 8-9 ton/ha/tahun. Oleh karenanya gap produksi antara perkebunan rakyat, perkebunan besar swasta, nasional dan asing ini perlu dijembatani melalui berbagai riset teknologi budidaya.

Potensi biomassa limbah sawit yang dihasilkan tahun 2015 sangat besar, diantaranya yaitu diperkirakan jumlah limbah batang tua mencapai 34.127.117 ton, pelepah hasil replanting mencapai 6.509.013 ton, pelepah hasil pemangkasan mencapai 117.523.848 ton, tandan buah kosong mencapai 30.618.843 ton, mesocarp fiber mencapai 17.456.846 ton, kernel shell mencapai 8.412.527 ton, palm kernel meal mencapai 3.519.484 ton dan POME mencapai 73.862.704 ton. Biomassa limbah sawit ini berpotensi besar untuk dikonversi lebih lanjut menjadi berbagai produk bernilai tambah lebih tinggi. Peningkatan nilai tambah minyak sawit dan limbah biomassa sawit nasional perlu diupayakan mengingat saat ini sekitar 60% minyak sawit masih diekspor dalam bentuk CPO dan beberapa limbah biomassa sawit juga diekspor akibat keterbatasan pemanfaatan di dalam negeri.

Tantangan yang dihadapi industri sawit Indonesia sangat beragam, diantaranya isu lingkungan, sosial, kesehatan dan keamanan pangan serta kecenderungan berkurangnya tenaga kerja di perkebunan (sekitar 4 juta antara kurun waktu 2005-2015). Hal tersebut merupakan penghambat perluasan pasar ekspor minyak sawit Indonesia ke pasar global, yang perlu diantisipasi melalui riset-riset ilmiah agar isu/kampanye negatif terkait sawit Indonesia dapat di-*counter* dan dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Tantangan teknologi sawit dari hulu hingga hilir juga sangat beragam, diantaranya produktivitas perkebunan belum maksimal, tingginya ketergantungan pada teknologi asing, diversifikasi produk turunanan masih terbatas, dan pengembangan produk

aplikasi berbasis produk turunan sawit untuk menciptakan pasar baru yang kreatif relatif masih rendah. Karenanya, sangat diperlukan strategi riset sawit nasional yang mampu mendukung terbentuknya perkebunan dan industri sawit nasional yang berkelanjutan.

Perguruan tinggi dan lembaga riset pemerintah dan swasta di Indonesia memiliki cukup banyak SDM dengan kepakaran di berbagai bidang ilmu untuk melakukan riset bidang Budidaya, Pascapanen dan Pengolahan, Pangan dan Kesehatan, Bioenergi, Oleokimia dan Biomaterial, Lingkungan dan Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, serta Komunikasi dan Informasi. Banyak hasil riset sawit yang masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat dikomersialkan, sehingga diperlukan dukungan infrastuktur berupa penyediaan fasilitas riset yang memadai untuk memenuhi kebutuhan riset industri, insentif riset, peningkatan kompetensi dan kemampuan SDM, dukungan dana riset untuk pengembangan teknologi inovatif dan peningkatan skala produksi, serta dukungan efektifitas implementasi regulasi pemerintah untuk riset. Penting kiranya dilakukan pengembangan teknologi inovatif dalam negeri yang implementatif dan aplikatif untuk menjawab kebutuhan masyarakat, perkebunan dan industri sawit nasional melalui riset sawit di berbagai bidang. Program riset sawit merupakan salah satu upaya BPDPKS untuk melakukan penguatan, pengembangan dan peningkatan pemberdayaan perkebunan dan industri sawit yang saling bersinergi di sektor hulu dan hilir demi terwujudnya industri sawit nasional yang tangguh dan lebih berkelanjutan.

Maksud penyusunan Roadmap Riset Sawit Indonesia ini adalah: (1) pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi inovatif untuk meningkatkan produktivitas dan nilai tambah perkebunan dan industri sawit nasional, (2) pengembangan sektor riil yang berbasis produk-produk hasil riset sawit, dan (3) peningkatan daya saing, keberlanjutan, dan kemandirian bangsa dalam memproduksi dan memanfaatkan minyak sawit.

1.2. Tujuan Roadmap

Tujuan penyusunan roadmap riset sawit adalah untuk menghasilkan rumusan yang berfungsi sebagai pedoman bagi para pemangku kepentingan (*stakeholders*) dalam merencanakan dan melaksanakan kegiatan riset prioritas untuk pengembangan industri sawit nasional seiring dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Roadmap ini disusun berdasarkan status terkini, tantangan, dan peluang riset dalam memenuhi kebutuhan industri di masa mendatang.

II. TANTANGAN DAN PELUANG RISET SAWIT INDONESIA

Industri sawit Indonesia di masa mendatang diproyeksikan akan terus berkembang. Pada tahun 2030 produksi CPO Indonesia diperkirakan mencapai 60 juta ton (Kementan, 2015) dengan cakupan areal seluas 12 juta ha. Rata-rata pertumbuhan lahan untuk perkebunan sawit pada periode 2015 – 2030 diperkirakan hanya berkisar 5 - 6%, jauh di bawah laju pengembangan pada periode 1990 – 2000 yang mencapai 10% - 12%. Adanya kebijakan pemerintah untuk melakukan moratorium (penundaan izin) pembukaan lahan baru bagi perkebunan sawit yang akan diterapkan pada 2016 diperkirakan akan menahan laju perluasan areal sawit. Munculnya permasalahan besar terkait dengan lingkungan seperti kebakaran hutan dan lahan, dinamika dan anomali iklim, dan isu keanekaragaman hayati menjadi tantangan untuk mewujudkan industri sawit Indonesia yang berkelanjutan.

Sebagai penggerak ekonomi nasional, industri sawit Indonesia diharapkan dapat berkontribusi dalam pencapaian target pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goals, SDGs*), diantaranya adalah pengentasan kemiskinan, perkebunan dan industri sawit yang berkelanjutan dengan indikator lingkungan, sosial, dan ekonomi, sebagaimana yang ditetapkan oleh standar ISPO (*Indonesian Sustainable Palm Oil*) dan *Indonesia Bioenergy Sustainability Indicators* (IBSI) yang merupakan bentuk nyata kontribusi industri sawit dalam kerangka pencapaian SDGs.

Dalam upaya mencapai target pembangunan berkelanjutan tersebut, industri sawit nasional perlu mendapat dukungan riset yang terencana, terstruktur, dan terintegrasi lintas bidang. Penerapan proses budidaya, pengolahan sawit, pengembangan produk, dan pengelolaan lingkungan yang didasarkan kepada hasil-hasil riset akan berdampak kepada efektivitas dan efisiensi penggunaan input produksi, yang selanjutnya akan bermuara kepada peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya. Dalam pelaksanaannya, riset sawit diarahkan untuk memberikan jawaban atas tantangan yang dihadapi oleh industri sawit nasional, baik tantangan internal maupun eksternal.

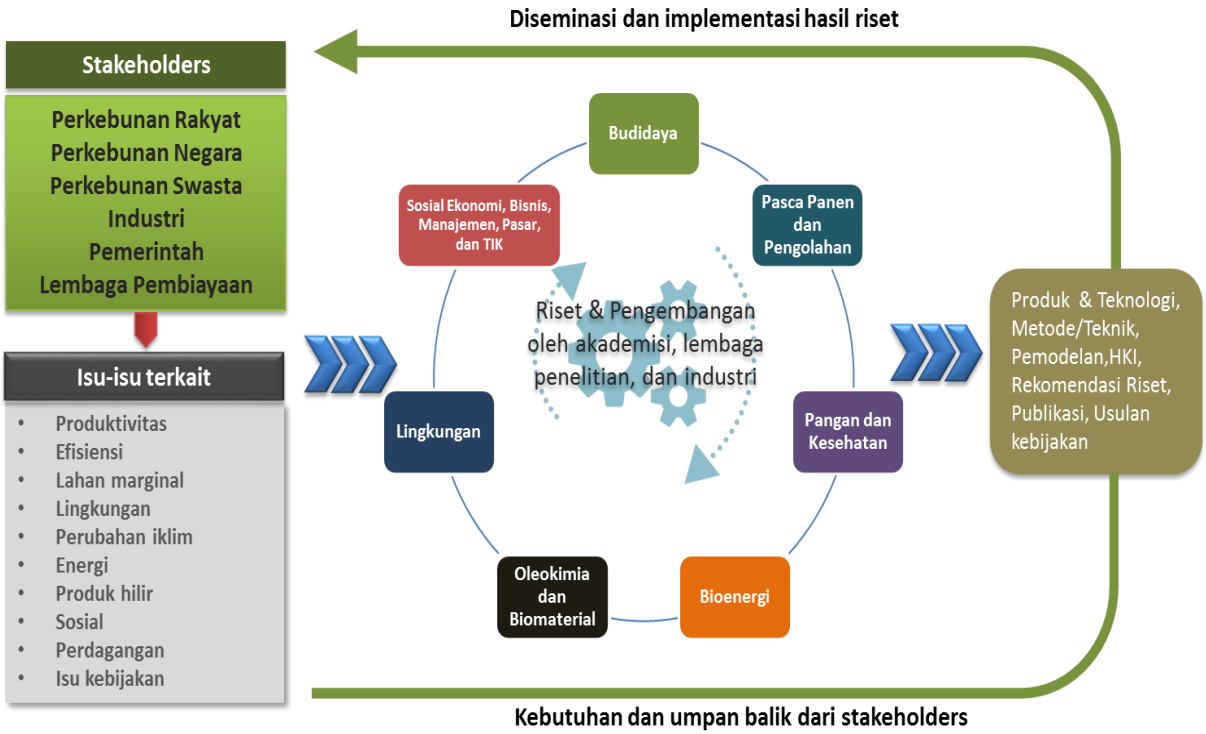
Secara garis besar, tantangan internal yang dihadapi oleh industri sawit Indonesia hingga tahun 2030 mendatang, antara lain: (i) upaya peningkatan produktivitas sawit nasional dengan target 5 ton CPO/ha/tahun, (ii) peningkatan nilai tambah, substitusi produk kimia berbasis minyak bumi, pemanfaatan limbah/produk samping, dan efisiensi produksi, (iii) permasalahan ketersediaan dan peningkatan alokasi biaya untuk tenaga kerja perkebunan, (iv) stabilitas harga sawit, (v) implementasi kebijakan moratorium pembukaan lahan baru perkebunan sawit, (vi) dinamika dan anomali iklim, dan (vii) aspek kelembagaan untuk petani swadaya. Sementara itu, tantangan yang berasal dari luar

(eksternal) mencakup: (i) meningkatnya tuntutan akan produk sawit dan turunannya yang ramah lingkungan dan mampu telusur (*traceability*), (ii) *trade barrier* pada perdagangan minyak nabati global dengan isu kesehatan, keamanan pangan, dan keberlanjutan, (iii) semakin gencarnya kampanye negatif terhadap industri sawit nasional, khususnya dari lembaga swadaya masyarakat (LSM), dan (iv) kemungkinan munculnya penyakit baru yang menyerang pertanaman sawit sebagai dampak dari perubahan iklim pada sistem pertanaman monokultur dan masuknya pathogen baru dari luar wilayah Indonesia.

Munculnya tantangan yang dihadapi oleh industri sawit, baik yang datang dari faktor internal maupun eksternal, menjadi peluang bagi para periset untuk melakukan inovasi dan terobosan baru dari berbagai aspek dalam kerangka peningkatan produksi, efisiensi, integrasi teknologi, dan optimalisasi sumberdaya. Dengan melihat industri sawit sebagai suatu sistem yang saling terkait mulai dari aspek hulu (penyiapan bahan tanaman hingga ke pengolahan tandan buah segar), aspek hilir (pengolahan CPO untuk berbagai produk pangan, non pangan, dan energi), aspek lingkungan (pengelolaan limbah dan lingkungan), aspek sosial ekonomi dan teknologi pendukung, maka diperlukan suatu program riset yang menyeluruh dan terintegrasi antar lintas bidang dalam menyelesaikan suatu permasalahan/tantangan. Dengan merujuk kepada tantangan yang telah disebutkan di atas, di masa mendatang riset sawit diharapkan mampu menghasilkan paket-paket teknologi inovatif untuk peningkatan produktivitas sawit dalam kerangka intensifikasi dan efisiensi, mengembangkan mekanisasi dan otomasi proses budidaya berbasis sistem informasi untuk mengantisipasi permasalahan tenaga kerja, mengembangkan produk turunan (oleopangan dan oleokimia), produk bioenergi, dan limbah/produk samping (biomassa) untuk peningkatan nilai ekspor produk sawit, dan memberikan jawaban secara ilmiah atas isu-isu lingkungan (*biodiversity,* gambut, emisi gas rumah kaca, *carbon stock*, dan *land use*) dan keamanan pangan yang diarahkan pada industri sawit, serta penciptaan pasar baru (domestik dan global).

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, maka strategi dan prioritas riset sawit untuk menjawab permasalahan dan tantangan yang dihadapi industri sawit nasional dirumuskan dalam bentuk peta jalan (roadmap). Roadmap ini disusun berdasarkan kajian terhadap status terkini industri sawit Indonesia, kebutuhan dan tantangan yang akan dihadapi di masa mendatang, kekuatan, dan peluang yang dimiliki oleh para pemangku kepentingan (*stakeholders*). Agar pencapaian target lebih terarah, roadmap riset sawit disusun atas 7 (tujuh) bidang, yaitu bidang budidaya, pascapanen dan pengolahan, pangan dan kesehatan, bioenergi, oleokimia dan biomaterial, lingkungan, serta sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) (Gambar 1). Hasil-hasil riset berupa produk dan paket teknologi

(DED/*detail engineering design*, tools kits, prototipe), metode/teknik, pemodelan, HKI, usulan kebijakan, publikasi dan rekomendasi riset dari setiap bidang diharapkan dapat disampaikan dan diimplementasikan oleh para pemangku kepentingan. Uraian pada masing-masing bidang mengenai status produk terkini, analisis SWOT, strategi riset, dan penyusunan riset prioritas berdasarkan jangka waktu 2016-2030 disampaikan secara lebih rinci pada Bab III.



Gambar 1. Kerangka kerja roadmap riset sawit

III. ROAD MAP RISET SAWIT

Roadmap riset sawit bertujuan untuk memberikan arahan dan pedoman dalam menentukan riset prioritas yang perlu dilaksanakan agar target produksi sawit berkelanjutan 60 juta ton pada tahun 2030 dapat dicapai dengan perolehan nilai tambah yang maksimal. Roadmap riset sawit dibagi atas 7 (tujuh) bidang, yaitu bidang budidaya, pascapanen dan pengolahan, pangan dan kesehatan, bioenergi, oleokimia dan biomaterial, lingkungan, serta sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan teknologi informasi dan komunikasi. Penyusunan roadmap riset sawit ini dilakukan melalui serangkaian kegiatan FGD (*focus group discussion*) dengan para narasumber di bidang terkait baik dari perguruan tinggi, lembaga penelitian pemerintah dan swasta, dan industri.

3.1 BIDANG BUDIDAYA

Pengertian budidaya sawit merujuk kepada rangkaian kegiatan produksi sawit pada areal tertentu yang mencakup proses perakitan bahan tanaman, penyiapan lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan, serta pengendalian hama, penyakit dan gulma. Dalam pelaksanaannya, budidaya sawit memperhatikan interaksi antara tanaman, tanah/lahan sebagai media termasuk sumberdaya hayati yang ada di dalamnya, dan kondisi iklim yang mempengaruhi tanaman.

Roadmap program riset sawit bidang budidaya diarahkan untuk menghasilkan produk dan teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil sawit di berbagai tipe pedoagroklimat berdasarkan prinsip intensifikasi, efisiensi dan keberkelanjutan. Secara garis besar, terdapat 3 sub-bidang yang menjadi fokus roadmap penelitian, yakni (1) bahan tanaman, (2) manajemen lahan/tanah dan air, dan (3) pengelolaan tanaman.

3.1.1. Produk Teknologi/Riset Saat ini

Permasalahan mendasar dalam bidang budidaya sawit adalah rendahnya tingkat produktivitas, yakni sebesar 3.7 ton/ha/tahun. Hal ini terkait dengan keterbatasan potensi lahan, iklim, dan manajemen yang belum optimal. Kegiatan riset dan pengembangan di bidang budidaya berupaya untuk mencari terobosan teknologi untuk mengatasi faktor pembatas tersebut. Saat ini telah tersedia riset pemuliaan sawit yang telah menghasilkan bahan tanaman unggul dengan produktivitas tinggi (8-9 ton/ha/tahun), dan toleran terhadap serangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma* sp. Perbanyakan bahan tanaman sawit umumnya masih dilakukan melalui metode konvensional untuk menghasilkan benih, sementara perbanyakan massal dengan sistem kultur jaringan baru dilakukan pada skala penelitian oleh beberapa institusi pemuliaan karena kendala masih tingginya abnormalitas pembungaan. Pemuliaan berbasis molekuler (*molecular breeding*) ditujukan

untuk mengakselerasi proses perakitan varietas sawit melalui eksploitasi informasi genom. Kegiatan riset pemuliaan berbasis molekuler yang telah dilakukan, antara lain analisis keragaman genetik dan identifikasi marka terkait tinggi tanaman. Penyediaan basis informasi genom sawit yang dapat diakses oleh seluruh lembaga penelitian/institusi pemuliaan akan mendorong berkembangnya kegiatan *molecular breeding*.

Manajemen lahan/tanah berkaitan erat dengan interaksi antara tanah, hara, biota/mikroba, dan tanaman. Pengembangan perkebunan sawit sebagian besar dilakukan pada lahan marjinal, seperti tanah berpasir, tanah berbukit, tanah gambut, dan areal pasang surut yang memiliki banyak faktor pembatas, antara lain tingkat kesuburan tanah yang rendah, topografi yang berbukit, dan sistem drainase yang buruk khususnya di area gambut. Penelitian dalam bidang manajemen tanah/lahan dilakukan untuk menghasilkan teknologi yang mampu menghadapi faktor pembatas tersebut dan mengoptimalkan tingkat produksi.

Riset mekanisasi kegiatan budidaya di perkebunan sawit ditujukan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan dan peningkatan biaya tenaga kerja dari tahun ke tahun, khususnya dalam kegiatan pemupukan, pemeliharaan tanaman, dan pengendalian hama, penyakit dan gulma. Dalam kerangka intensifikasi dan efisiensi produksi, diperlukan penerapan *precision agriculture* (PA) untuk mengetahui alokasi input tenaga kerja dan material berbasis blok pertanaman/individu untuk mencapai hasil ekonomi yang maksimum (Fairhust *et al*., 2003). Riset terkait dengan PA di perkebunan sawit telah dilakukan untuk aspek pengendalian hama ulat api (Junianto *et al*., 2015), identifikasi dan pemetaan pohon yang terserang Ganoderma (Santoso *et al*., 2014, Wiratmoko *et al*., 2016), survei dan pemetaan perkebunan sawit (Wiratmoko dan Santoso, 2015), dan penjarangan tanaman (Totok dan Sugandi, 2014).

Fokus perlindungan tanaman diarahkan kepada pengendalian serangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan *Ganoderma*. Serangan *Ganoderma* pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah sampai pada taraf yang sangat mengkhawatirkan. Secara nasional, tingkat serangan *Ganoderma* dilaporkan berkisar antara 2-20%. Penelitian untuk mengatasi penyakit busuk pangkal batang ini telah banyak dilakukan mencakup deteksi dini infeksi *Ganoderma* (Utomo *et al*., 2005), pengembangan biofungisida untuk mencegah perkembangan *Ganoderma* (Susanto *et al*., 2005*)*, teknik penyehatan lahan dan tanaman yang terserang, teknik replanting kelapa sawit di lahan endemik (Virdiana *et al*., 2010, Virdiana et al. 2012) serta perakitan bahan tanaman tahan *Ganoderma (*Breton *et al*., 2006, Breton *et al*., 2010, Susanto *et al*., 2011). Perlindungan tanaman kelapa sawit dari organisme pengganggu lainnya juga menjadi perhatian, termasuk kemungkinan munculnya penyakit baru sebagai dampak dari perubahan iklim dan masuknya patogen dari luar wilayah Indonesia. Pengembangan teknik pengendalian hama

tanaman kelapa sawit dilakukan melalui implementasi program pengendalian hama terpadu dengan menghasilkan produk-produk yang premium (*bioagents*) dan ramah lingkungan.

Iklim dan cuaca merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan, perkembangan, dan produksi sawit. Iklim menentukan tanaman yang dapat ditanam pada suatu wilayah, sementara cuaca berpengaruh terhadap produktivitas yang akan diperoleh (Siregar *et a*l., 2006). Pemahaman akan dinamika iklim dan penyiapan teknologi untuk mengantisipasi berkurangnya produksi sebagai bagian dari dampak iklim merupakan salah satu upaya dalam memaksimalkan pengelolaan perkebunan sawit

Dalam pengembangan sistem budidaya dan manajemen lahan di perkebunan sawit di masa mendatang, terdapat beberapa faktor yang perlu menjadi perhatian, yaitu:

a. Kebijakan moratorium pembukaan lahan baru bagi perkebunan sawit

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian saat ini tengah mempersiapkan kebijakan penundaan (moratorium) peruntukan kawasan hutan alam untuk dikonversi menjadi lahan perkebunan sawit. Kebijakan moratorium ini dimaksudkan untuk penataan kembali areal perkebunan sawit, peningkatan produksi lahan yang sudah dikembangkan, serta mendorong percepatan peremajaan. Kebijakan ini di satu sisi akan menahan laju perluasan areal dan produksi sawit nasional. Di sisi lain, dengan semakin terbatasnya lahan untuk perluasan, perkebunan sawit dituntut untuk melaksanakan prinsip-prinsip intensifikasi dalam meningkatkan produksi.

b. Kenaikan biaya produksi dan kendala ketersediaan tenaga kerja

Sistem produksi sawit diketahui memiliki keuntungan operasional terbesar (*highest operating profit*) per satuan luas dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak lainnya. Keuntungan operasional ini merupakan kompensasi dari tingginya resiko investasi jangka panjang dan biaya operasional yang tinggi, khususnya untuk biaya tenaga kerja. Namun demikian, peningkatan upah tenaga kerja regional dengan kisaran 15%/tahun serta harga input produksi lainnya berimplikasi kepada peningkatan biaya produksi. Dalam situasi demikian, maka strategi umum yang diterapkan oleh perkebunan adalah perbaikan hasil melalui implementasi *best management practices*, efisiensi biaya produksi melalui optimalisasi pemupukan dan mekanisasi, dan percepatan peremajaan untuk tanaman tua yang rendah tingkat produksinya.

c. Dinamika iklim dan pengaruhnya terhadap produksi

Produksi sawit terkait erat dengan dinamika iklim, sehingga perkiraan iklim

pada suatu wilayah yang akurat menjadi sumber informasi yang bermanfaat dalam estimasi produksi dan pengambilan keputusan tindakan antisipatif. Peristiwa El Nino tahun 2015 menyebabkan curah hujan yang rendah dan kemarau panjang yang ekstrim di Indonesia, khususnya di bagian selatan katulistiwa yang berdampak kepada terganggunya pertumbuhan sawit serta penurunan produksi. Untuk mengantisipasi situasi yang sama di masa mendatang, diperlukan upaya untuk peningkatan ketahanan terhadap kekeringan dan pengembangan model simulasi dengan jumlah parameter yang minimal untuk mengestimasi produksi sawit yang dapat diterapkan oleh praktisi perkebunan.

d. Kemungkinan munculnya penyakit baru dan masuknya patogen baru dari luar wilayah Indonesia

Sistem pertanaman sawit yang monokultur sangat rentan terhadap munculnya penyakit baru dengan tingkat kerusakan yang besar. Meski saat ini fokus perlindungan tanaman diarahkan untuk mengendalikan serangan Ganoderma, namun munculnya penyakit baru dalam skala kecil seperti *spear rot* perlu untuk diwaspadai. Perhatian juga perlu difokuskan untuk mempersiapkan *phytosanitary system* untuk mengantisipasi kemungkinan masuknya patogen baru dari wilayah Afrika dan Amerika Latin.

3.1.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT untuk bidang budidaya dilakukan untuk mengidentifikasi faktor internal (kekuatan dan kelemahan), dan faktor eksternal (peluang dan ancaman) pada bahan tanaman, manajemen lahan/tanah dan air, serta pengelolaan tanaman (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis SWOT bidang budidaya

STRENGTHS (KEKUATAN)	WEAKNESS (KELEMAHAN)
1. Bahan tanaman unggul sawit berproduksi tinggi telah tersedia dalam jumlah yang mencukupi 2. Plasma nutfah sawit sebagian tersedia dan dapat dimanfaatkan untuk perakitan varietas baru 3. Teknologi pengelolaan tanaman (*best management practices*) sawit telah tersedia 4. Ketersediaan teknologi baru, seperti teknologi nano, teknologi informasi, dan bioteknologi untuk diaplikasikan pada riset budidaya/lahan 5. Kegiatan riset budidaya telah banyak dilakukan oleh universitas, lembaga penelitian, dan perusahaan swasta. 6. Tersedianya dana untuk riset sawit	1. Tingkat produktivitas sawit yang rendah di perkebunan rakyat 2. Masih tingginya tingkat serangan penyakit busuk pangkal batang 3. Penerapan teknologi informasi dan *precision agriculture* masih terbatas 4. Terbatasnya informasi genom sawit 5. Teknologi perbanyakan klon masih belum optimal

OPPORTUNITY (PELUANG)	THREAT (ANCAMAN)
1. Permintaan akan produk pangan berbasis CPO dan PKO yang lebih berkualitas dan sehat makin meningkat 2. Kebutuhan peningkatan produktivitas sawit pada lahan-lahan marjinal 3. Terbukanya peluang kerja sama antar lembaga penelitian dalam negeri dan luar negeri.	1. Moratorium pembukaan lahan baru bagi perkebunan sawit 2. Kenaikan biaya tenaga kerja perkebunan sawit 3. Dinamika iklim yang mempengaruhi tingkat produksi dan munculnya penyakit baru 4. Kemungkinan masuknya penyakit eksotis/pathogen baru dari luar wilayah Indonesia 5. Tuntutan sistem budidaya yang berkelanjutan 6. Kampanye negatif tentang budidaya sawit

3.1.3. Strategi Riset

Berdasarkan hasil analisis SWOT di atas, maka dirumuskan strategi untuk menetapkan prioritas riset bidang budidaya. Strategi riset bidang budidaya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Strategi riset bidang budidaya

Strategi Strength-Opportunity (SO)	Strategi Strength-Threat (ST)
1. Mendorong perakitan bahan tanaman berproduksi tinggi, adaptif di lahan marjinal, berkualitas sesuai kebutuhan industri 2. Pengembangan teknologi pengelolaan tanaman yang efisien untuk lahan-lahan marjinal 3. Mendorong pembangunan kerja sama dengan institusi luar negeri untuk meningkatkan kualitas penelitian melalui dukungan dana riset sawit. 4. Mendorong kolaborasi antar institusi untuk mengumpulkan hasil-hasil riset sawit dalam rangka mengantisipasi kampanye negatif	1. Mendorong peningkatan produksi melalui pendekatan intensifikasi 2. Mendorong penyediaan sumberdaya genetik berupa koleksi plasma nutfah sawit dengan karakter baru (*novel traits*) sebagai material dasar perakitan ideotipe tanaman sawit 3. Mengembangkan varietas sawit berproduksi tinggi, tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik, dan adaptif terhadap dinamika iklim 4. Pengembangan sistem pengelolaan tanaman yang lebih efisien dan berkelanjutan melalui pemanfaatan teknologi terbaru
Strategi Weakness-Opportunity (WO)	**Strategi Weakness-Threat (WT)**
1. Mendorong peningkatan produktivitas sawit rakyat melalui penggunaan varietas berproduksi tinggi, penerapan *best management practices, dan* penggunaan teknologi yang mampu meningkatkan efektifitas dan efisiensi produksi 2. Mendorong pembangunan kerja sama lintas bidang untuk mengembangkan metode penanggulangan busuk pangkal batang melalui pendekatan yang terintegrasi	1. Mendorong pengembangan *precision agriculture* pada perkebunan sawit 2. Mengembangkan teknologi penanggulangan pathogen baru dan penyakit eksotis bagi pertanaman sawit melalui pengembangan produk dan formulasi insektisida dan adjunvant 3. Mendorong penyediaan model kuantitatif untuk mengestimasi pertumbuhan dan produksi sawit dalam kaitannya dengan

3. Mendorong pengembangan mekanisasi dan otomasi yang dapat diaplikasikan di perkebunan rakyat 4. Mendorong peningkatan kapasitas seleksi melalui penyediaan informasi genom sawit dan alat bantu seleksi 5. Pengembangan teknologi perbanyakan massal yang efisien untuk percepatan proses perakitan varietas sawit.	anomali dan perubahan iklim 4. Pengembangan model dan simulasi terhadap sustainability perkebunan, energy dan produk sawit yang berkelanjutan.

3.1.4. Diagram Roadmap

Penyusunan diagram roadmap bidang budidaya ditujukan untuk menentukan dan mengelompokkan riset yang menjadi prioritas pada jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang (Tabel 3). Sebagai indikator/parameter keberhasilan riset bidang budidaya yaitu: (1) Ketersediaan bibit moderat tahan ganoderma pada tahun 2020 sebanyak 10 juta butir/tahun, tahun 2025 sebanyak 30 juta butir/tahun, dan tahun 2030 sebanyak 50 juta butir/tahun, (2) Penanaman baru menggunakan bibit moderat tahan ganoderma pada tahun 2020 mencapai 50 ribu Ha/tahun, tahun 2025 mencapai 150 ribu Ha/tahun, dan tahun 2030 mencapai 250 ribu Ha/tahun, (3) Produktivitas rata-rata nasional pada tahun 2020 mencapai 4,0 Ton/Ha, tahun 2025 mencapai 4,5 Ton/ha, dan tahun 2030 mencapai 5,0 ton/ha, (4) Inovasi teknik pengelolaan perkebunan pada tahun 2020 mencapai 5 buah, tahun 2025 mencapai 10 buah, dan tahun 2030 mencapai >10 buah, (5) Tools kits early warning penyakit tanaman pada tahun 2020 mencapai 2 buah, tahun 2025 mencapai 3 buah, dan tahun 2030 mencapai >5 buah.

Adapun tema riset untuk budidaya/tanah/lahan adalah sebagai berikut:

a. Pengembangan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan, sistem tata air yang optimal, dan teknologi untuk peningkatan kesuburan tanah berbasis sumberdaya hayati di lingkungan perkebunan sawit.
b. Pengembangan bahan tanaman sawit untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan terhadap Ganoderma, dengan keunggulan produksi dan kualitas hasil, ketahanan dan toleransi terhadap cekaman biotik dan abiotik, serta efisien dalam penggunaan hara dan air melalui eksplorasi material genetik, implementasi strategi pemuliaan klasik, *molecular breeding*, dan rekayasa genetic.
c. Pengembangan sistem pengelolaan perkebunan sawit yang efisien dan efektif (*precision agriculture*), mekanisasi dan otomatisasi proses budidaya sawit, model kuantitatif estimasi produksi sawit dalam kaitannya dengan iklim, paket teknologi terpadu untuk *Ganoderma* dan OPT lainnya, pengembangan bio-agents baru dan pestisida yang ramah lingkungan, serta integrasi teknologi terbaru dalam pupuk dan pemupukan

Tabel 3. Riset prioritas bidang budidaya

Sub bidang	2016 - 2020	2021 - 2025	2026 - 2030
Bahan tanaman	Perakitan varietas sawit tahan Ganoderma	Perbaikan varietas sawit tahan Ganoderma	Pengembangan varietas unggul baru sawit tahan terhadap penyakit penting lainnya
	Perakitan varietas sawit berproduksi tinggi, berbuah lebih awal, kompak, adaptif terhadap cekaman kekeringan, dan efisien dalam penggunaan hara	Perbaikan varietas sawit berproduksi tinggi, berbuah lebih awal, kompak, adaptif terhadap cekaman kekeringan, dan efisien dalam penggunaan hara	Pengembangan varietas sawit berproduksi tinggi, berbuah lebih awal, kompak, adaptif terhadap cekaman kekeringan, dan efisien dalam penggunaan hara
	Perakitan varietas untuk peningkatan kualitas minyak sawit dengan karakter *high oleic, high carotene, low lipase*, dan kaya akan fitonutrisi	Perbaikan varietas untuk peningkatan kualitas minyak sawit dengan karakter *high oleic, high carotene, low lipase*, dan kaya akan fitonutrisi	Pengembangan varietas untuk peningkatan kualitas minyak sawit dengan karakter *high oleic, high carotene, low lipase*, dan kaya akan fitonutrisi
	Pembangunan kapasitas seleksi melalui penyediaan bioinformasi sawit dan teknologi rekayasa genetik	Penguatan kapasitas seleksi melalui pengembangan bioinformasi sawit dan teknologi rekayasa genetik	Peningkatan kapasitas seleksi melalui pengembangan bioinformasi sawit, teknologi rekayasa genetik, dan teknologi baru lainnya
	Pengembangan teknologi perbanyakan massal sawit secara kultur jaringan	Peningkatan efisiensi teknologi perbanyakan massal sawit secara kultur jaringan	Peningkatan efisiensi teknologi perbanyakan massal sawit secara kultur jaringan dengan integrasi teknologi terbaru
	Eksplorasi dan introduksi plasma nutfah sawit untuk identifikasi karakter-karakter baru (*novel traits*)	Integrasi karakter-karakter baru ke dalam program perakitan varietas sawit melalui pemuliaan klasik dan molekuler	Pengembangan varietas sawit untuk karakter-karakter baru

Sub bidang	2016 - 2020	2021 - 2025	2026 - 2030
Pengelolaan Tanaman	Pengembangan sistem pengelolaan tanaman sawit yang efisien melalui implementasi *precision agriculture,* mekanisasi dan otomatisasi proses budidaya sawit, model kuantitatif estimasi produksi sawit dalam kaitannya dengan iklim, paket teknologi terpadu untuk *Ganoderma* dan OPT lainnya*,* pengembangan bio-agents dan adjunvant baru dan formulasi pestisida yang ramah lingkungan, serta integrasi teknologi terbaru dalam pupuk dan pemupukan	Peningkatan efisiensi sistem pengelolaan tanaman sawit yang efisien melalui implementasi *precision agriculture,* mekanisasi dan otomatisasi proses budidaya sawit, model kuantitatif estimasi produksi sawit dalam kaitannya dengan iklim, paket teknologi terpadu untuk *Ganoderma* dan OPT lainnya*,* pengembangan bio-agents dan adjunvant baru dan formulasi pestisida yang ramah lingkungan, serta integrasi teknologi terbaru dalam pupuk dan pemupukan	Perakitan teknologi baru yang menggunakan perkembangan ilmu pengetahuan mutakhir untuk peningkatan efisiensi usaha sawit yang berkelanjutan
	Perakitan teknologi penanggulangan penyakit – penyakit sawit baru yang muncul sebagai dampak dari perubahan iklim dan antisipasi masuknya pathogen dari luar wilayah Indonesia	Penguatan untuk efisiensi teknologi penanggulangan penyakit – penyakit sawit baru yang muncul sebagai dampak dari perubahan iklim dan antisipasi masuknya pathogen dari luar wilayah Indonesia	Pengembangan teknologi baru untuk penanggulangan penyakit – penyakit sawit baru yang muncul sebagai dampak dari perubahan iklim dan antisipasi masuknya patogen dari luar wilayah Indonesia
Manajemen lahan/tanah dan air	Pengembangan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan dan sistem tata air yang optimal	Perbaikan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan dan sistem tata air yang optimal	Peningkatan efisiensi teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan dan sistem tata air yang optimal melalui integrasi teknologi baru
	Pengembangan teknologi untuk peningkatan kesuburan tanah berbasis sumberdaya hayati di lingkungan perkebunan sawit	Perbaikan teknologi untuk peningkatan kesuburan tanah berbasis sumberdaya hayati di lingkungan perkebunan sawit	Perakitan teknologi baru yang menggunakan perkembangan ilmu pengetahuan mutakhir untuk peningkatan kesuburan tanah dalam mendukung sawit yang berkelanjutan

Berdasarkan prioritas riset di atas, maka roadmap riset bidang budidaya disajikan pada Gambar 2.

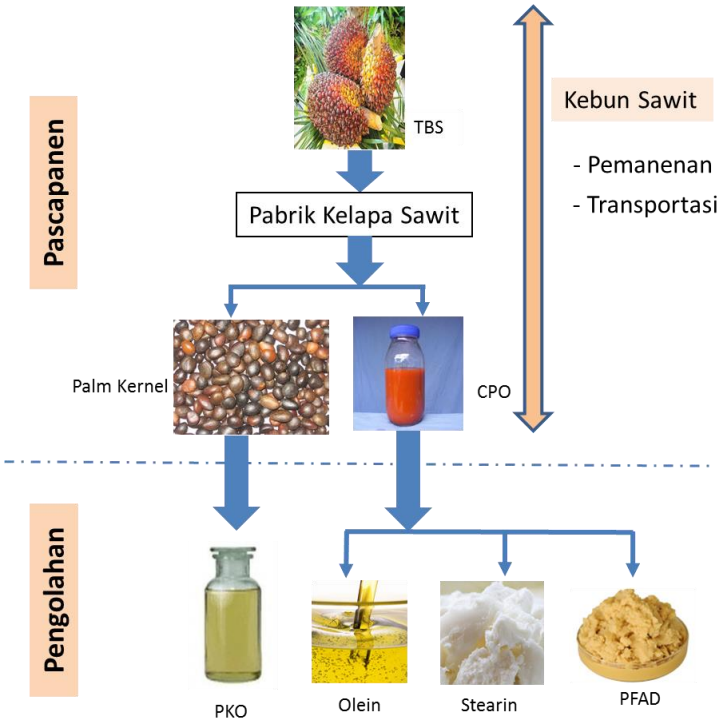
<table>
<tr><th colspan="5">ROADMAP RISET BUDIDAYA/TANAH/LAHAN</th></tr>
<tr><th>OBYEK</th><th>2016 - 2020</th><th>2021 – 2025</th><th>2025 - 2030</th><th>PELAKU</th></tr>
<tr><td>PASAR</td><td colspan="3">Perkebunan sawit rakyat, swasta, dan negara</td><td>Pelaku Industri
Asosiasi
Pemerintah
Perkebunan Rakyat</td></tr>
<tr><td>PRODUK</td><td colspan="3">• Tanaman sawit dengan produktivitas 5 ton/ha
• Prototipe perkebunan sawit moderat tahan ganoderma
• Mobile aplikasi, teknik dan manajemen lahan/tanah/air
• Persiapan lahan, tata air dan kesuburan tanah yang optimal dan berkelanjutan
• Model dan simulasi pengelolaan perkebunan sawit yang berkelanjutan</td><td rowspan="4">Pemerintah, PT, Litbang Industri Sawit, Masyarakat</td></tr>
<tr><td>TEKNOLOGI</td><td>Perakitan bahan tanaman unggul baru sawit melalui:
• Eksplorasi dan integrasi karakter baru
• Molecular breeding
• Rekayasa genetik</td><td>Perbaikan bahan tanaman sawit
• Molecular breeding
• Rekayasa genetik
• New plant breeding techniques (cisgenik, intragenesis, SSN technology, oligo-directed mutagenesis, reverse breeding)</td><td>Pengembangan bahan tanaman sawit
• iMolecular breeding
• Rekayasa genetik
• New plant breeding techniques (cisgenik, intragenesis, SSN technology, oligo-directed mutagenesis, reverse breeding)</td></tr>
<tr><td></td><td>Pengembangan sistem pengelolaan tanaman sawit yang efisien melalui:
• Precision agriculture
• Mekanisasi dan otomatisasi proses budidaya
• Model kuantitatif estimasi produksi sawit
• Paket teknologi terpadu untuk Ganoderma dan OPT lainnya,
• Pengembangan bio-agents baru dan pestisida, serta
• integrasi teknologi terbaru (nanotechnology)</td><td>Peningkatan efisiensi sistem pengelolaan tanaman sawit yang efisien melalui:
• Precision agriculture
• Mekanisasi dan otomatisasi proses budidaya
• Model kuantitatif estimasi produksi sawit
• Paket teknologi terpadu untuk Ganoderma dan OPT lainnya,
• Pengembangan bio-agents baru dan pestisida, serta
• Integrasi teknologi terbaru (nanotechnology)</td><td>Perakitan teknologi baru yang menggunakan perkembangan ilmu pengetahuan mutakhir untuk peningkatan efisiensi usaha sawit yang berkelanjutan</td></tr>
<tr><td></td><td>Pengembangan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan dan sistem tata air yang optimal</td><td>Perbaikan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan dan sistem tata air yang optimal</td><td>Peningkatan efisiensi teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan dan sistem tata air yang optimal melalui integrasi teknologi baru</td></tr>
<tr><td></td><td>Pengembangan teknologi untuk peningkatan kesuburan tanah berbasis</td><td>Perbaikan teknologi untuk peningkatan kesuburan tanah berbasis sumberdaya hayati di</td><td>Perakitan teknologi baru yang menggunakan perkembangan ilmu</td><td></td></tr>
</table>

	sumberdaya hayati di lingkungan perkebunan sawit	lingkungan perkebunan sawit	pengetahuan mutakhir untuk peningkatan kesuburan tanah dalam mendukung sawit yang berkelanjutan	
LITBANG	Riset Terapan, Riset Pengembangan, Diseminasi Hasil, dan Perbaikan berkelanjutan			
SUMBERDAYA	Plasma nutfah, *existing technology*, anggaran, sarana dan prasarana, SDM IPTEK, HKI, Data dan Informasi			

Gambar 2. Roadmap riset bidang budidaya

3.2 BIDANG PASCAPANEN DAN PENGOLAHAN

Pascapanen yaitu kegiatan dimulai sejak tahapan pemanenan, TBS diolah di pabrik sawit (PKS) hingga dihasilkan minyak sawit (CPO) dan palm kernel. Adapun pengolahan didefinisikan sebagai tahapan kegiatan dimulai sejak CPO dan palm kernel masuk ke proses pengolahan, pemurnian dan fraksinasi sehingga dihasilkan minyak inti sawit, olein, stearin dan PFAD. Berdasarkan dengan definisi tersebut di atas, maka gambaran lingkup kegiatan riset untuk bidang pascapanen dan pengolahan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ruang lingkup bidang pascapanen dan pengolahan

Roadmap riset bidang pascapanen dan pengolahan ini dibuat sebagai pedoman agar ke depannya riset-riset bidang pascapanen dan pengolahan yang dilakukan mampu menjawab kebutuhan petani dan industri sawit. Penyusunan roadmap riset sawit bidang pascapanen dan pengolahan difokuskan pada pengembangan teknologi yang inovatif dan dapat segera diimplementasikan, dengan tujuan sebagai berikut :

a. Menciptakan dan mengembangkan teknologi pascapanen untuk mengurangi susut kuantitas, mempertahankan mutu, mempermudah dan meningkatkan efisiensi serta menurunkan biaya pascapanen.
b. Menciptakan dan mengembangkan teknologi pengolahan yang inovatif untuk meningkatkan rendemen dan mempertahankan kualitas produk, efisiensi energi, mengurangi limbah, menurunkan biaya dan berkelanjutan.

Teknologi pascapanen yaitu teknologi/teknik penanganan yang diperlukan sejak tahap pemanenan tandan buah sawit hingga diolah di pabrik sawit agar mengurangi susut kuantitas, mempertahankan kualitas buah sawit segar dan memperbaiki proses produksi minyak sawit agar meningkatkan rendemen. Teknologi pengolahan yaitu teknologi-teknologi inovatif yang diperlukan untuk memperbaiki proses produksi minyak sawit, refinery dan fraksinasi agar meningkatkan rendemen dan efisiensi energi, mengurangi limbah, menurunkan biaya, dan berkelanjutan.

Peningkatan efisiensi proses produksi minyak sawit sangat erat kaitannya dengan perbaikan-perbaikan yang perlu dilakukan di tahap pascapanen dan pengolahan tandan buah segar di pabrik minyak sawit, pemurnian CPO di refinery dan tahap proses fraksinasi. Beragam teknik, teknologi dan strategi pada tahap pascapanen dan pengolahan masih perlu dikembangkan agar total biaya produksi semakin murah dan ke depannya minyak sawit Indonesia semakin berdaya saing dengan minyak nabati lainnya.

3.2.1. Produk Teknologi/Riset Saat ini

Secara umum, rendemen dan kualitas CPO yang dihasilkan oleh PKS sangat tergantung kepada buah sawit yang dipanen. Rendemen minyak sawit dipengaruhi oleh kematangan dari buah sawit, sehingga penentuan tingkat kematangan buah sawit pada saat dipanen sangat menentukan proses selanjutnya. Tingkat kematangan buah sawit yang akan dipanen sangat tergantung pada keahlian operator panen. Pemanenan tandan sawit dilakukan oleh operator panen dengan bantuan alat panen. Pekerjaan pemanenan merupakan pekerjaan yang sangat berat, dimana efisiensi proses pemanenan dipengaruhi oleh keterampilan operator dan alat bantu panen yang digunakan. Pada kondisi lahan yang miring dan tanaman sawit yang sudah tinggi, proses pemanenan menjadi lebih sulit lagi. Selanjutnya proses pengumpulan tandan sawit segar dilakukan secara manual oleh operator dengan bantuan alat angkut atau dipikul tergantung dari kondisi lahan. Beberapa teknologi inovasi telah dikembangkan untuk lahan yang tidak rata seperti alat angkut transporter buah

sawit (Fastrex) yang telah dikembangkan oleh peneliti IPB. Pengangkutan TBS sawit dilakukan dengan memindahkannya dari perkebunan ke pabrik. Alat angkut sawit yang biasanya dipakai yaitu truk, baik dump truck maupun light truck. Beberapa perusahaan, terutama yang memiliki perkebunan sawit di lahan gambut, ada pula yang memanfaatkan lori yang ditarik lokomotif karena dinilai lebih efektif dan efisien. Pengangkutan TBS sawit termasuk mata rantai terpenting dalam pascapanen dan pengolahan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengangkutan TBS yaitu organisasi panen, bentuk/pola jalan di dalam perkebunan, kondisi/perawatan jalan, jenis dan tipe alat angkut, kondisi alat-alat transportasi, serta pengoperasian alat transportasi. Apabila proses pengangkutan ini dapat berjalan dengan lancar, maka manfaat-manfaat yang bisa diperoleh antara lain menjaga ALB (Asam Lemak Bebas) produksi harian 2-3%, mempengaruhi kelancaran atau kapasitas pengolahan pabrik, mendukung keamanan TBS di lapangan, dan menghemat biaya pengangkutan seminimal mungkin.

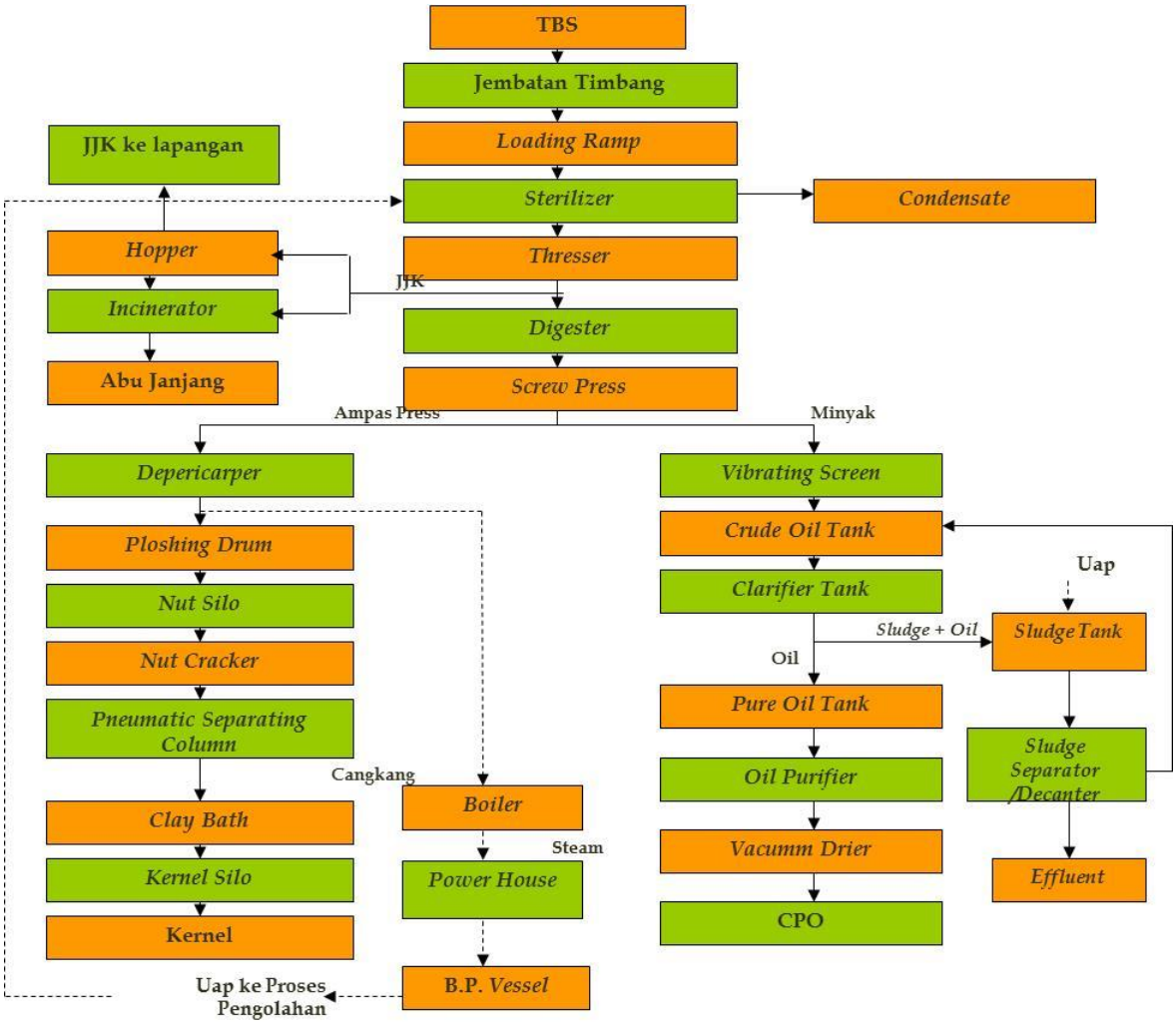
Kegiatan pascapanen yang dilakukan oleh perusahaan umumnya berupa rangkaian kegiatan yang dimulai dari penetapan angka kerapatan panen (AKP), proses pemanen (alat panen, rotasi panen, sistem panen), tenaga kerja, penentuan kriteria panen, pemotongan tandan buah masak, pemotongan dan penyusunan pelepah, pengutipan brondolan, melangsir dan mengumpulkan TBS serta brondolan ke tempat pengumpulan hasil (TPH) di stasiun penerimaan PKS.

Riset pascapanen sawit di Indonesia saat ini sudah banyak dilakukan namun masih pada skala kecil dan banyak diantara hasil riset tersebut yang belum dikomersialkan sehingga diperlukan pengembangan tahap lanjut agar hasil-hasil riset pascapanen yang dihasilkan periset Indonesia dapat dikomersialkan. Industri sawit Indonesia memerlukan riset inovatif untuk mengefisienkan kegiatan pascapanen. Inovasi teknologi pascapanen sawit yang diharapkan adalah yang mampu mengantisipasi kekurangan tenaga kerja di masa depan, kondisi lahan, infrastruktur, dan logistik. Aplikasi ICT untuk pascapanen juga diperlukan agar terjamin traceability, meningkatkan kuantitas, dan mempertahankan kualitas, mengingat tuntutan pasar yang semakin meningkat untuk teknologi pascapanen yang ramah lingkungan, food safety dan traceability.

Pengolahan sawit di pabrik sawit (PKS) merupakan salah satu kegiatan yang sangat menentukan kesuksesan usaha perkebunan sawit. Buah sawit dari kebun harus dapat diolah di pabrik sawit menjadi minyak sawit mentah yang bermutu tinggi dengan rendemen dan efisiensi yang tinggi sehingga menguntungkan bagi perusahaan. Gambar 4 menunjukkan diagram alir proses pengolahan TBS menjadi CPO secara konvensional.

Pada prinsipnya proses pengolahan sawit adalah proses ekstraksi mekanis dari tandan buah segar sawit (TBS) yang diikuti dengan proses pemurnian. Secara keseluruhan proses tersebut terdiri dari beberapa tahap proses yang berjalan secara sinambung dan terkait satu sama lain. Kegagalan pada satu tahap proses akan berpengaruh langsung pada proses berikutnya. Oleh karena itu setiap tahap proses harus dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan

standarisasi yang ada. Adapun unit-unit proses pengolahan yang umum adalah: stasiun perebusan, penebahan, stasiun presan, stasiun pemurnian minyak, stasiun pengolahan biji.



Gambar 4. Diagram alir proses pengolahan TBS menjadi CPO secara konvensional

Perebusan atau sterilisasi buah dilakukan dalam *sterilizer* yang berupa bejana uap bertekanan. Biasanya *sterilizer* dirancang untuk dapat memuat 6 -10 lori dengan tekanan uap 3 kg/cm^2. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan tekanan uap sebesar 2,8-3 kg/cm^2 dengan lama perebusan sekitar 90 menit. Selama lebih dari 50 tahun tidak banyak perkembangan baru pada proses sterilisasi. Baru pada awal tahun 2000-an terdapat inovasi teknologi baru pada proses sterilasi yaitu *continuous sterilizer* dan *vertical sterilizer*. Kedua teknologi tersebut sudah diaplikasikan pada skala komersial pada beberapa pabrik sawit yang dibangun sejak tahun 2005. Keunggulan teknologi tersebut antara lain mampu menghemat energi dan mempersingkat waktu sterilisasi sehingga pada akhirnya dapat memperkecil biaya produksi.

Penebahan/pemipilan buah (*threshing/stripping*) adalah pemisahan brondolan buah dari tandan kosong sawit. Buah yang telah direbus di *sterilizer* diangkat dengan *hoisting crane* dan dituang ke dalam *thresher* melalui *hooper* yang berfungsi untuk menampung buah rebus. *Autofeeder* akan mengatur meluncurnya buah agar tidak masuk sekaligus. Hingga saat ini belum ada inovasi baru pada teknologi pemipilan buah sawit. Pada beberapa pabrik, pemipilan dilakukan dua kali untuk me*recovery* buah yang masih tertinggal pada janjang kosong. Tantangan untuk inovasi alat pemipil ini adalah alat untuk memisahkan buah sawit dari janjangannya dengan memperkecil kehilangan minyak pada janjang kosong dan mengefisiensikan kebutuhan energinya.

Hingga saat ini tidak ada inovasi yang signifikan pada proses pengepresan buah sawit untuk mendapatkan *crude oil* sementara kehilangan minyak di dalam ampas press masih cukup tinggi yaitu sekitar 6%. Sistem press yang sekarang tidak mampu untuk mengekstrak minyak lebih lanjut karena bila tekanan diperbesar maka biji sawit akan pecah. Belakangan terdapat inovasi untuk mengepress kembali mesocarp fiber yang sudah terpisah dari biji dengan mesin press bertekanan tinggi sehingga dapat diperoleh minyak merah dengan perolehan sekitar 0,5%. Akan tetapi proses tersebut dilakukan di luar pabrik sawit.

Stasiun pemurnian minyak adalah stasiun terakhir untuk pengolahan minyak. Minyak kasar hasil stasiun pengempaan dikirim ke stasiun ini untuk diproses lebih lanjut sehingga diperoleh minyak produksi. Proses pemisahan minyak, air dan kotoran dilakukan dengan sistem pengendapan, sentrifugasi dan penguapan. Adapun peralatan/mesin yang digunakan antara lain *sand trap*, saringan getar, beberapa tangki, *decanter, oil purifie*r dan *vacuum drier*. Inovasi yang ada selama 15 tahun terakhir adalah pada mesin *decanter* yang dilakukan oleh vendor/pabrikan mesin tersebut. Mesin ini fungsinya memisahkan minyak dari lumpur/sludge. Mesin *decanter* terbaru menghasilkan limbah lebih sedikit karena selama prosesnya menggunakan sedikit air.

Stasiun pengolahan biji adalah stasiun pengolahan terakhir untuk memperoleh inti sawit. Biji dari pemisah biji dan ampas (*depericarper*) dikirim ke stasiun ini untuk diperam, dipecah, dan dipisahkan antara inti dan cangkang. Inti dikeringkan sampai batas yang ditentukan, dan cangkang dikirim ke pusat pembangkit tenaga uap sebagai bahan bakar. Praktis tidak ada inovasi yang signifikan pada mesin-mesin di stasiun pengolahan biji. Kalaupun ada hanya terdapat sedikit modifikasi pada proses pemecahan biji yaitu dengan sistem penggilingan, bukan pembantingan.

Riset pengolahan sawit di Indonesia saat ini masih terbatas, padahal peluang pengembangan dan inovasi pada teknologi pengolahan masih terbuka luas mengingat industri sawit Indonesia memerlukan riset inovatif untuk mengefisienkan kegiatan pengolahannya, diantaranya yaitu berupa inovasi dan disain teknologi pengolahan sawit yang lebih ramah lingkungan dan mampu meningkatkan efisiensi energi, air, dan tenaga kerja, memerlukan adanya pengembangan aplikasi ICT untuk pengolahan dalam rangka mendukung traceability, meningkatkan kuantitas, dan mempertahankan kualitas, karena

adanya tuntutan pasar yang semakin meningkat untuk produk yang ramah lingkungan, food safety dan traceability, serta berkembangnya demand minyak sawit untuk klasifikasi food (*ordinary and special oil*) dan non food.

3.2.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT pascapanen dan pengolahan dilakukan dengan mempertimbangkan factor internal yang menjadi kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weakness*) dan factor external yang menjadi peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*). Berdasarkan hasil diskusi mendalam dengan para pakar pascapanen dan pengolahan, berhasil diidentifikasi faktor-faktor internal dan eksternal untuk bidang pascapanen dan pengolahan sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis SWOT bidang pascapanen dan pengolahan

STRENGTHS	WEAKNESS
1. Perkebunan sawit Indonesia terbesar di dunia dan masih akan berkembang sesuai perkembangan pasar 2. Ketersediaan bahan baku TBS dan biomassa sawit melimpah dan masih akan berkembang sesuai perkembangan kebutuhan pasar 3. Pabrik sawit Indonesia tahun 2016 mencapai 840 unit dan rata-rata refinery CPO dan PKO berkapasitas 50 juta ton/tahun 4. SDM bidang teknologi pasca panen dan pengolahan dari kalangan peneliti, dosen, serta Mahasiswa S1, S2, dan S3 cukup banyak di Indonesia 5. Tersedia dana Sawit Fund untuk melakukan riset pasca panen dan pengolahan sawit 6. Perguruan tinggi dan lembaga riset pemerintah dan swasta di Indonesia memiliki kemampuan untuk melakukan riset di bidang teknologi pascapanen	1. Hasil riset pascapanen sawit sudah banyak namun perlu dikembangkan lebih lanjut untuk skala komersial, sementara riset pengolahan sawit masih terbatas 2. Hasil riset pascapanen sawit belum terdokumentasi dengan baik dan sering tumpang tindih antar institusi 3. Inovasi teknologi pascapanen sawit belum mengantisipasi kekurangan tenaga kerja di masa depan, kondisi lahan, infrastruktur, dan logistik 4. Aplikasi ICT untuk pascapanen dan pengolahan belum berkembang (traceability, kuantitas, kualitas) 5. Diseminasi informasi dan teknologi masih rendah 6. Koordinasi antar perguruan tinggi/lembaga riset dengan industri dan pemerintah masih sangat lemah 7. Fasilitas riset belum memadai untuk memenuhi kebutuhan riset industri dan insentif riset untuk peneliti masih sangat rendah 8. Implementasi regulasi pemerintah untuk riset belum efektif 9. Belum ada komunitas periset pascapanen dan pengolahan sawit Perguruan tinggi dan lembaga riset pemerintah dan swasta di Indonesia Hasil riset pengolahan sawit masih terbatas 10. Inovasi dan disain teknologi pengolahan sawit belum mengantisipasi efisiensi (energi, air, tenaga kerja) yang ramah lingkungan 11. Rendahnya antisipasi terhadap isu-isu baru dalam perdagangan minyak nabati global.

Tabel 4. Hasil analisis SWOT bidang pascapanen dan pengolahan (lanjutan)

OPPORTUNITIES	THREATS
1. Demand minyak sawit global terus meningkat (2.5% per tahun) 2. Kebutuhan bahan organik dan mineral berbasis biomassa sawit semakin meningkat 3. Industri sawit Indonesia memerlukan riset inovatif untuk mengefisienkan kegiatan pasca panen dan pengolahan 4. Tidak semua industri pascapanen dan pengolahan sawit memiliki divisi R&D sendiri 5. Adanya peluang untuk melakukan collaboration riset antar perguruan tinggi dan lembaga riset pemerintah dan swasta tingkat nasional dan internasional (terutama dari Negara-negara yang tergabung dalam CPOPC)	1. Teknologi pascapanen dari negara lain relatif lebih murah 2. Teknologi pengolahan mayoritas berasal dari negara lain 3. Teknologi pengolahan mayoritas berasal dari negara lain 4. Tuntutan pasar yang semakin meningkat untuk teknologi pascapanen dan pengolahan yang ramah lingkungan, *food safety* dan *traceability* 5. Berkembangnya demand minyak sawit untuk klasifikasi food (ordinary and special oil) dan non food 6. Perubahan iklim global yang tidak dapat diprediksi 7. Insentif terhadap penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan tidak terstruktur dengan baik 8. Keengganan industri menjadi pioneer dalam menerapkan teknologi baru 9. Kategori limbah hasil pengolahan limbah B3 dari industri sawit tidak jelas 10. Kebanyakan *engineering company* untuk pengolahan minyak sawit dan biomassa berasal dari negara lain

3.2.3. Strategi Riset

Berdasarkan hasil analisis SWOT, selanjutnya ditentukan strategi riset bidang pascapanen dan pengolahan sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Strategi riset bidang pascapanen dan pengolahan

Strategi Strength-Opportunity (SO)	Strategi Strength-Threat (ST)
1. Mendorong pengembangan riset pascapanen dan pengolahan yang inovatif dan efisien yang dapat mengurangi losses dan mempertahankan kualitas minyak 2. Menjalin komunikasi dan kolaborasi riset dengan industri terutama untuk otomasi industri pengolahan sawit 3. Mendorong kolaborasi riset pascapanen dan pengolahan antar institusi dalam dan luar negeri (PT, litbang, industri, pabrikan) 4. Mendorong hasil riset pascapanen dan pengolahan untuk diimplementasikan di industri	1. Pengembangan peralatan dan metode pascapanen dan pengolahan yang ramah lingkungan 2. Mengembangkan teknik dan metode penentuan maturity, kadar ALB, kualitas minyak 3. Mengembangkan teknik analisis dan monitoring MCPD pada CPO di pabrik sawit 4. Mempercepat aplikasi teknologi baru yang ramah lingkungan pada skala komersial melalui pemberian insentif bagi industri yang menerapkannya 5. Mendorong dan memfasilitasi tumbuhnya *engineering company* lokal (dalam negeri) 6. Pengembangan kolaborasi riset teknologi pascapanen dan pengolahan dengan peneliti dari negara lain

Tabel 5. Strategi riset bidang pascapanen dan pengolahan (lanjutan)

Strategi Weakness-Opportunity (WO)	Strategi Weakness-Threat (WT)
1. Memfasilitasi riset pascapanen dan pengolahan untuk skala komersial 2. Penyusunan database riset pascapanen yang dilakukan berbagai institusi di Indonesia 3. Pengembangan riset berbasis ICT untuk mengurangi waktu tunggu sawit masuk ke PKS, traceability, panen, kualitas (kadar air, kadar ALB, kandungan minyak) dan pengembangan otomasi pada proses pengolahan 4. Pengembangan rapid prediction and detection (tool kits) 5. Pengembangan sistem pemanenan dan transportasi yang inovatif dan efisien 6. Pengadaan sarana dan prasarana riset untuk meningkatkan kapasitas riset di perguruan tinggi dan lembaga riset 7. Memfasilitasi pembentukan komunitas peneliti pascapanen dan pengolahan sawit 8. Perbaikan dan peningkatan kinerja proses pengolahan sawit inovatif (pengolahan, pemurnian dan fraksinasi) yang lebih hemat energi, efisien penggunaan air, proses produksi yang lebih cepat, lebih ramah lingkungan, penurunan kehilangan minyak selama proses produksi dan penurunan biaya produksi 9. Aplikasi dan pengembangan enzim lokal pada proses pemipilan (thresher) dan pelumatan (digester) untuk meningkatkan rendemen minyak 10. Aplikasi NIR dan EMF pada pengolahan sawit	1. Mempercepat riset penggandaan skala teknologi pascapanen yang inovatif dan sesuai kebutuhan industri 2. Pengembangan teknologi pemisahan serat pada batang, pelepah dan EFB sawit 3. Memfasilitasi pengembangan CoE Pascapanen Sawit 4. Mempercepat aplikasi hasil riset yang inovatif pada skala industri (penggunaan enzim, NIR, dan EMF) 5. Penguatan CoE Pascapanen dan CoE Pengolahan Sawit PPKS serta pengembangan jaringan CoE dengan berbagai perguruan tinggi dan lembaga riset 6. Mendorong pengembangan teknologi pengolahan sawit yang dapat menghasilkan produk yang sesuai permintaan pasar (bebas MCPD, tinggi nilai DOBI, rendah ALB)

3.2.4. Diagram Roadmap

Pembuatan diagram roadmap bidang pascapanen dan pengolahan diawali dengan menentukan dan mengelompokkan riset-riset yang prioritas untuk perlu dilaksanakan. Sebagai indikator/keberhasilan riset bidang pascapanen dan pengolahan yaitu: (1) Efisiensi energy pada tahun 2020 mencapai 17 Kwh/ton TBS, tahun 2025 mencapai 16 Kwh/Ton TBS, dan tahun 2030 mencapai 16 Kwh/Ton TBS, dan (2) Oil losses pada tahun 2020 mencapai 1,6%, tahun 2025 mencapai 1,4% dan tahun 2030 mencapai 1,2%, (3) Inovasi alat panen, sortasi/grading dan transportasi pada tahun 2020 mencapai 6 buah, tahun 2025 mencapai 8 buah, dan tahun 2030 mencapai 10 buah, (4) Inovasi tool kits dan rapid analysis pada tahun 2020 mencapai 6 buah, tahun 2025 mencapai 10 buah, dan tahun 2030 mencapai 14 buah, dan (5) Inovasi sistem penyimpanan CPO pada tahun 2020 mencapai 5 buah, tahun 2025 mencapai 7 buah, dan tahun 2030 mencapai 9 buah.

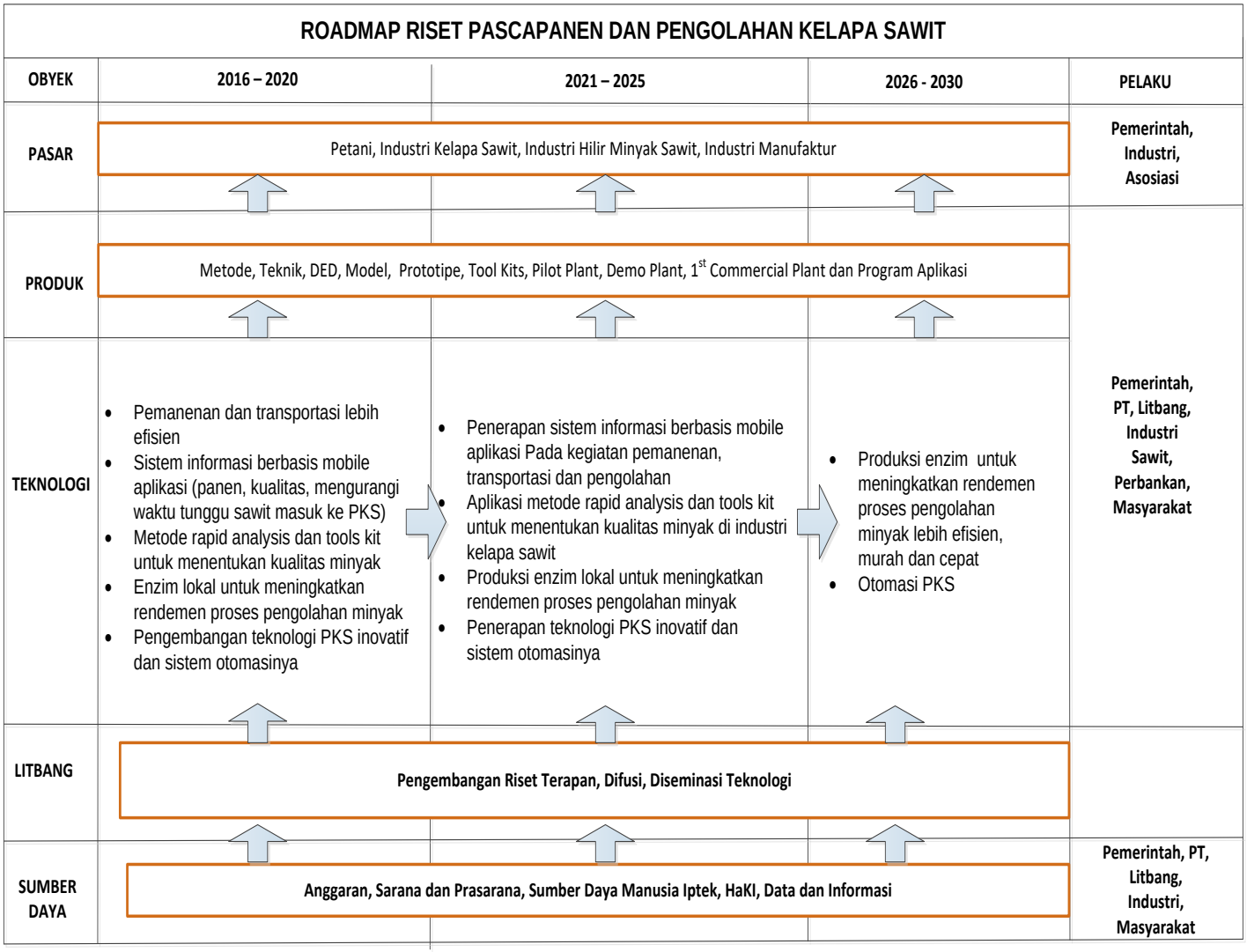
Untuk itu, ditetapkan tema prioritas riset pascapanen dan pengolahan sebagai berikut :

a. Pengembangan alat panen, sortasi/grading dan transportasi yang ergonomis, efisien, efektif dan ramah lingkungan
b. Pengembangan metode analisis cepat (*rapid analysis*) dan *tool kits* untuk menentukan kualitas TBS dan minyak (kadar air, kadar ALB, kandungan minyak).
c. Pengembangan teknologi PKS inovatif yang mampu mengurangi kehilangan minyak (*oil losses*), meningkatkan mutu minyak, menurunkan biaya produksi, meningkatkan efisiensi energi dan ramah lingkungan

Riset prioritas dan jangka waktu pelaksanaan riset bidang pascapanen dan pengolahan disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan riset prioritas, maka roadmap riset bidang pascapanen dan pengolahan sawit disajikan pada Gambar 5.

Tabel 6. Riset prioritas bidang pascapanen dan pengolahan

2016 – 2020	2021 - 2025	2026 - 2030
Disain dan pembuatan prototype alat pemanenan dan transportasi yang ergonomis, efisien, efektif dan ramah lingkungan	Pengembangan peralatan pemanenan dan transportasi yang ergonomis, efisien, efektif dan ramah lingkungan	Diseminasi dan implementasi alat pemanenan dan transportasi yang ergonomis, efisien, efektif dan ramah lingkungan di industri perkebunan sawit
Pengembangan sistem informasi berbasis mobile aplikasi (panen, kualitas, mengurangi waktu tunggu sawit masuk ke PKS)	Pengembangan sistem informasi berbasis mobile aplikasi (panen, kualitas, mengurangi waktu tunggu sawit masuk ke PKS)	Implementasi dan aplikasi sistem informasi berbasis mobile (panen, kualitas, mengurangi waktu tunggu sawit masuk ke PKS)
Disain dan engineering metode *rapid analysis* dan *tool kits* untuk menentukan kualitas minyak	Pengembangan metode *rapid analysis* dan *tool kits* untuk menentukan kualitas minyak	Implementasi dan aplikasi metode *rapid analysis* dan *tool kits* untuk menentukan kualitas minyak
Eksplorasi, isolasi, seleksi enzim lokal untuk meningkatkan rendemen minyak	Pengembangan enzim lokal untuk meningkatkan rendemen minyak	Pemanfaatan enzim lokal di industri pengolahan
Perbaikan proses pengolahan sawit yang mampu mengurangi losses, meningkatkan mutu, menurunkan biaya, meningkatkan efisiensi energi dan ramah lingkungan termasuk sistem otomasinya	Pengembangan teknologi proses pengolahan sawit yang mampu mengurangi *losses*, meningkatkan mutu, menurunkan biaya, meningkatkan efisiensi energi dan ramah lingkungan termasuk sistem otomasinya	Implementasi otomasi pabrik sawit



Gambar 5. Roadmap riset bidang pascapanen dan pengolahan

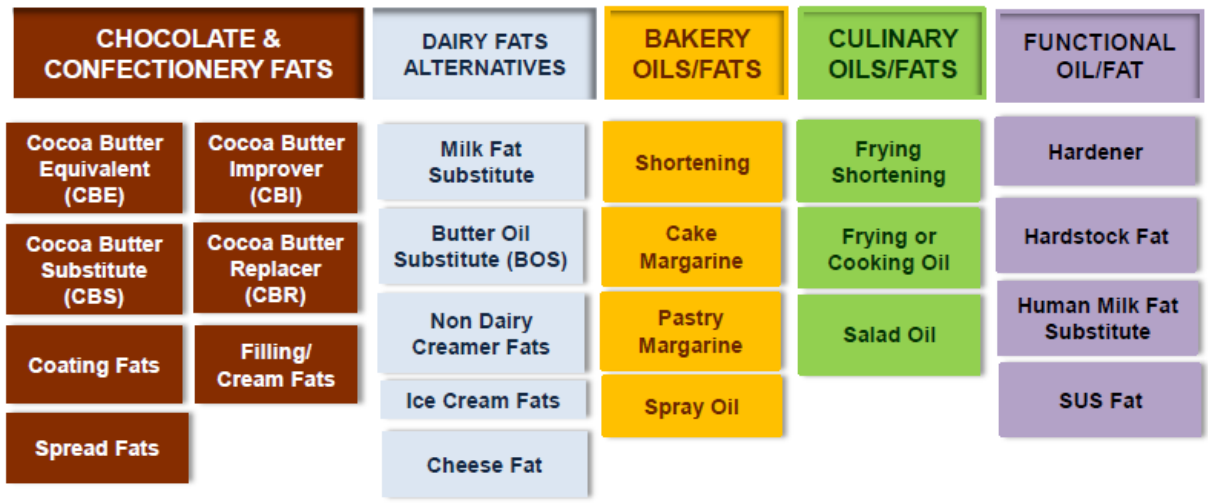
3.3 BIDANG PANGAN DAN KESEHATAN

Roadmap ini disusun sebagai pedoman riset sawit di bidang pangan dan kesehatan yang dilakukan untuk: 1) meningkatkan pemanfaatan produk sawit pada industri pangan dan fitonutrisi yang memiliki pangsa pasar potensial dan nilai tambah tinggi, 2) menjawab kebutuhan industri pengguna produk sawit dalam pemecahan masalah, peningkatan mutu produk, dan peningkatan efisiensi proses produksi, 3), mengubah citra dan meningkatkan penerimaan masyarakat dunia terhadap produk pangan berbasis minyak sawit, serta 4) menjaga keberlangsungan penggunaan minyak sawit di produk pangan dari serangan isu kesehatan, keamanan, dan keramahan lingkungan.

Roadmap riset ini juga disusun berdasarkan tren riset sawit terkini yang telah dilakukan oleh institusi penelitian dan pengembangan (litbang), perguruan tinggi, serta riset industri. Sementara produk sawit yang masuk dalam lingkup roadmap bidang ini adalah minyak sawit, minyak inti sawit, dan produk samping dari industri sawit.

3.3.1. Produk Teknologi/Riset Saat Ini

Pemanfaatan minyak sawit dan inti sawit untuk produk pangan lebih mengarah pada stabilitasnya dalam bentuk semi solid pada suhu ruang serta digunakan sebagai substitusi lemak hewani dan minyak nabati yang karakteristiknya tidak dapat menyamai kelapa sawit. Disamping karakteristik tersebut, minyak sawit dan turunannya memiliki harga yang relatif murah dibanding *soft-oil* atau minyak non tropis seperti minyak kedelai, minyak jagung, minyak *canola*, dan minyak *rapeseed*. Minyak sawit dan inti sawit banyak dipakai sebagai pengganti lemak susu (*milk fat/butter oil*), lemak coklat (*cocoa butter*), lemak hewani (*tallow*), dan bahkan sebagai pengganti lemak air susu ibu (*human milk fat replacer*). Kategori pemanfaatan minyak sawit dan minyak inti sawit di produk pangan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemanfaatan minyak sawit dan minyak inti sawit pada produk pangan

Pemanfaatan minyak sawit pada produk pangan yang terbesar adalah sebagai minyak goreng, terutama di negara-negara yang *eating-habit*-nya banyak mengkonsumsi makanan yang melalui proses penggorengan. Minyak goreng sawit terbukti memiliki karakter tahan panas yang tinggi dibandingkan minyak goreng berbasis minyak non tropis seperti minyak kedelai, minyak *canola*, dan minyak jagung. Minyak goreng sawit sangat sesuai dipakai di industri pangan yang membutuhkan minyak goreng dengan *durability* tinggi (memiliki karakter tahan panas yang tinggi dan tidak mudah teroksidasi), seperti industri mi instan, *snack*, dan makanan beku (*frozen foods*). Riset minyak goreng sawit dan aplikasinya di industri masih diperlukan, diantaranya untuk meningkatkan mutu dan nilai kesehatan produk pangan yang digoreng, serta peningkatan umur penggunaan minyak goreng sawit. Dengan demikian dipandang perlu melakukan kajian penggunaan minyak goreng di industri untuk penetapan praktis atau rekomendasi penggunaan minyak goreng sawit yang ideal di industri pangan, termasuk standar mutu awal dan afkir minyak goreng sawit.

Jumlah konsumsi minyak goreng sawit di Indonesia mencapai 5.6 juta ton atau 17% dari total produksi minyak sawit pada tahun 2015 (GAPKI, 2015). Distribusi minyak goreng sawit di Indonesia saat ini lebih banyak dalam bentuk curah, yakni sekitar 65%. Untuk alasan higiene dan jaminan mutu produk yang baik, pemerintah melalui Kementerian Perdagangan merencanakan menggantikan cara distribusi minyak goreng curah ke minyak goreng kemasan dengan peraturan nomor 80/M-DAG/PER/2014. Peraturan ini direncanakan diberlakukan 27 Maret 2016, namun melalui peraturan nomor 21/M-DAG/PER/3/2015 penerapan peraturan sebelumnya ditunda hingga 1 Januari 2018. Penundaan ini ditambah lagi dengan polemik penerapan Standar Nasional Indonesia (SNI) Minyak Goreng Sawit nomor 7709-2012 secara wajib, yang masih ditolak oleh beberapa pihak. SNI ini memuat kewajiban fortifikasi vitamin A sebesar 45 IU/g ke dalam minyak goreng sawit kemasan. Kajian yang berkaitan dengan konversi minyak goreng curah ke minyak goreng kemasan ini belum dilakukan secara mendalam, padahal konversi ini mengubah tata niaga minyak goreng secara drastis. Di sisi lain, upaya untuk melindungi atau mempertahankan kandungan vitamin A akibat proses pemurnian dan pemucatan pada minyak goreng kemasan juga perlu dilakukan.

Melalui peraturan konversi minyak goreng curah ini diperkirakan industri pengemas minyak goreng sawit skala kecil hingga menengah akan bertumbuh, terutama di daerah-daerah. Industri pengemas minyak goreng sawit juga diwajibkan untuk memiliki Sertifikasi Produk Penggunaan Tanda SNI (SPPT-SNI) Minyak Goreng Sawit berdasarkan peraturan Menteri Perindustrian nomor 87/M-IND/PER/12/2013. Upaya untuk memperoleh SPPT-SNI bagi industri pengemas minyak goreng sawit skala kecil dan menengah sudah tentu membutuhkan pengetahuan dan kemampuan yang tidak sederhana, karena sertifikasi mencakup audit penerapan Sistem Manajemen Mutu SNI ISO 9001:2008 atau sistem manajemen mutu lain yang setara, disamping pengujian kesesuaian mutu minyak goreng sawit terhadap SNI 7709-2012. Di sisi lain, upaya untuk melindungi atau mempertahankan kandungan vitamin A pada minyak goreng kemasan juga perlu dilakukan berdasarkan model transportasi dan distribusi minyak goreng di Indonesia. Hal lain yang juga perlu memperoleh perhatian adalah metode analisa kandungan vitamin A, di mana metode standar yang tersedia dan diakui saat ini masih berupa metode konvensional menggunakan HPLC (*high performance liquid chromatography*) yang relatif mahal biayanya dan membutuhkan waktu analisa yang lama.

Produk pangan berbasis minyak sawit dan minyak inti sawit yang terdapat dalam bentuk produk konsumen atau *consumer pack* hanyalah minyak goreng kemasan, *shortening*, dan margarin meja (*table margarine*), sedangkan jenis produk pangan lain umumnya merupakan bahan baku bagi industri pangan lain yang dijual dengan model B2B (*business to business*). Karena itu riset dan pengembangan produk pangan berbasis minyak sawit dan inti sawit lebih banyak didorong dan ditentukan oleh industri pangan sesuai dengan kebutuhan dan tren pasar, yang berkaitan dengan sifat fungsional minyak/lemak diaplikasinya, sifat nutrisi, serta aspek kesehatan dan keamanan pangan.

Pengembangan produk pangan berbasis minyak sawit dan inti sawit melibatkan beberapa teknologi proses untuk memodifikasi sifat minyak sawit dan inti sawit, diantaranya fraksinasi, hidrogenasi, interesterifikasi, intraesterifikasi, ataupun kombinasi 2 atau lebih teknologi proses tersebut. Pada tabel di bawah ini disajikan kondisi dan tantangan untuk pengembangan dari masing-masing teknologi proses modifikasi minyak/lemak.

Kompleksitas	Tinggi	Tinggi	Sedang
Lemak Trans	Rendah	Tinggi	Rendah
Polusi Lingkungan	Rendah	Tinggi	Sedang
Biaya Produksi	Tinggi	Tinggi	Sedang
Tantangan/ Masalah	Pengetahuan kristalisasi minyak sawit untuk proses multi-fraksinasi	Efektivitas katalis Nikel dan regenerasi katalis bekas	Menggantikan katalis kimia sodium metilat
	Fraksinasi	**Hidrogenasi**	**Intraesterifikasi/ Interesterifikasi**

Kombinasi Proses

Gambar 7. Teknologi proses modifikasi minyak sawit dan inti sawit yang digunakan untuk produk pangan

Minyak sawit merupakan sumber asam oleat (C18:1) dengan kandungan yang relatif tinggi, yakni 38-44% (Mukherjee dan Mitra, 2009). Meskipun bukan merupakan asam lemak esensial, namun asam oleat diketahui dapat menurunkan total kolesterol, LDL (*low density lipoprotein*), dan rasio LDL terhadap HDL (*high density lipoprotein*) di dalam darah (Ebong et al, 1999; Edem, 2002). Selain itu minyak dengan kandungan asam oleat tinggi juga memiliki stabilitas oksidatif yang tinggi, sehingga umur penggunaannya dapat lebih lama (Abdulkarim et al., 2007). Oleh karena itu banyak upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kandungan asam oleat ini pada minyak nabati, seperti *high oleic sunflower* dan *canola oil*. Riset dan pengembangan *high oleic palm oil* juga telah dilakukan, baik melalui teknik rekayasa genetik untuk menghasilkan varitas tanaman sawit yang menghasilkan minyak dengan kandungan oleat tinggi, maupun teknologi proses modifikasi minyak dan lemak untuk memperkaya asam oleat, seperti proses multi-fraksinasi, transesterifikasi, dan sebagainya. Pengembangan *high oleic palm oil* juga dapat menjawab tantangan industri pangan yang membutuhkan

minyak/lemak dengan kandungan asam lemak jenuh (SAFA, *saturated fatty acid*) yang rendah, terutama untuk menurunkan kandungan asam miristat (C14:0) dan asam palmitat (C16:0) (Mancini et al., 2015).

Nilai ketersediaan hayati asam lemak tidak hanya ditentukan oleh jenis asam lemaknya saja, akan tetapi ditentukan juga oleh posisi masing-masing jenis asam lemak pada kerangka gliserol. Penyerapan asam lemak rantai panjang (LCFA, *long chain fatty acid*) dan asam lemak rantai medium (MCFA, *medium chain fatty acid)* akan lebih tinggi bila terdapat pada posisi sn-2 dari trgliserida. Posisi asam lemak jenuh pada molekul trigliserida minyak/lemak juga berpengaruh terhadap resiko penyakit degeneratif, di mana asam lemak jenuh pada posisi sn-2 berdampak lebih buruk dibandingkan pada posisi sn-1 dan 3 (Renaud *et al*., 1995; Edem, 2002).

Melalui proses intraesetrifikasi ataupun interesterifikasi, perubahan posisi asam lemak jenuh pada molekul trigliserida ini dapat didesain untuk dihasilkan minyak sawit terstruktur (*structured lipid)* dengan karakter yang lebih unggul. Karakter unggul ini bisa dilihat dari faktor kesehatan (*healthy oil*) ataupun dari sisi sifat fisik kimia lainnya. Proses ini dapat dilakukan secara kimia maupun enzimatik. Proses enzimatik dipandang lebih tepat, khususnya untuk digunakan pada proses produksi *healthy oil* ini.

Minyak inti sawit merupakan sumber asam lemak berantai sedang (C8 – C12) yang penting, selain minyak kelapa. Asam lemak jenis ini diketahui memiliki nilai kalori yang lebih rendah, yakni 7.0 - 8.3 kkal/gram, dibandingkan dengan asam lemak rantai panjang yang memiliki nilai kalori 9 kkal/gram (Mu and Hoy, 2000). Asam lemak rantai sedang diketahui juga dapat menurunkan kolesterol darah dan bersifat antitumor. Produk *healthy oil* yang memanfaatkan asam lemak rantai sedang adalah *medium chain triglyceride* (MCT) ataupun *medium long chain triglyceride* (MLCT). MCT diberikan pada pasien-pasien yang mengalami gangguan pankreatik, malabsorpsi, ataupun maldigesti. MCT juga diketahui dapat memberikan efek perlindungan terhadap penyakit *atherosclerosis* dan jantung, serta lebih mudah diserap dan lebih cepat diubah menjadi energi. Di industri pangan, MCT dan MLCT telah dikembangkan untuk digunakan pada produk pangan lemak rendah kalori ataupun rendah lemak.

Di sisi lain, minyak sawit juga mengandung komponen minor yang jumlahnya mencapai 2%. Komponen-komponen minor di dalam minyak sawit diantaranya adalah karotenoid, vitamin E (tokoferol dan tokotrienol), sterol, polifenol, dan skualen (Ong and Goh, 2002). Komponen fitonutrisi ini telah dieksplor untuk diekstraksi dan/atau dikonsentratkan untuk menjadi bahan tambahan pangan dan bahan fitokimia yang digunakan untuk produk nutrasetikal maupun farmasitikal.

Produk minyak sawit merah dengan jumlah karoten tinggi telah banyak diteliti, namun komersialisasinya tidak terlalu menggembirakan. Demikian juga konsentrat karotenoid minyak sawit yang telah diteliti dan dikembangkan dalam bentuk kapsul, bubuk, ataupun emulsi, termasuk dalam sistem nanoemulsi yang dapat menjadi alternatif solusi untuk meningkatkan kelarutan bahan dalam air, kestabilan termal, dan bioavailibilitas komponen aktif nano. Terdapat beberapa teknologi yang telah

dikembangkan untuk mempertahankan ataupun mengekstrak karotenoid dari minyak sawit, diantaranya adalah dengan metode pemurnian khusus, distilasi molekuler, kromatografi adsorpsi selektif, dan ekstraksi dengan CO_2 superkritik. Dengan metode adsorpsi selektif, karotenoid dapat dipisahkan dari ester alkil minyak sawit dengan tingkat *recovery* yang tinggi (>90%), sedangkan dengan metode distilasi molekuler juga dapat diperoleh konsentrat karotenoid > 80000 ppm dari minyak sawit (Kritchevsky et al., 2002). Upaya mendorong industrialisasi dan komersialisasi produk karotenoid alami dari minyak sawit perlu terus dilakukan untuk digunakan sebagai bahan pewarna makanan maupun pro-vitamin A pada bahan nutrasetikal dan farmasetikal.

Setelah mengalami proses pemurnian (*refining*), maka minyak sawit masih mengandung vitamin E sebesar 70% dibandingkan dengan kandungan awalnya pada CPO. Kehilangan vitamin E terbesar adalah saat deodorisasi dan vitamin E terikut pada distilat asam lemak *(palm* fatty *acid distillate/PFAD).* Konsentrasi vitamin E pada PFAD dapat 5-10 kali lebih tinggi daripada CPO, sehingga PFAD dapat menjadi sumber vitamin E yang sangat potensial. Keunggulan PFAD adalah sebagian besar vitamin E terdapat dalam bentuk tokotrienol (70%) dan sisanya adalah tokoferol (30%). Tokotrienol memiliki efek fisiologis yang lebih luas daripada tokoferol (Sambanthamurti et al., 2000; Koushki et al., 2015). Teknologi proses ekstraksi vitamin E dari PFAD juga telah tersedia, namun masih perlu dikembangkan untuk industrialisasi dan komersialisasi di Indonesia.

Terkait dengan penelitian di bidang kesehatan minyak sawit, riset tentang uji klinis pengaruh konsumsi minyak sawit terhadap beberapa penyakit, seperti *atherosclerosis* dan jantung koroner, *insulin resistance*, serta obesitas, perlu lebih banyak dilakukan. Hasil studi ini diharapkan bermanfaat untuk menangkis kampanye hitam banyak pihak, terutama produsen minyak kedelai yang kalah bersaing dengan minyak sawit, tentang minyak sawit yang tidak baik bagi kesehatan karena kandungan lemak jenuhnya, serta untuk materi program KIEA (komunikasi, informasi, edukasi, dan advokasi) tentang manfaat, kesehatan, dan keamanan konsumsi minyak sawit di dalam negeri maupun luar negeri. Riset dan studi yang berhubungan dengan studi epidemiologis dan uji klinis minyak sawit terhadap kesehatan masyarakat Indonesia sedikit sekali ditemukan, sementara pola diet masyarakat Indonesia mungkin berbeda dengan negara lain dan hasil studi di negara lain tersebut kurang relevan untuk masyarakat Indonesia. Indonesia juga perlu menetapkan rekomendasi asupan minyak/lemak secara lebih rinci, menimbang minyak sawit merupakan diet minyak utama di Indonesia.

Terdapat 4 faktor yang mempengaruhi tren kebutuhan pasar dan perkembangan produk pangan saat ini yang juga ikut mempengaruhi perkembangan penggunaan minyak sawit dan inti sawit pada industri pangan, yaitu (a) globalisasi dan perubahan ekonomi, (b) kesehatan dan kebugaran, (c) keamanan pangan, dan (d) *sustainability.* Tren riset pemanfaatan minyak sawit dan inti sawit untuk produk pangan juga tidak terlepas dari tren kebutuhan pasar tersebut. *Trade barrier* dalam bentuk *nutrition labelling* dan *ecolabelling* juga perlu diantisipasi dengan sifat kajian yang terintegrasi.

a. Globalisasi dan Perubahan Ekonomi

Faktor ini mengharuskan produsen produk pangan untuk selalu berinovasi memperoleh produk yang lebih murah tanpa merubah kualitas produk terutama dari aspek rasa, aroma, tekstur, dan sifat fungsionalnya. Produk pangan juga harus memiliki diferensiasi, yang lebih banyak dilakukan pada hal-hal yang berkaitan dengan aspek kesehatan, kealamian (*green*), kenyamanan dalam mengonsumsi seperti ukuran produk, dan lain-lain. Dari aspek ekonomi, produk pangan berbasis minyak sawit dan inti sawit menjadi opsi yang paling tepat untuk menggantikan lemak hewani atau minyak nabati lainnya yang harganya lebih mahal.

b. Kesehatan dan Kebugaran

Konsumen, terutama penduduk urban, bukan hanya menghadapi masalah kesehatan tetapi juga kebugaran yang disebabkan oleh beban kerja dan kurangnya waktu untuk istirahat dan berolahraga. Survei yang dilakukan oleh Health Focus International Inggris di 32 negara antara tahun 2003 hingga 2012 menunjukkan bahwa masalah kesehatan dan kebugaran yang dihadapi oleh masyarakat dunia adalah seputar stress, keletihan, kelebihan berat badan, penyakit degeneratif, sulit tidur, problem pencernaan, osteoporosis dan kekurangan kalsium, serta *anti-aging* (Health Focus International, 2016). Reduksi konsumsi gula, karbohidrat, garam, dan lemak menjadi salah satu pertimbangan dalam pengembangan produk pangan.

Dari aspek kesehatan, citra minyak sawit yang kurang baik karena kandungan asam lemak jenuhnya telah ditangkis melalui banyak penelitian klinis. Sosialisasi dan edukasi untuk pengetahuan ini perlu lebih banyak dilakukan di Indonesia agar minyak sawit tidak kalah pamor dari minyak non tropis yang memiliki imej baik untuk kesehatan.

Terdapat 3 aspek pendekatan dalam riset pengembangan produk pangan berbasis minyak sawit dan minyak inti sawit saat ini yakni minyak/lemak bebas lemak trans, rendah lemak jenuh (*SAFA/saturated fatty acid*), dan minyak/lemak tanpa proses hidrogenasi (NH/non *hydrogenated*). Dengan karakter minyak sawit yang semi solid dengan kisaran titik leleh 33-39°C, maka minyak sawit dapat digunakan untuk berbagai formulasi produk pangan dalam bentuk alaminya. Bersama perkembangan teknologi proses multi-fraksinasi minyak sawit, maka produk minyak/lemak bebas trans dan tanpa hidrogenasi dari minyak sawit dan inti sawit dapat dikembangkan lebih lanjut. Tantangan terbesar adalah mengembangkan minyak/lemak rendah lemak jenuh tanpa merubah sifat fungsionalnya yang mencakup aspek *creaminess, coolness*, stabilitas, dan kemudahan pada proses penggunaannya. Kemudahan proses penggunaan minyak/lemak pada aplikasi produk pangan misalnya berkaitan dengan kecenderungan sifat kristalisasi minyak/lemak pada aplikasi coklat

compound ataupun konfeksioneri, serta pengembangan *pumpable shortening* untuk efisiensi.

Untuk pengembangan produk minyak/lemak pangan berdasarkan aspek kesehatan, maka rekomendasi konsumsi minyak/lemak dari WHO, US-FDA, dan US-AHA sering digunakan sebagai acuan. Pengembangan produk pangan bebas lemak trans juga semakin menjadi perhatian para pelaku industri pangan setelah US-FDA mengeluarkan peraturan pelarangan penggunaan minyak/lemak terhidrogenasi parsial (PHO/*partially hydrogenated oil*) pada Juni 2015. Industri pangan Amerika diberi waktu 3 tahun untuk memenuhi peraturan tersebut. Industri pangan multinasional seperti Nestle, Unilever, Mondelez, Barry Callebaut, dan Arnott's Campbell telah memiliki agenda untuk memproduksi produk pangan bebas lemak trans dan PHO sebelum 2018 dan juga pengurangan SAFA sebanyak 10-30% untuk produk pangan yang diproduksi sebelum 2020.

c. Keamanan Pangan

Kontaminasi menjadi masalah yang krusial bagi minyak sawit dan inti sawit. Jenis kontaminan yang sering dituntut untuk dianalisa pada perdagangan global minyak sawit dan inti sawit adalah logam berat, *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH), dioxin, polychlorinated *biphenyls* (PCB), dan residu pestisida (The Commision of the European Communities, 2006). Sejauh ini semua kontaminan yang disebutkan di atas tidak menjadi masalah dalam minyak sawit dan inti sawit, sepanjang proses rafinasi atau pemurnian serta kendali mutu dilakukan dengan baik.

Terakhir ini minyak sawit dilanda isu kontaminan *3-monochlorpro-pandiol ester* (3-MCPD Ester) dan *glycidol esters* (GE), di mana hasil penelitian di Eropa menyebutkan bahwa minyak sawit mengandung 3-MCPD Ester dan GE yang tertinggi diantara minyak nabati lainnya, yakni masing-masing sebesar 3-7 ppm sebesar 3-11 ppm. Senyawa 3-MCPD merupakan senyawa hasil hidrolisis 3-MCPD ester yang memiliki efek negatif terhadap ginjal, sistem syaraf pusat, dan sistem reproduksi pada hewan percobaan. Menurut International Agency for Research on Cancer (IARC), senyawa 3-MCPD kemungkinan juga dapat menyebabkan kanker bagi manusia (Liu, 2011).

Senyawa 3-MCPD ester dalam minyak sawit terutama terbentuk selama proses deodorisasi yang menggunakan suhu tinggi dan melibatkan pembentukan ion asiloksonium dari triasilgliserol, diasilgliserol, dan monoasilgliserol. Ion asiloksonium kemudian bereaksi dengan ion klorida membentuk 3-MCPD ester. Senyawa ion klorida sendiri dapat bersumber dari tanah, pupuk, ataupun pestisida. *Bleaching earth* yang digunakan pada proses pemurnian minyak sawit juga berpotensi menjadi sumber ion klorin, dan disebutkan berkontribusi terhadap pembentukan 3-MCPD ester sebesar 20–30% dari seluruh proses pemurnian. Di sisi lain, aspek penggunaan pupuk kimia di perkebunan juga perlu menjadi perhatian untuk melihat kontribusi pengaruhnya terhadap pembentukan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit.

Substitusi pupuk kimia dengan *bio-fertilizer* diduga berpengaruh terhadap mitigasi 3-MCPD dan GE pada minyak sawit tanpa perlu merubah perilaku/proses yang digunakan sekarang ini.

Respon pasar saat ini menginginkan kandungan 3-MCPD Ester < 1.5 ppm pada minyak sawit normal dan < 0.5 ppm untuk minyak sawit yang digunakan pada susu dan makanan bayi, serta kandungan GE < 0.3 ppm untuk minyak sawit yang digunakan di semua aplikasi produk pangan (Liu, 2011). Perusahaan makanan Nestle dan Barry Callebaut sebagai pihak terdepan yang sangat peduli terhadap kontaminan 3-MCPD dan GE ini telah menetapkan target kandungan maksimum 3-MCPD Ester dan GE sesuai dengan nilai di atas sebelum 2018. Untuk memenuhi harapan ini, pemangku kepentingan industri sawit Indonesia perlu melakukan program terintegrasi untuk mitigasi 3-MCPD dan GE ini melalui skrining terhadap kandungan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit berdasarkan daerah asal CPO, membangun kapasitas untuk analisa 3-MCPD dan GE, serta menerapkan teknologi proses untuk menghilangkan senyawa kontaminan ini.

d. Sustainability

Isu *sustainability* juga berkaitan dengan teknologi proses pemurnian maupun modifikasi minyak sawit dan inti sawit yang diharapkan menggunakan proses yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Hal ini berkaitan dengan aspek hemat energi, penggunaan katalis enzim sebagai pengganti katalis kimia pada proses hidrogenasi, intraesetrifikasi, dan interesterifikasi, maupun substitusi bahan penolong proses produksi (*processing aid*) dengan bahan yang lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh adalah katalis Na-methoxide pada proses intra- dan interesterifikasi yang dilarang penggunaannya pada beberapa negara karena bersifat sangat reaktif, sehingga perlu dikembangkan katalis enzim lipase untuk menggantikannya. Dengan menggunakan katalis enzim reaksinya berlangsung dalam kondisi *mild* (pH, suhu, tekanan), serta limbah yang dihasilkan minimal dan mengurangi polusi lingkungan. Kendala pada pengembangan proses enzimatik secara industrial adalah ketersediaan dan harga lipase yang relatif mahal. Indonesia dengan keragaman hayatinya yang tinggi, termasuk mikroba, memiliki potensi besar untuk mengembangkan dan memproduksi lipase sendiri. Sejalan dengan usaha-usaha menjalankan industri pengolahan menjadi *sustainable,* pemerintah dipandang perlu memberikan insentif karena usaha-usaha tersebut memerlukan investasi yang tidak sedikit jumlahnya.

3.3.2. Analisis SWOT Riset Bidang Pangan dan Kesehatan

Identifikasi faktor internal yang menjadi kekuatan dan kelemahan, serta faktor eksternal yang menjadi peluang dan ancaman pada analisis SWOT bidang pangan dan kesehatan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis SWOT riset sawit bidang pangan dan kesehatan

KEKUATAN (*STRENGTH*)	**KELEMAHAN (*WEAKNESS*)**
1. Ketersediaan bahan baku minyak sawit dan inti sawit yang berlimpah dan masih terdapat minyak sawit yang diekspor dalam bentuk mentah (CPO). 2. Harga minyak sawit yang kompetitif dibandingkan minyak alami lainnya. 3. Sifat fisikokimia minyak sawit dan fraksinya yang semi solid dan dapat dimanfaatkan untuk diversifikasi dan diferensiasi produk pangan. 4. Tersedia tenaga peneliti di institusi litbang, perguruan tinggi, dan lembaga riset industri. 5. Tersedia sarana litbang yang memadai di institusi litbang, perguruan tinggi, maupun lembaga riset industri. 6. Saat ini pemerintah memberikan prioritas tinggi bagi pembangunan industri hilir sawit	1. Adanya gap teknologi antara skala penelitian di institusi litbang dan perguruan tinggi dengan kebutuhan industri dan komersial. 2. Sarana produksi dan teknologi di industri hilir sawit yang masih sangat tergantung dengan pihak luar negeri. 3. Pemanfaatan dana penelitian dan pengembangan, SDM, serta sarana litbang kurang terintegrasi, sehingga tidak efisien dan ekonomis. 4. Belum tersedianya kebijakan yang bersifat integratif antara riset dan pengembangan, pendidikan, peningkatan kompetensi SDM, permodalan, dll.
PELUANG *(OPPORTUNITY)*	**ANCAMAN *(THREAT)***
1. Industri pangan berbasis minyak sawit di Indonesia membutuhkan hasil riset untuk diversifikasi dan diferensiasi produk, serta efisiensi proses produksi. 2. Masih belum banyak jenis produk pangan dan fitonutrisi berbasis minyak sawit yang memiliki nilai tambah tinggi di Indonesia. 3. Tuntutan pasar yang semakin meningkat terhadap produk pangan yang sehat, aman, dan '*green*' atau ramah lingkungan 4. Ketersediaan teknologi baru, seperti bioteknologi dan teknologi nano untuk diaplikasikan pada riset pengembangan produk pangan berbasis sawit. 5. Pasar yang luas, baik domestik maupun ekspor. 6. Pengurangan ketergantungan produk impor	1. *Trade barrier* di perdagangan produk pangan global dengan menggunakan isu kesehatan, keamanan pangan, dan *sustainability* dengan persyaratan yang semakin banyak. 2. Persaingan dengan produsen negara lain. 3. Persaingan dengan jenis minyak nabati lain.

3.3.3. Strategi/Prioritas Riset

Berdasarkan hasil analisis SWOT di atas, maka dirumuskan strategi untuk menetapkan prioritas riset sawit bidang pangan dan kesehatan. Strategi riset bidang pangan dan kesehatan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Strategi riset bidang pangan dan kesehatan

Strategi *Strength-Opportunity* (SO)	**Strategi *Strength-Threat* (ST)**

1. Melakukan riset pengembangan produk pangan dan fitonutrisi untuk pemanfaatan minyak sawit dan inti sawit yang lebih luas. 2. Mendorong hasil riset bidang pangan dan fitonutrisi sawit untuk diimplementasikan di industri. 3. Mendorong penyusunan kebijakan peningkatan pemanfaatan produk pangan dan fitonutrisi sawit.	1. Mengembangkan riset yang berkaitan dengan peningkatan pamor dan citra produk pangan sawit, agar dapat diterima luas oleh masyarakat dunia. 2. Mengembangkan kerjasama riset dengan peneliti institusi litbang dan perguruan tinggi luar negeri.
Strategi *Weakness-Opportunity* (WO)	**Strategi *Weakness-Threat* (WT)**
1. Mengembangkan riset yang sesuai dengan kebutuhan industri pangan dan farmasi, serta memenuhi ekspektasi konsumen. 2. Melakukan inovasi dan meningkatkan efisiensi proses produksi pangan dan fitonutrisi sawit untuk harga produk yang lebih kompetitif. 3. Mengembangkan teknologi proses produksi yang ramah lingkungan di industri pangan dan fitonutrisi sawit.	1. Melakukan studi epidemiologi dan uji klinis hubungan konsumsi minyak sawit terhadap kesehatan berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia. 2. Upaya mitigasi kandungan kontaminan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit dan produk turunannya. 3. Melakukan studi klinis pengaruh konsumsi fitonutrisi sawit terhadap kesehatan. 4. Melakukan studi efikasi dan toksikologi produk fitonutrisi berbasis sawit. 5. Mengembangkan riset yang siap dikomersialkan, termasuk registrasi produk fitonutrisi ke lembaga berwenang untuk dapat digunakan pada produk pangan dan farmasitikal.

3.3.4. Diagram Roadmap

Pembuatan diagram roadmap bidang pangan dan kesehatan dilakukan dengan menentukan dan mengelompokkan riset-riset prioritas untuk dilaksanakan pada jangka pendek (2016-2020), jangka menengah (2021-2025), dan jangka panjang (2026-2030). Riset prioritas diorientasikan untuk menjawab kebutuhan nyata (permintaan pasar) sehingga dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan peran riset sebagai *tool* untuk meningkatkan produktivitas atau untuk mengatasi kendala-kendala yang dihadapi. Kelembagaan penelitian harus pula mampu untuk bekerjasama dengan pelaku dunia usaha (bisnis) dan pembuat kebijakan (pemerintahan). Riset prioritas dan jangka waktu pelaksanaan riset ditampilkan pada Tabel 9.

Sebagai indikator keberhasilan riset bidang pangan dan kesehatan adalah:

a. Penurunan penggunaan minyak/lemak mengandung trans fat di industri pangan menjadi 70% maksimum dari kondisi saat ini pada 2020 dan tidak ada penggunaan *partial hydrogenated oil* (PHO) lagi di Indonesia pada 2025. Pencapaian keberhasilan ini diselaraskan dengan terbitnya peraturan pemerintah tentang larangan penggunaan PHO pada produk pangan di Indonesia.
b. Kandungan 3-MCPD dan GE pada produk hasil pemurnian minyak sawit dan turunannya harus mencapai masing-masing <0.5 ppm dan <0.35 ppm pada

tahun 2020, serta < 0.5 ppm dan < 0.30 ppm sebelum 2025.

c. Minimum 5 jenis produk minyak sawit dan inti sawit yang digunakan di industri pangan pada berbagai aplikasi dengan kandungan SAFA rendah, *trans free*, dan/atau *non hydrogenated* (NH) dan dapat diterima oleh industri pangan global (MNC/*multinational company*) sebelum 2025.
d. Metode analisa cepat untuk kandungan vitamin A dan pro-vitamin A pada minyak goreng sawit yang menjadi metode standar SNI sebelum 2025.
e. Produk komersial minyak sawit merah dengan kandungan pro-vitamin A tinggi sebelum 2030.
f. Minimum 2 jenis produk *healthy oil* dan/atau fitonutrisi sawit yang dapat dikomersialkan secara luas sebelum 2030, yang dilengkapi dengan uji klinis dan efikasi, serta memperoleh ijin penggunaan sebagai bahan pangan oleh BPOM-RI.
g. Rekomendasi resmi praktis/cara penggunaan minyak goreng sawit yang baik di industri pangan di Indonesia sebelum 2030.
h. Rekomendasi asupan minyak/lemak ideal berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia sebelum 2030.

Tema riset bidang pangan dan kesehatan adalah sebagai berikut :

a. Pengembangan teknologi dan produk pangan berbasis minyak sawit dan minyak inti sawit yang berdaya saing terutama dalam hal: (1) memenuhi standar keamanan pangan dan kesehatan, dan (2) lebih efisien kemasan, transportasi, dan logistiknya.
b. Peningkatan pemanfaatan komponen gizi dan fitokimia minyak sawit, minyak inti sawit, dan produk samping industri sawit sebagai bahan untuk *functional oil*, produk pangan fungsional, nutrasetikal, dan farmasetikal.
c. Pengembangan teknologi proses modifikasi enzimatik pada minyak dan lemak untuk menghasilkan lemak terstruktur.
d. Peningkatan peran minyak sawit dan produk turunannya untuk perbaikan status kesehatan konsumen.

Tabel 9. Riset prioritas bidang pangan dan kesehatan

Sub Bidang	2016 - 2020	2021 - 2025	2026 - 2030
Pangan	• Pengembangan produk *cocoa butter substitute* (CBS) dan *confectionery fats* berbasis minyak inti sawit yang trans free, kandungan SAFA < 80%, dan NH (*non hydrogenated*). • Pengembangan produk *cocoa butter replacer* (CBR) dan *confectionery fats* berbasis minyak sawit dan inti sawit yang trans free, kandungan SAFA < 55%, dan NH (*non hydrogenated*). • Pengembangan produk *bakery fat* dan *dairy fat alternatives* berbasis minyak sawit dan inti sawit yang trans free, low SAFA (< 55%), dan NH (*non hydrogenated*). • Pengembangan produk *pumpable shortening* untuk kemudahan penanganan saat aplikasi dan transportasi. • Teknologi produksi *healthy oil* (1) dengan memanfaatkan asam oleat pada minyak sawit dan MCFA (*medium chain fatty acids*) pada minyak inti sawit • Pemanfaatan komponen fitonutrisi sawit untuk produk nutrasetikal/ farmasetikal • Pengembangan produk minyak sawit merah sebagai minyak goreng dengan kandungan pro-vitamin A tinggi untuk mengurangi ketergantungan suplai vitamin A impor, termasuk studi efikasi dan klinisnya. • Pengembangan metode analisa vitamin A dan provitamin A pada minyak goreng sawit yang lebih murah dan cepat.	• Pengembangan dan diseminasi teknologi produksi *cocoa butter substitute* (CBS) dan *confectionery fats* berbasis minyak inti sawit yang trans free, kandungan SAFA < 80%, dan NH (*non hydrogenated*). • Pengembangan produk *cocoa butter substitute* (CBS) dan *confectionery fats* berbasis minyak inti sawit yang trans free, kandungan SAFA < 60%, dan NH (*non hydrogenated*). • Pengembangan dan diseminasi teknologi produksi *cocoa butter replacer* (CBR) dan *confectionery fats* berbasis minyak sawit dan inti sawit yang trans free, kandungan SAFA < 55%, dan NH (*non hydrogenated*). • Pengembangan dan diseminasi teknologi produksi bakery *fat* dan *dairy fat alternatives* berbasis minyak sawit dan inti sawit yang trans free, low SAFA (< 55%), dan NH (*non hydrogenated*). • Diseminasi dan industrialisasi produk *pumpable shortening* ke industri. • Penggandaan skala dan diseminasi teknologi produksi *healthy oil* (1) yang memanfaatkan asam oleat pada minyak sawit dan MCFA pada minyak inti sawit ke tingkat industri. • Penggandaan skala dan diseminasi produk fitonutrisi sawit ke industri nutrasetikal/ farmasetikal. • Teknologi proses modifikasi enzimatik minyak sawit untuk produk pangan, termasuk pengembangan enzim lokal. • Teknologi produksi *healthy oil* (2) berbasis *structured lipids* dengan penurunan kandungan	• Pengembangan dan diseminasi teknologi produksi *cocoa butter substitute* (CBS) dan *confectionery fats* berbasis minyak inti sawit yang trans free, kandungan SAFA < 60%, dan NH (*non hydrogenated*). • Penggandaan skala dan diseminasi teknologi proses modifikasi enzimatik minyak sawit untuk produk pangan. • Penggandaan skala dan diseminasi teknologi produksi *healthy oil* (2) berbasis *structured lipids* dengan penurunan kandungan C14:0 dan C16:0, serta reposisi SAFA di sn-1 dan 3. • Diseminasi, industrialisasi, dan komersialisasi produk minyak sawit merah kaya pro-vitamin A.

		C14:0 dan C16:0, serta reposisi SAFA di sn-1 dan 3. • Pengajuan metode cepat analisa vitamin A dan provitamin A pada minyak goreng sawit untuk menjadi metode standar.	
Kesehatan	• Kajian untuk mitigasi kandungan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit dan fraksinya dengan target kandungan 3-MCPD < 1.5 ppm dan < 1.0 ppm, serta GE < 0.35 ppm. • Studi epidemiologi dan uji klinis hubungan konsumsi minyak sawit terhadap kesehatan, yakni *atherosclerosis* dan jantung koroner, serta obesitas, berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia. • Kajian penggunaan minyak goreng di industri untuk penetapan praktis atau rekomendasi penggunaan minyak goreng sawit ideal di industri pangan.	• Kajian untuk mitigasi kandungan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit dan fraksinya dengan target kandungan 3-MCPD < 0.50 ppm dan GE < 0.30 ppm untuk susu dan makanan bayi. • Studi epidemiologi dan uji klinis hubungan konsumsi minyak sawit terhadap kesehatan, yakni *atherosclerosis* dan jantung koroner, obesitas, serta insulin resistance, berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia. • Uji efikasi produk fitonutrisi pada produk nutrasetikal/ farmasetikal, penggandaan skala, dan diseminasi ke industri.	• Studi klinis dan efikasi produk *healthy oil* yang telah dikembangkan, serta kajian regulasinya untuk dapat ditetapkan sebagai bahan pangan, bahan nutrasetikal ataupun farmasetikal oleh lembaga berwenang. • Kajian rekomendasi asupan minyak/lemak berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia

Berdasarkan riset prioritas di atas, maka roadmap riset sawit bidang pangan dan kesehatan disajikan pada Gambar 8.

ROADMAP RISET PANGAN DAN KESEHATAN				
OBYEK	**2016 - 2020**	**2021 – 2025**	**2026 - 2030**	**PELAKU**
PASAR	Industri *specialty fats* , pangan, nutrasetikal/farmasetikal			Pelaku industri, asosiasi, pemerintah
PRODUK	• Produk pangan, minyak makan merah, *healthy oil* , dan fitonutrisi berbasis minyak sawit yang memenuhi kebutuhan konsumen dan industri. Teknologi proses produksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan • Rekomendasi penggunaan minyak goreng sawit ideal di industri pangan. • Rekomendasi asupan minyak/lemak berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia			
TEKNOLOGI	Mitigasi kandungan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit dan fraksinya untuk industri pangan (3-MCPD < 1.0 ppm dan GE < 0.35 ppm)	Mitigasi kandungan 3-MCPD dan GE pada minyak sawit dan fraksinya untuk industri susu dan makanan bayi (3-MCPD < 0.5 ppm dan GE < 0.30 ppm)		
	Teknologi produksi *cocoa butter alternatives* (CBA) dan *confectionery fats yang trans free, low SAFA, NH*	Diseminasi dan komersialisasi teknologi produksi cocoa butter alternatives (CBA) dan		
	Teknologi produksi *bakery fat* dan *dairy fat alternatives yang trans free, low SAFA, NH*	Diseminasi dan komersialisasi teknologi produksi *bakery fat* dan *dairy fat alternatives*		
	Teknologi produksi *pumpable shortening*	Diseminasi dan komersialisasi produk pumpable shortening ke industri.		
	Teknologi produksi *healthy oil* (1) berbasis minyak sawit	Penggandaan skala dan diseminasi teknologi produksi *healthy oil* (1) ke industri.		
	Teknologi produksi fitonutrisi sawit	Studi klinis dan uji efikasi produk fitonutrisi, penggandaan skala, registrasi ke BPOM, dan diseminasi ke industri.		
	Studi epidemiologi dan uji klinis konsumsi minyak sawit di masyarakat Indonesia	Studi epidemiologi dan uji klinis konsumsi minyak sawit di masyarakat Indonesia	Kajian rekomendasi asupan minyak/lemak berdasarkan pola diet masyarakat Indonesia	
		Kajian penggunaan minyak goreng sawit di industri untuk penetapan praktis atau rekomendasi penggunaannya.	Kajian penggunaan minyak goreng sawit di industri untuk penetapan praktis atau rekomendasi penggunaannya.	
		Teknologi proses modifikasi enzimatik minyak sawit untuk produk pangan, termasuk pengembangan enzim lokal.	Penggandaan skala dan diseminasi teknologi proses modifikasi enzimatik minyak sawit untuk produk pangan.	
		Teknologi produksi *healthy oil* (2) berbasis *structured lipids*	Penggandaan skala dan diseminasi teknologi produksi *healthy oil* (2) berbasis *structured lipids.*	
LITBANG	Pengembangan riset terapan, riset pengembangan, diseminasi hasil, dan perbaikan berkelanjutan			
SUMBER DAYA	*Existing technology* , anggaran, sarana dan prasarana, SDM, HaKI, data dan informasi			

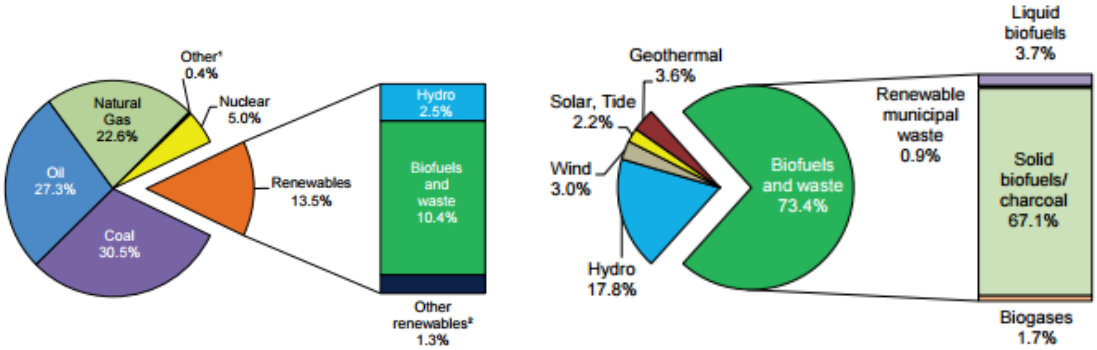
Gambar 8. Roadmap riset bidang pangan dan kesehatan

3.4 BIDANG BIOENERGI

Roadmap riset bidang bioenergi disusun sebagai pedoman agar produk-produk riset bioenergi dapat segera termanfaatkan untuk: 1) memperbaiki kinerja teknologi bioenergi eksisting menjadi lebih efisien, 2) menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan lebih mendekati hidrokarbon, dan 3) menyediakan prototipe yang layak teknis dan berpotensi untuk komersialisasi. Lingkup roadmap meliputi: produksi dan pemanfaatan biogas maupun biometan dan konversi minyak sawit maupun limbah padat/lignoselulosa.

3.4.1. Produk Teknologi/Riset Saat Ini

Pada tahun 2013, bioenergi memasok 10% kebutuhan energi primer dunia (IEA, 2015), dan merupakan sumber energi terbarukan yang terbanyak dimanfaatkan di dunia saat ini (bioenergi padat sekitar 67%, cair 3,7% dan biogas 1,7%). Total suplai energi primer dunia tahun 2013 disajikan pada Gambar 9. Meskipun kontribusi bioenergi cair (*biofuel*) dan biogas masih rendah, tetapi laju pertumbuhannya jauh lebih tinggi dibanding bioenergi padat. Trend pertumbuhan *biofuel* diprediksi terus meningkat meskipun terjadi penurunan harga minyak fosil.

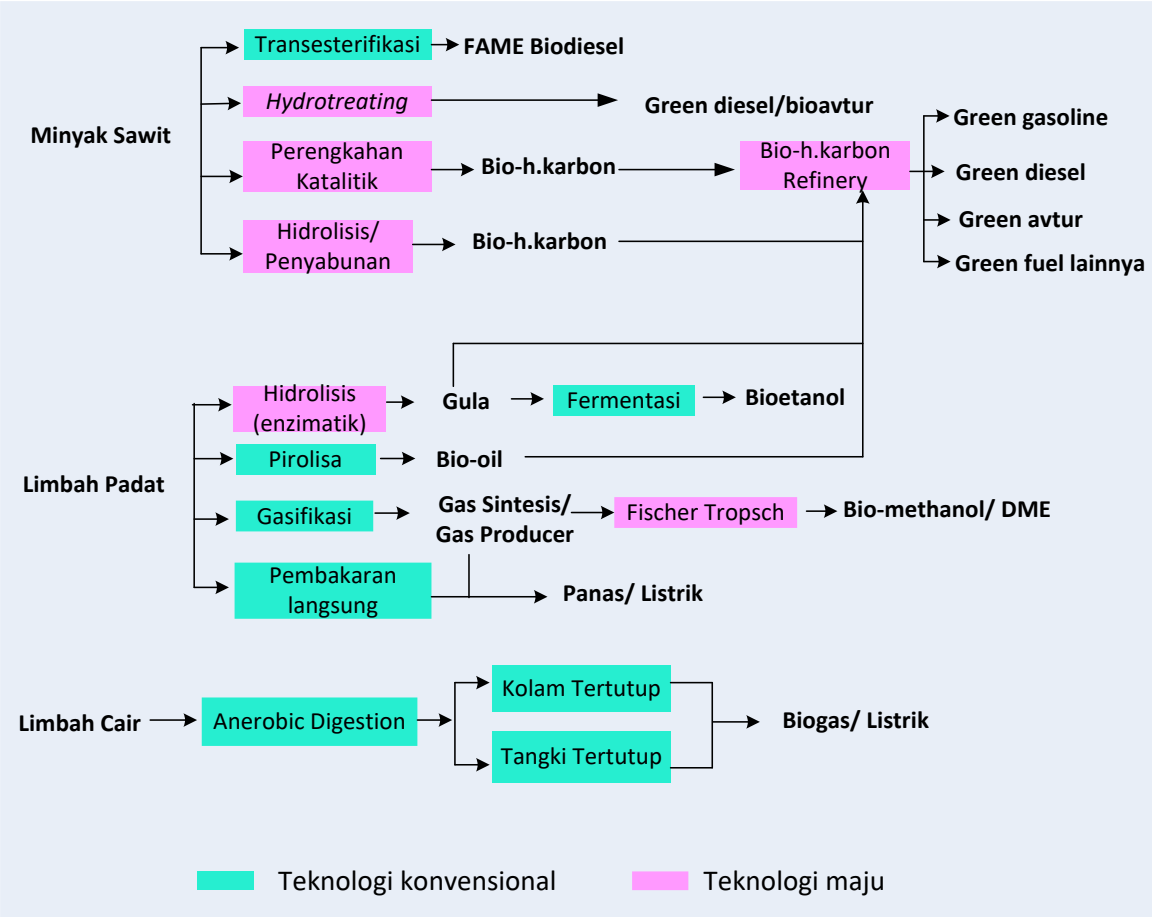


Gambar 9. Total suplai energi primer dunia tahun 2013 (IEA,2015)

Produksi *biofuel* dunia, tahun 2013 sekitar 67,26 Mtoe dan meningkat menjadi 74,85 Mtoe pada tahun 2015. Sekitar 75% *biofuel* dunia diproduksi dalam bentuk bioetanol, sedang sisanya berupa biodiesel. Amerika Serikat adalah produsen *biofuel* terbesar didunia, disusul oleh Brazil, keduanya menguasai 65% produksi *biofuel* dunia (Lampiran 1). Sementara Indonesia masih di bawah Thailand dan saat ini hanya memproduksi *biofuel* komersial jenis biodiesel sekitar 1,7 juta kLiter pada tahun 2014.

Saat ini, produksi biodiesel berbahan baku minyak sawit memberi kontribusi untuk menahan laju impor minyak solar dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar nasional. Bioenergi dalam industri sawit juga mempunyai peran penting untuk meningkatkan indikator keberlanjutan industri sawit. Rute produksi bioenergi sawit ditunjukan pada Gambar 10. Fokus roadmap bioenergi terdiri atas tiga hal, yaitu pemanfaatan biogas menjadi bahan bakar atau listrik, konversi minyak sawit menjadi biofuel (bahan bakar nabati), dan pemanfaatan limbah padat menjadi

biofuel.



Gambar 10. Rute produksi bioenergi dari bahan baku sawit

Biogas didalam industri sawit diperoleh sebagai hasil proses pengolahan limbah cair (POME) ataupun proses fermentasi tandan kosong sawit, umumnya mempunyai kandungan gas 54-70% CH_4, 30-46% CO_2, dan sekitar 670-2500 ppm H_2S (Quah Sk and Gillies, 1981). Dengan semakin kuatnya isu lingkungan terkait pelepasan gas metana ke udara yang diketahui berpotensi menimbulkan pemanasan global 25 kali lebih besar dibanding CO_2, umumnya pabrik sawit membakar biogas sehingga yang dilepas ke udara berupa gas CO_2 bukan CH_4, atau memanfaatkan biogas untuk membangkitkan listrik. Pemanfaatan biogas dari POME untuk membangkitkan listrik mulai giat dilakukan oleh beberapa pabrik sawit belakangan ini, dengan total kapasitas mencapai lebih dari 60 MW dari 31 pabrik. Kapasitas pembangkit umumnya 1-2 MW menggunakan teknologi *anerobic digester* kolam tertutup dan sistem tangki. Saat ini, dari sekitar 600 pabrik sawit Indonesia (K-BUMN, 2014), baru sekitar 5% yang dilengkapi oleh pembangkit listrik biogas, sehingga upaya untuk mendorong pemanfaatan biogas masih sangat perlu dilakukan. Hampir semua pembangkit listrik biogas limbah sawit ini memanfaatkan teknologi luar negeri, dengan investasi sekitar US$1,5 juta -3,5 juta/MWe (tergantung teknologi digester yang dipakai). Tingginya nilai investasi menjadi hambatan utama bagi pabrik sawit untuk memanfaatkan biogas sebagai

bahan bakar pembangkit listrik. Pada tahun 2016, pemerintah mengeluarkan kebijakan feed-in tariff untuk PLTBg berkapasitas kurang dari 20MW (Peraturan Menteri ESDM No.21/2016) dengan tarif antara 9,05-13,14 US dolar/kwh. Agar keekonomian pembangkit listrik menjadi menarik tidak hanya dengan harga pembelian listrik yang layak, tetapi juga dari aspek teknis bagaimana pembangkit listrik ini beroperasi secara efisien dan optimal.

Proses pengolahan POME yang banyak digunakan adalah *anaerobic digestion*, karena lebih murah dibanding proses lain seperti aerobik atau penguapan (Abdurahman et al., 2013). Tantangannya adalah: a) peningkatan efisiensi sistem produksi (baik pada sistem pengolahan awal hingga sistem pemisahan gas H_2S), b) produksi metana tinggi pada proses digesting, c) sistem kontrol yang lebih sederhana dan efektif, d) *shock loading* yang terjadi akibat kapasitas pengolahan pabrik yang bervariasi tergantung musim, e) perlu adanya pengembangan teknologi yang lebih fleksibel terhadap variasi loading dan tetap beroperasi optimum dan memacu pembentukan gas CH_4. Status riset dan pengembangan pembangkit listrik biogas limbah sawit hingga saat ini baru terbatas pada skala laboratorium, sehingga diperlukan pengembangan teknologi lokal melalui riset skala pilot hingga unit demo (pre-komersial) untuk meningkatkan keekonomian dan kandungan lokal pada pembangkit listrik biogas limbah sawit nasional.

Pemurnian biogas menjadi biometan (atau pemisahan biometan dari biogas) akan memungkinkan penggunaan gas biometan yang dihasilkan untuk bahan bakar gas (BBG) bagi kendaraan-kendaraan di lokasi pabrik atau perkebunan kelapa sawit, sehingga memberikan alternatif pemanfaatan yang menarik bagi para pengusaha perkebunan/pabrik kelapa sawit. Untuk merintis jalan ke arah praktek ini secepatnya, diperlukan demonstrasi teknologi proses produksi biometan dari biogas dengan kandungan lokal yang tinggi, karena litbang aneka teknologi proses produksi biometan dari biogas sebenarnya sudah banyak dilakukan diluar negeri.

Komponen minyak sawit yang dapat dikonversi menjadi *biofuel* adalah asam lemak (*fatty acids*) yang terdapat dalam bentuk tri-, di-, dan mono-gliserida maupun asam lemak bebas. Saat ini proses transesterifikasi merupakan teknologi komersial yang umumnya digunakan untuk memproduksi biodiesel (*fatty acid methyl ester*) dan kemudahan operasional serta capaian perolehan produknya (*produk yield*) dipandang sudah memuaskan oleh industri. Improvisasi-improvisasi melalui litbang hanya diperlukan untuk mereduksi lebih lanjut ongkos produksi biodiesel.

Produk biodiesel yang ada sekarang masih mempunyai keterbatasan dalam rasio pencampuran dengan minyak solar karena mutu atau spesifikasi teknis biodiesel yang tidak setara dengan minyak solar. Perbaikan kualitas biodiesel produk transesterifikasi menjadi biodiesel [ber]performa tinggi (BPT), yaitu biodiesel yang berkestabilan oksidasi unggul (periode induksi Rancimat > 20 jam), titik awan < 5 ^oC, angka setana > 60 dan memenuhi persyaratan emisi EURO 4, akan membuka prospek voume pemanfaatan yang jauh lebih besar.

Kemiripan molekuler dari asam-asam lemak dengan hidrokarbon-hidrokarbon telah membuka peluang diproduksinya bahan-bahan bakar biohidrokarbon (*green diesel*, bensin nabati atau *biogasoline*, dan bioavtur atau *jet biofuel*) yang, karena molekul-molekul komponennya adalah hidrokarbon, dapat dicampurkan ke dalam bahan bakar minyak (BBM) padanannya tanpa batasan kadar (bisa sampai 100 % sekalipun). Secara konseptual, ada tiga rute utama untuk memproduksi biohidrokarbon dari asam-asam lemak yaitu 1) teknologi *hidrotreating*/hirodeoksigenasi minyak nabati, 2) teknologi perengkahan katalitik minyak nabati, dan 3) teknologi dekarboksilasi dan pirolisis asam-asam lemak atau sabun-sabun logamnya.

Teknologi hidrotreating dikembangkan untuk memproduksi *green diesel*, proses ini merupakan reaksi yang sangat eksoterm dan membutuhkan H_2 sangat banyak, terutama jika reaksi dominan melalui jalur hidrodeoksigenasi (bukan dekarboksilasi) dan bahan bakunya (minyak sawit) memiliki banyak ikatan rangkap. Akibat dari dua sifat reaksi tersebut, persoalan utama yang dihadapi dalam penyelenggaraan hidrodeoksigenasi berskala industri adalah pengelolaan kalor reaksi dan pemenuhan kebutuhan hidrogen. Bila reaksi dilaksanakan pada kondisi kekurangan hidrogen dan temperatur tinggi, maka deaktifasi katalis berlangsung makin cepat. Pengendalian dua faktor tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan katalis yang tepat dan system reaksi yang sesuai (Subagjo & Mustika, 2015). Selama 10 tahun terakhir ini, sudah berdiri paling tidak sekitar 6 pabrik dengan kapasitas 3.800-16.000 BPSD (*Barrel per Stream Day*), antara lain: UOP LLC Honeywell's, USA; Eni SpA, Italy; Diamond Alternative Energy, LLC, USA; Neste Oil Co, Finlandia; Petrobras Biocombustível, Brazil; Haldor Topsoe, Denmark; Syntroleum Corporation, USA; dan ConocoPhillip Inc. Teknologi komersial tersebut menggunakan strategi yang berbeda dalam pengendalian temperatur reaksi dan cara pemenuhan kebutuhan hidrogen. Ecofining dari UOP-Honeywell cenderung menggunakan katalis yang selektif menuju dekarboksilasi, sedangkan Neste Oil Oy, Syntroleum, dan Haldor-Topsoe cenderung memilih jalur reaksi hidrogenasi total.

Teknologi memproduksi *green diesel* belum dibangun di Indonesia karena biaya investasi ataupun biaya operasinya yang tinggi menyebabkan produk *green diesel* ini sulit bersaing dengan biodiesel konvensional. Analisis keekonomian yang dilakukan Purwanto (2015) menunjukkan harga green diesel dari minyak sawit diperkirakan mencapai Rp.10.000,- per SLS (standar liter solar). Teknologi ini biasanya dibangun sebagai bagian dari kilang petroleum karena kebutuhan hidrogen yang tinggi dapat disediakan oleh kilang itu sendiri, tetapi teknologi ini juga dapat diaplikasikan sebagai unit *stand alone*, sehingga dapat dibangun dengan kapasitas lebih kecil dimana kebutuhan material tahan korosi tidak terlalu besar. Produk utama hidrodeoksigenasi minyak nabati adalah n-parafin rantai sedang-panjang yang perlu diisomerisasi untuk menurunkan titik tuang dan titik bekunya. Katalis isomerisasi yang lazim digunakan adalah Pt/Al_2O_3 yang mudah teracuni oleh senyawa sulfur. Oleh karena itu pengembangan katalis isomerisasi berbasis sulfida perlu dilakukan, terlebih bila katalis hidrodeoksigenasi yang

dikembangkan sekaligus dapat bekerja sebagai katalis isomerisasi. Dengan demikian tantangan utama pada pengembangan teknologi ini adalah untuk mendapat teknologi yang ekonomis dengan kebutuhan hidrogen minimal, katalis berkinerja optimum dan diproduksi lokal. Status pengembangan di Indonesia saat ini sebagian besar berfokus pada pengembangan katalis hidrodeoksigenasi skala laboratorium, dan uji kinerja katalis menggunakan reaktor komersial selama 10 hari untuk memproses campuran minyak sawit (RBDPO) dan LCGO, dengan menggunakan katalis berbasis Ni(Co)Mo/γ-Al_2O_3 sudah dilakukan ITB bekerjasama dengan Pertamina.

Pengembangan teknologi perengkahan katalitik minyak nabati untuk menghasilkan biohidrokarbon di dunia saat ini masih dalam tahap penelitian dan pengembangan. Asam lemak dengan ikatan rangkap memiliki kecenderungan untuk membentuk senyawa aromatik, sehingga fraksi biogasoline yang diperoleh memiliki angka oktan yang tinggi. Stabilitas oksidasi biogasoline yang dihasilkan juga lebih baik dibanding hasil perengkahan VGO. Nilai stabilitas oksidasi biogasoline bisa mencapai 650 menit, jauh lebih tinggi daripada nilai minimal yang diijinkan, yaitu 360 menit, sehingga penggunaan biogasoline tidak membutuhkan penambahan aditif untuk meningkatkan stabilitas oksidasi. Perengkahan minyak sawit dapat langsung dilakukan dengan unit FCC yang sudah ada, dengan beberapa penyesuaian di bagian pemurnian, untuk memisahkan produk samping H_2O, CO_2, dan CO yang tidak terbentuk pada reaktor (*riser*) perengkahan VGO. Desain kolom fraksionasi juga harus disesuaikan mengingat karakteristik produk perengkahan minyak sawit berbeda dibanding produk perengkahan VGO. Panas reaksi perengkahan minyak sawit hanya sekitar 15% dibanding perengkahan VGO Pembentukan arang pada perengkahan minyak sawit juga sedikit lebih banyak dibanding VGO. Perbedaan ini mengindikasikan diperlukannya desain unit FCC khusus minyak sawit untuk memperoleh kinerja optimal (Subagjo dan Budiyanto, 2015). Pengembangan katalis FCC minyak sawit saat ini masih terbatas pada pemilihan tipe zeolit. Di Indonesia penelitian masih pada skala laboratorium, tantangan utama adalah mendapatkan katalis yang memberikan yield fraksi gasoline dan angka oktan tinggi, serta pembentukan kokas yang minimal.

Produk biohidrokarbon dapat juga dihasilkan melalui dekarboksilasi dan pirolisis asam-asam lemak atau sabun-sabun logamnya. Secara konseptual, rute ini memiliki kebutuhan/konsumsi hidrogen minimal dan berkondisi lunak (tekanan atmosferik dan temperatur yang tidak terlalu tinggi) sehingga pantas untuk dikembangkan menjadi teknologi bagi pabrik-pabrik green diesel, bioavtur ataupun bensin nabati berkapasitas ekonomik minimum 50 – 100 ribu ton/tahun. Kapasitas ekonomik minimum ini jauh lebih kecil daripada pabrik-pabrik hidrodeoksigenasi minyak-lemak (> 400 ribu ton/tahun) atau kilang-kilang minyak mini (*mini refinery*, > 700 ribu ton/tahun), sehingga pabrik-pabrik bahan bakar biohidrokarbon yang menggunakan teknologi dekarboksilasi dan pirolisis asam-asam lemak atau sabun logamnya diharapkan dapat dibangun tersebar di seantero wilayah kepulauan Indonesia dengan menggunakan bahan-bahan baku lokal. Agar kian meningkatkan daya saingnya, teknologi produksi asam-asam lemak melalui

hidrolisis atau lipolisis minyak pada kondisi lunak, yaitu tekanan atmosferik dan temperatur < 100 oC, perlu pula dikembangkan. Seperti pasti diketahui oleh para praktisi industri oleokimia, teknologi hidrolisis minyak-lemak (atau *fat/oil splitting*) konvensional berkondisi temperatur > 240 oC dan tekanan > 35 bar.

Biomassa berserat (atau biomassa tak berminyak) yang merupakan limbah padat atau produk samping pabrik kelapa sawit adalah cangkang/batok dan sabut sawit serta tandan kosong sawit (TKS atau tankos). Praktek konvensional pabrik kelapa sawit (PKS) adalah memanfaatkan cangkang/batok dan sabut sawit sebagai bahan bakar untuk memproduksi energi termal untuk memasok kalor maupun membangkitkan listrik yang diperlukan pabrik, sehingga yang umumnya masih tersedia untuk dimanfaatkan adalah TKS (tankos). Biomassa ini sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), akan tetapi dalam praktek, industri tak mau menggunakannya secara tunggal melainkan dicampur dengan biomassa-biomassa lain yang abu pembakarannya berkadar alkali rendah. Pemanfaatan TKS sebagai bahan bakar tunggal menimbulkan kesulitan karena abu pembakarannya berupa lelehan sebagai akibat kadar kalium yang tinggi. Untuk memungkinkan pemanfaatan TKS sebagai bahan bakar tunggal ketel kukus (*steam boiler*) atau PLTU, diperlukan riset untuk mengembangkan peralatan pembakar (*burner, combustor*) dan tungku (*furnace*) yang sesuai.

TKS dapat dikonversi menjadi bahan bakar nabati (BBN, *biofuel*) bermutu tinggi melalui rute pemrosesan “akuatik temperatur rendah” maupun “termokimia temperatur tinggi”. Rute akuatik temperatur rendah memerlukan pengolahan awal berupa proses delignifikasi atau fraksionasi (menghasilkan selulosa, hemiselulosa dan lignin) dan, sesungguhnya, kebelum-adaan teknologi yang kompetitif untuk delignifikasi atau fraksionasi biomassa inilah yang menjadi hambatan utama realisasi komersial rute akuatik temperatur rendah. Tantangan-tantangan yang masih harus ditanggulangi melalui litbang antara lain meningkatkan perolehan produk-produk dan ketajaman pemisahannya, serta meminimalkan (a). derajat degradasi selulosa dan hemiselulosa, (b). kuantitas produk degradasi yang menghambat proses hidrolisis dan fermentasi, (c) derajat kritalinitas selulosa, (d). konsumsi energi dan air (Saumita Banerjee dkk., 2009). Lignin yang diperoleh dari proses delignifikasi atau fraksionasi dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar di pabrik atau, jika teknologi komersialnya dapat dikembangkan, diolah-lanjut menjadi produk-produk kimia aromatik.

Produk-produk bahan bakar nabati yang sudah populer dari selulosa (walaupun teknologi proses produksinya yang laik secara teknik maupun finansial masih harus diteliti dan dikembangkan) adalah bioetanol dan biobutanol. Tahap pertama dari proses produksinya adalah menghasilkan glukosa dengan hidrolisis (enzimatik/kimia) selulosa, yang jauh lebih sulit daripada hidrolisis (enzimatik/kimia) pati. Hidrolisis secara enzimatik umumnya lebih disukai dan, di sini, keberadaan suatu teknologi yang kompetitif untuk memproduksi enzim-enzim selulolitik yang efektif sangat diperlukan. Tantangan pada tahap fermentasi

(glukosa menjadi bioetanol atau biobutanol) umumnya bersifat penyempurnaan kualitas mikroba sehingga mampu tumbuh di dalam media yang tercemar lignin dan dalam konsentrasi gula yang tinggi. Penelitian mengenai bioetanol dan biobutanol selulosa dari limbah padat sawit yang dilakukan di Indonesia masih pada tahap laboratorium dengan fokus pada pemilihan metode pre-treatment, penemuan enzim baru untuk proses hidrolisis, dan kondisi hidrolisis yang paling sesuai untuk enzim yang dikembangkan. Suatu unit pilot dengan kapasitas produksi 10 liter bioetanol per hari tersedia di Pusat Penelitian Kimia LIPI, di Serpong, sebagai hibah dari pemerintah Korea. Seperti glukosa, pemanfaatan hemiselulosa untuk menghasilkan produk-produk bernilai tambah memerlukan tahap hidrolisis enzimatik menjadi gula-gula C5. Sekalipun gula-gula C5 ini dapat juga difermentasi menjadi bioetanol atau biobutanol, rute konversi ke xilitol secara finansial lebih menarik, sehingga tantangan litbangnya adalah pengembangan paket teknologi yang kompetitif untuk memproduksi xilitol dari hemiselulosa.

Perkembangan-perkembangan di bidang kimia maupun biologi sintetik dalam dua dekade terakhir menunjukkan bahwa selulosa dan hemiselulosa dapat juga dikonversi menjadi bahan bakar biohidrokarbon, sehingga diperlukan upaya litbang untuk mentransformasi temuan-temuan ilmiah (*scientific discoveries*) tersebut menjadi teknologi komersial yang handal dan kompetitif.

Rute “termokimia temperatur tinggi” terbagi menjadi proses pirolisis (menghasilkan bio-oil) dan proses gasifikasi menghasilkan gas sintesis (untuk pembuatan aneka biofuel) atau gas produser untuk membangkitkan listrik. Ada 2 mode proses pirolisis, yaitu pirolisis cepat (temperatur > 450 oC, waktu tinggal padatan dan uap sangat singkat [< 2 detik]) dan pirolisis lambat (temperatur < 450 oC dan waktu tinggal padatan dan uap lama [> 1 menit]). Di antara keduanya, teknologi pirolisis lambat lebih menarik untuk dikembangkan di Indonesia, karena menjanjikan dapat diterapkan pada skala relatif kecil dan menghasilkan produk samping biochar, yaitu arang nabati yang jika diaplikasikan ke dalam tanah akan tidak hanya meningkatkan aneka parameter mutu tanah yang penting bagi keperluan pertanian atau perkebunan (meningkatkan hasil panen, menyuburkan tanah, mengurangi kebutuhan pupuk dll) melainkan juga menjadi perangkap yang menahan karbon agar tak lepas teremisikan ke atmosfir (sebagai karbon dioksida) dalam tempo ratusan-ribuan tahun (oleh karena ini, teknologi pirolisis lambat biomassa tergolong ke dalam teknologi beremisi negatif, *negative-emission technology* [Lehman dan Joseph, 2009]). Bio-oil produk proses pirolisis lambat dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar lokal atau diolah lebih lanjut (dengan proses hidrodeoksigenasi) menjadi bahan bakar cair setara solar atau bensin.

Teknologi gasifikasi konvensional menghasilkan gas produser atau gas sintesis yang mengandung ter (*tar*), sehingga untuk keperluan-keperluan sintesis produk atau pembakaran di dalam motor bakar harus dibersihkan dari ter. Operasi pembersihan gas melalui penyingkiran atau penghilangan ter ini umumnya rumit dan tak jarang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena ini,

diperlukan litbang untuk mewujudkan teknologi gasifikasi bebas-ter (*tar-free gasification*) yang handal. Teknologi-teknologi yang potensial untuk dikembangkan guna mengkonversi gas sintesis bersih menjadi produk final adalah teknologi sintesis Fischer Tropsch (untuk produksi biohidrokarbon) dan teknologi sintesis metanol dan dimetil eter (DME).

3.4.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT dilakukan untuk mengidentifikasi strategi yang dapat diambil agar tujuan roadmap bioenergi tercapai dengan mempertimbangkan kondisi internal dan eksternal yang diuraikan diatas. Hasil analisis SWOT riset bioenergi disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil analisis SWOT riset bidang bioenergi

STRENGTHS	WEAKNESS
1. Sumber bioenergi sawit berlimpah dan terkonsentrasi di pusat-pusat industri sawit seluruh Indonesia 2. Bahan baku bioenergi unik, dan efisiensi teknologi tergantung pada kesesuaian bahan baku 3. Kegiatan penelitian bioenergi sawit skala laboratorium sudah banyak dilakukan 4. Tersedia industri engineering/rekayasa yang berpengalaman dalam pembangunan pabrik-pabrik proses produksi. 5. Tersedia dana riset sawit	1. Spektrum riset teknologi konversi bioenergi sangat luas dengan berbagai pilihan rute pengembangan menyebabkan kegiatan riset diberbagai unit riset kurang fokus 2. Kegiatan riset umumnya terbatas pada skala laboratorium, 3. Keterbatasan alat analisa dan unit eksperimen menyebabkan riset tidak dilakukan mendetil dan tuntas untuk mendapatkan “new findings”, sehingga informasi yang diperoleh sering bukan hal baru dan tidak dapat dijadikan mile-stone dalam pengembangan teknologi. 4. Kurangnya dukungan dana pengembangan skala pilot yang membutuhkan biaya besar dengan resiko tinggi 5. Kurang konsorsium kegiatan litbang bioenergi, yang memadukan semua spesialisasi yang dibutuhkan untuk mebangun teknologi pada skala lebih besar (pilot). 6. Banyak program riset terhenti saat tidak menjadi isu hangat pemerintah atau pemberi dana riset terhenti 7. Belum tersedianya dana riset yang ‘secured” untuk pengembangan teknologi tertentu hingga tahap tertentu. 8. Keterlibatan industri engineering/rekayasa dalam kegiatan riset bioenergi masih terbatas
OPPORTUNITIES	**THREATS**
1. Kebutuhan bioenergi baik ditingkat nasional maupun global akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan ekonomi. 2. Teknologi konversi bioenergi terus berkembang untuk meningkatkan	1. Ketergantungan pada teknologi bioenergi dari negara lain 2. Teknologi bioenergi umumnya tidak tersedia per modul, aplikasinya harus dilakukan oleh provider secara keseluruhan dari hulu hingga hilir rantai proses.

efisiensi dan keekonomiannya karena adanya persaingan dengan harga energi konvensional 3. Kebutuhan teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal baik bahan baku maupun aspek geografi. 4. Isu lingkungan mendorong peningkatan efisiensi teknologi bioenergi	3. Keekonomian bioenergi tergantung pada harga minyak.

3.4.3. Strategi Riset

Dari analisis SWOT di atas, dihasilkan beberapa strategi riset bioenergi yang perlu dilakukan. Strategi riset bioenergi disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Strategi riset bidang bioenergi

Strategi Strength-Opportunity (SO)	Strategi Strength-Threat (ST)
1. Penelitian proses konversi dengan memanfaatkan semua bahan baku yang tersedia, menjadi berbagai produk bioenergi 2. Pengembangan teknologi yang sesuai dengan spesifikasi bahan baku dan rancangan sistem produksi yang mempertimbangkan aspek geografi sehingga dapat memperbaiki keekonomian dan meningkatkan manfaat/benefit agar dapat bersaing dengan energi fosil. 3. Peningkatan efisiensi teknologi komersial dan pengolahan berbagai limbah sawit menjadi bioenergi dengan efisiensi tinggi, untuk meningkatkan nilai keberlanjutan industri sawit	1. Pembangunan unit-unit produksi bioenergi skala pilot dalam rangka *scaling up* hasil riset. 2. Kegiatan riset dan pengembangan teknologi bioenergi dilakukan tidak hanya berdasarkan keekonomian, tetapi juga analisis manfaat dan multiplier effect terhadap sektor lain, seperti kemandirian energi nasional, peningkatan kapasitas SDM dan industri utama dan pendukung lokal. 3. Peningkatan efisiensi teknologi konversi
Strategi Weakness-Opportunity (WO)	**Strategi Weakness-Threat (WT)**
1. Pemilihan rute pengembangan teknologi yang paling mudah dan singkat dengan resiko kegagalan (akibat keterbatasan sarana penunjang/teknologi pendukung) paling rendah 2. Menyediakan dana “secured” untuk pengembangan teknologi tertentu hingga tahap tertentu 3. Peningkatan kualitas riset sehingga setiap riset menghasilkan “new findings” dengan penyediaan fasilitas riset yang memadai. 4. Penyediaan informasi detil spesifikasi bahan baku bioenergi yang tersedia di industri sawit Indonesia 5. Penelitian yang menghasilkan “*knowledge*” yang dapat langsung dimanfaatkan oleh industri. 6. Peningkatan skala riset menjadi pilot untuk teknologi yang sudah melalui tahapan riset laboratorium yang menghasilkan *knowledge* cukup untuk meningkat ke skala lebih besar.	1. Pengembangan teknologi konversi bioenergi dilakukan melalui konsorsium yang melibatkan semua spesialisasi yang dibutuhkan termasuk kalangan praktisi industri untuk pembangunan hingga skala demo (pre-komersial) 2. Pembangunan teknologi dilakukan melalui kerjasama dengan provider internasional dengan kontribusi teknologi lokal pada unit proses tertentu (didalam rantai nilai proses produksi), sehingga kandungan lokal pada teknologi bioenergi impor meningkat.

3.4.4. Diagram Roadmap

Berdasarkan strategi yang perlu dilakukan untuk mencapai tujuan roadmap bioenergi sawit dimana hasil riset dapat dimanfaatkan dalam jangka pendek (2016-2020), atau jangka menengah (hingga-2025), atau jangka panjang (hingga 2030), maka maka diharapkan Roadmap Bioenergi, akan mendukung target Pemerintah berdasarkan Permen No.12/2015, yaitu: tercapainya 30% pemanfaatan biodiesel dari kebutuhan Nasional pada tahun 2020, dan 5% pemanfaatan bioethanol dari kebutuhan nasional pada tahun 2020 dan 20% pada tahun 2025. Untuk itu, sebagai indikator/keberhasilan riset bidang bioenergi adalah sebagai berikut: (1) Campuran biodiesel pada tahun 2020 mencapai 30%, tahun 2025 dan 2030 mencapai >30%, (2) Pemanfaatan POME untuk PLTBg dan biomethane pada tahun 2020 mencapai 15%, tahun 2025 mencapai 30% dan tahun 2030 mencapai 50%, (3) Pemanfaatan limbah padat sawit untuk PLTBS tahun 2020 mencapai 75 unit, tahun 2025 mencapai 100 unit dan tahun 2030 mencapai 125 unit.

Tema riset bidang bioenergi yang diprioritaskan adalah sebagai berikut:

a. Peningkatan efisiensi teknologi biogas dari POME dan pemanfaatannya untuk pembangkit listrik tenaga biogas dan produksi biometan.
b. Pengembangan teknologi pemurnian biogas menjadi biometan (*biogas upgrading to biomethane*) dan pemanfaatannya sebagai bahan bakar kendaraan dan keperluan lain.
c. Peningkatan mutu bahan-bakar produk biodiesel dan aspek hemat-biaya dari teknologi produksi biodiesel.
d. Pengembangan teknologi produksi bioetanol selulosa dari limbah padat sawit, mencakup terutama proses delignifikasi atau fraksionasi TKS, proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa serta teknologi produksi enzimnya, dan teknologi proses produksi xilitol dari hemiselulosa. Teknologi pengolahan lanjut lignin hasil delignifikasi atau fraksionasi TKS juga diperlukan.
e. Pengembangan teknologi produksi biohidrokarbon dari minyak sawit dan limbah padat sawit, termasuk teknologi-teknologi yang diperlukan untuk mengubah bahan mentah awal (misalnya minyak sawit, TKS) menjadi bahan mentah sejati teknologi (misalnya asam lemak atau sabun, alkohol-alkohol gula).
f. Pengembangan teknologi produksi syngas, bio-oil dan bio-char dari limbah padat kelapa sawit. Untuk produksi syngas diutamakan teknologi gasifikasi bebas-ter (tar-free gasification), sedang untuk produksi bio-oil diutamakan teknologi pirolisis lambat.
g. g. Pengembangkan peralatan pembakar (burner, combustor) dan tungku (furnace) yang mampu menggunakan tandan kosong sawit (TKS) sebagai bahan bakar tunggal.

Adapun program riset bioenergi prioritas disajikan pada Tabel 12. Diagram roadmap riset bioenergi disajikan pada Gambar 11.

Tabel 12. Riset prioritas bidang bioenergi

Topik	2016-2020	2021-2025	2026-2030
Pemanfaatan POME untuk biogas	Peningkatan efisiensi teknologi biogas POME		
	Pengembangan teknologi pembangkit listrik biogas limbah sawit skala pilot dan skala demo	Peningkatan efisiensi, unit demo dan komersialisasi	
	pengembangan teknologi upgrading biogas to biomethane dan pemanfaatannya untuk bahan bakar kendaraan dan keperluan lainnya	Peningkatan efisiensi, unit demo dan komersialisasi	
Pemanfaatan langsung limbah padat	Efisiensi pembakaran dan termal lebih tinggi		
Perbaikan kualitas produk bidoesel (FAME)	Perbaikan stabilitas oksidasi agar rasio blending dapat meningkat, serta dan titik beku lebih rendah		
Pengembangan teknologi produksi bioetanol selulosa	Identifikasi kinerja proses dengan bahan baku tiap jenis limbah padat sawit Penurunan biaya pre-treatment, sakarifikasi dan fermentasi Pembangunan skala Pilot (>100L/hari) Pembangunan skala Demo (>10 ribu L/hari)	Optimasi sistem unit Demo dan komersialisasi	
Pengembangan teknologi produksi biohidrokarbon dari minyak sawit dan limbah padat sawit	Teknologi Hidrotreating:		
	Pengembangan katalis dengan kinerja optimum, co-processing skala komersial, dan pembangunan pilot unit stand alone	Optimasi sistem unit pilot dan pembangunan sistem stand alone skala demo	Optimasi unit demo dan komersialisasi
	Teknologi Perengkahan katalitik:		
	Pengembangan katalis dengan kinerja optimum dan pembangunan skala pilot	Optimasi sistem unit pilot dan pembangunan sistem skala demo	Optimasi unit demo dan komersialisasi
	Teknologi Hidrolisis-penyabunan:		
	Skala laboratorium: Pemilihan katalis dan peningkatan yield	Pembangunan unit pilot dan optimasi sistem Pembangunan demo	Optimasi unit demo dan komersialisasi

Pengembangan teknologi pirolisa dan gasifikasi serta pemanfaatannya	Teknologi Gasifikasi:		
	Pambangunan unit demo penyediaan listrik dan optimasi	komersialisasi	
	Teknlogi Pirolisa:		
	Pembangunan unit Pilot penyediaan bio-oil	Pembangunan unit demo penyediaan bio-oil dan komersialisasi	

ROADMAP RISET BIOENERGI SAWIT 2016-2030				
OBYEK	**2016-2020**	**2021-2025**	**2026-2030**	**PELAKU**
PASAR	Industri Sawit, PLN, Pertamina, Industri manufaktur, Industri start-up			Industri penyedia dan pendukung energi
PRODUK	• Data dan informasi ilmiah • Unit pilot • Unit demo			
TEKNOLOGI	Peningkatan efisiensi teknologi biogas limbah sawit			Institusi litbang, industi sawit, perguruan tinggi, industri engineering /Rekayasa, Penyedia dana, dan pemerintah
	Pengembangan teknologi upgrading biogas to biomethane dan pemanfaatannya			
	Pembangunan PLTBg limbah sawit skala pilot dan skala demo	Peningkatan efisiensi unit demo dan komersialisasi		
	Peningkatan efisiensi pembakaran limbah padat			
	Perbaikan kualitas Biodiesel			
	Pembangunan Bioetanol Selulosa skala Pilot dan Demo	Optimasi sistem unit Demo dan komersialisasi		
	Pembangunan Pabrik biohidrokarbon skala pilot	Pembangunan Pabrik biohidrokarbon skala demo	Komersialisasi	
	Pengembangan teknologi pirolisa dan gasifikasi untuk pemanfaatan langsung (listrik dan bio-oil	Unit demo dan komersialisasi		
LITBANG	Riset terapan skala laboratorium, pilot dan demo dan			

	peningkatan efisiensi ⇧	
SUMBER DAYA	Dana, teknologi eksisting, data dan informasi ilmiah, SDM, HAKI	

Gambar 11. Roadmap riset bidang bioenergi

3.5 BIDANG OLEOKIMIA DAN BIOMATERIAL

Oleokimia sawit merupakan hasil konversi minyak sawit (CPO, RBDPO, Olein, Stearin, PFAD dan PKO) melalui teknologi proses fisika/kimia/biologi ataupun kombinasinya menjadi produk-produk asam lemak (fatty acid), alkohol lemak (fatty alcohol), amina lemak (fatty amine), metil ester dan gliserol. Turunan oleokimia adalah hasil konversi produk oleokimia melalui teknologi proses fisika/kimia/biologi ataupun kombinasinya menjadi produk menggantikan produk *petro-chemicals* dengan nilai tambah yang tinggi, namun applikasinya masih terbatas.

Biomaterial yaitu hasil konversi minyak sawit dan biomassa limbah sawit lainnya melalui teknologi proses fisika-mekanis/kimia/biologi ataupun kombinasinya menjadi material yang dapat ditingkatkan nilai tambahnya dan prospektif untuk dikomersialkan, namun tidak termasuk untuk peruntukan pangan, energi dan kesehatan. Teknologi produksi oleokimia, turunan oleokimia, dan biomaterial yaitu teknologi-teknologi inovatif yang diperlukan untuk memproduksi oleokimia, turunan oleokimia, dan biomaterial. Gambaran lingkup kegiatan untuk bidang oleokimia dan biomaterial disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Ruang lingkup bidang oleokimia dan biomaterial

Roadmap ini disusun sebagai pedoman riset sawit di bidang oleokimia dan biomaterial yang dilakukan untuk (1) meningkatkan pemanfaatan produk sawit pada industri oleokimia, *oleo-derivatives*, dan biomaterial terutama untuk produk-produk konsumen dan industri yang memiliki pangsa pasar potensial dan nilai tambah tinggi, (2) menjawab kebutuhan industri pengguna produk sawit dalam

pemecahan masalah, peningkatan mutu produk, dan peningkatan efisiensi proses produksi, (3) memperbaiki citra dan meningkatkan penerimaan masyarakat dunia terhadap produk oleokimia, *oleo-derivatives*, dan biomaterial berbasis minyak sawit dan biomassa lainnya, serta (4) mengatasi ancaman terhadap keberlangsungan penggunaan minyak sawit di produk konsumen melalui isu keamanan dan *sustainability*. Roadmap riset ini juga disusun berdasarkan tren riset sawit terkini yang telah dilakukan oleh lembaga penelitian dan pengembangan (litbang), perguruan tinggi, maupun riset industri terkait oleokimia, *oleo-derivatives*, dan biomaterial. Penyusunan roadmap riset sawit bidang oleokimia dan biomaterial adalah menciptakan dan mengembangkan teknologi-teknologi inovatif yang implementatif untuk meningkatkan nilai tambah, ketahanan, substitusi material konvensional dari produk turunan biomassa sawit (minyak dan limbah) dan pengembangan aplikasinya pada berbagai produk industri dan lainnya yang prospektif.

3.5.1. Produk Teknologi/Riset Saat Ini

Minyak sawit mulai digunakan secara komersial sebagai bahan baku produk oleokimia sejak tahun 1990-an. Minyak sawit mampu menggantikan minyak bumi, minyak nabati lainnya dan minyak hewani, sehingga pemanfaatan minyak sawit sebagai bahan baku produk oleokimia berkembang dengan pesat. Perkembangan ini terutama didorong oleh harga minyak sawit yang lebih rendah dibandingkan minyak/lemak alami lainnya dan ketersediaannya yang tinggi di pasar dunia. Faktor lain yang mendorong perkembangan produk oleokimia adalah sifat produknya yang lebih ramah lingkungan (*renewable feedstock*) dan lebih aman (tidak toksik) dibandingkan dengan produk yang berbasis petrokimia, meskipun banyak produk oleokimia yang masih belum kompetitif harganya dibandingkan dengan produk petrokimia dengan fungsi yang sama. Teknologi proses produksi oleokimia dan aplikasinya disajikan pada Lampiran 2.

Di Indonesia telah diproduksi sekitar 32 jenis produk oleokimia dasar dan *oleo-derivatives* seperti *fatty acid, fatty ester, fatty alcohol,* sabun, deterjen dan beberapa jenis surfaktan dan emulsifier (MES, DEA) dan soap noodle. Perkembangan produk oleokimia sawit di Malaysia sudah lebih maju dengan 120 jenis produk oleokimia dasar dan *oleo-derivatives*. Penggunaan produk oleokimia terbesar adalah sebagai bahan aktif surfaktan pada berbagai produk dan industri (>70%), diantaranya produk pembersih termasuk deterjen, produk *personal care*, produk pelembut, produk pembersih industri, industri tekstil, dan lain-lain. Beberapa teknologi pembuatan jenis surfaktan baru juga dikembangkan melalui riset untuk kebutuhan yang lebih spesifik, seperti surfaktan anionik *monoglyceride sulphate* dan surfaktan non ionik *allyl polyglycoside* untuk produk kosmetika.

Kapasitas produksi oleokimia yang berlebih di dunia yang disebabkan oleh kelebihan ekspansi yang dilakukan oleh pihak industri, biaya produksi yang relatif masih tinggi, serta *over supply* gliserin sebagai produk samping yang dihasilkan pada proses pembuatan produk oleokimia. Kapasitas produksi yang berlebih dapat disebabkan karena pemanfaatan bahan oleokimia pada produk konsumen dan

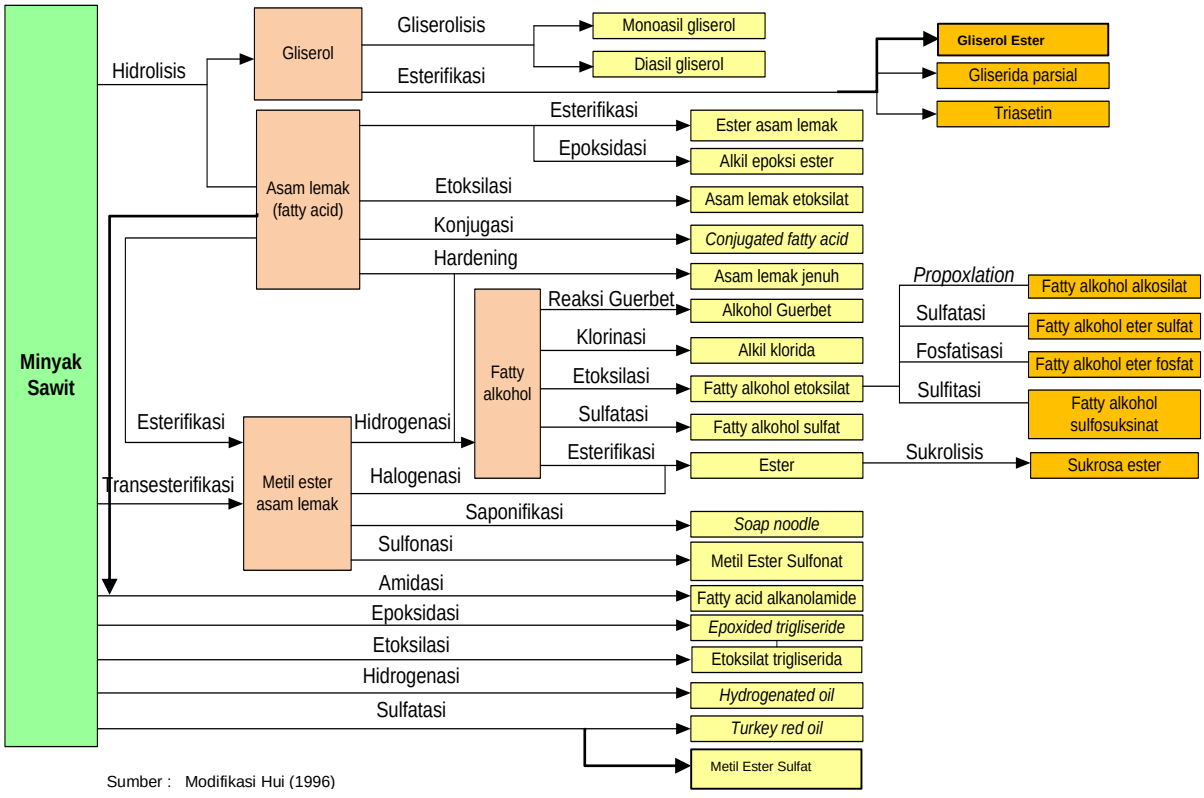
industri, seperti *personal-* dan *home care* (terutama produk pembersih), belum maksimal. Sebagai contoh di Indonesia adalah pemanfaatan MES sebagai pengganti bahan aktif LAS (*linear alkyl-benzene sulphonates*) dan AOS (*alpha olefin sulphonates*) yang berbasis petrokimia pada produk pembersih, baik dalam bentuk bubuk ataupun cair, yang belum maksimal. Pihak industri pengguna masih mempertimbangkan sifat fungsional MES yang relatif lebih rendah dari aspek pembentukan busa dibandingkan dengan bahan LAS, meskipun aspek sifat fungsional lainnya seperti daya bersih, keamanan terhadap kulit, serta sensitivitas terhadap kekerasan/kesadahan air dari MES relatif lebih baik dibandingkan LAS. Persepsi konsumen yang salah tentang daya busa yang berbanding lurus dengan daya bersih menjadi salah satu alasan keengganan industri produk pembersih mengsubstitusi seluruh LAS menjadi MES. Demikian juga berbagai jenis produk surfaktan yang telah dikembangkan, di mana aplikasi dan pemanfaatannya secara komersial masih relatif terbatas dan berpotensi sangat besar untuk dikembangkan. Karenanya perlu upaya penciptaan pasar baru domestik yang diikuti oleh upaya peningkatan kesadaran konsumen melalui tindakan KIEA (komunikasi, informasi, edukasi, dan advokasi) untuk mendorong penggunaan produk yang bersifat lebih ramah lingkungan, regulasi dan kebijakan insentif dari pemerintah untuk meningkatkan penggunaan bahan oleokimia yang ramah lingkungan.

Masalah peningkatan stabilitas produk oleokimia sawit terhadap oksidasi dan suhu tinggi juga membutuhkan riset tersendiri, karena faktor stabilitas menjadi salah satu kelemahan penggunaan produk oleokimia dibandingkan petrokimia. Riset dan studi tentang efisiensi proses produksi sangat dibutuhkan, menimbang proses produksi produk oleokimia yang mengkonsumsi energi yang besar. Di Indonesia sendiri harga produk oleokimia yang kurang bersaing di pasar dunia juga disebabkan oleh biaya transportasi yang tinggi, karena infrastruktur yang belum memenuhi harapan pelaku industri. Saat ini pengembangan lebih lanjut produk oleokimia dasar ke produk oleo-derivatives juga memiliki tantangan tersendiri, karena setiap jenis produk kimia baru harus didaftarkan ke badan yang berwenang untuk dapat digunakan pada industri maupun produk konsumen. Selain kelengkapan informasi dan data kinerja bahan kimia pada aplikasinya, produk oleokimia juga perlu memasukkan kriteria ekologi yang berkaitan dengan kinerjanya terhadap lingkungan. REACH (*registration, evaluation, authorization, and restriction of chemicals*) merupakan regulasi di Uni Eropa yang didesain untuk melindungi kesehatan dan keamanan pada manusia, serta kelestarian lingkungan dengan melakukan evaluasi dan persetujuan penggunaannya pada produk konsumen dan industri. Adapun kebutuhan informasi standar REACH disajikan pada Lampiran 3.

Berkaitan dengan biomaterial, teknologi produksi biomaterial yang berkembang saat ini secara umum terdiri atas dua jenis bahan baku yaitu minyak sawit dan biomassa limbah sawit. Produk biomaterial yang dikembangkan dari minyak sawit berupa hasil konversi/turunan lebih lanjut dari produk oleokimia seperti fatty acid, fatty alcohol, fatty amine, metil ester dan gliserol yang menghasilkan beragam produk bernilai tambah tinggi. Beberapa produk biomaterial berbasis minyak sawit yang dapat dihasilkan diantaranya

surfaktan/emulsifier, sabun, deterjen, lubricant, grease, bioplastic, coating additive, rubber additive, latex additive, lilin, wax, textile additive, alkyd resin, bahan kosmetika, pupuk, animal feed, katalis, dan lain sebagainya. Salah satu produk turunan dari minyak sawit yang potensial adalah produk surfaktan. Surfaktan atau *surface active agent* merupakan suatu molekul *amphipatic* atau *amphiphilic* yang mengandung gugus hidrofilik dan lipofilik dalam satu molekul yang sama. Surfaktan dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok besar, yaitu anionik, kationik, nonionik, dan amfoterik. Masing-masing kelompok surfaktan tersebut memiliki struktur kimia dan perilaku yang berbeda. Teknologi proses konversi minyak sawit menjadi berbagai jenis surfaktan disajikan pada Gambar 13. Sementara itu, beragam ide pengembangan gliserol hasil samping industri fatty acid, fatty alcohol dan biodiesel (*new glycerine platform*) disajikan pada Lampiran 4.

Aplikasi surfaktan pada industri sangat luas, contohnya yaitu sebagai bahan utama pada industri deterjen dan pembersih lainnya, bahan pembusaan dan *emulsifier* pada industri kosmetik dan farmasi, kertas, bahan *emulsifier* pada industri cat, bahan antifoaming pada industri kimia, industri pangan dan industri lainnya serta bahan *emulsifier* dan sanitasi pada industri pangan. Beberapa aplikasi surfaktan/emulsifier pada beragam industri disajikan pada Gambar 14.



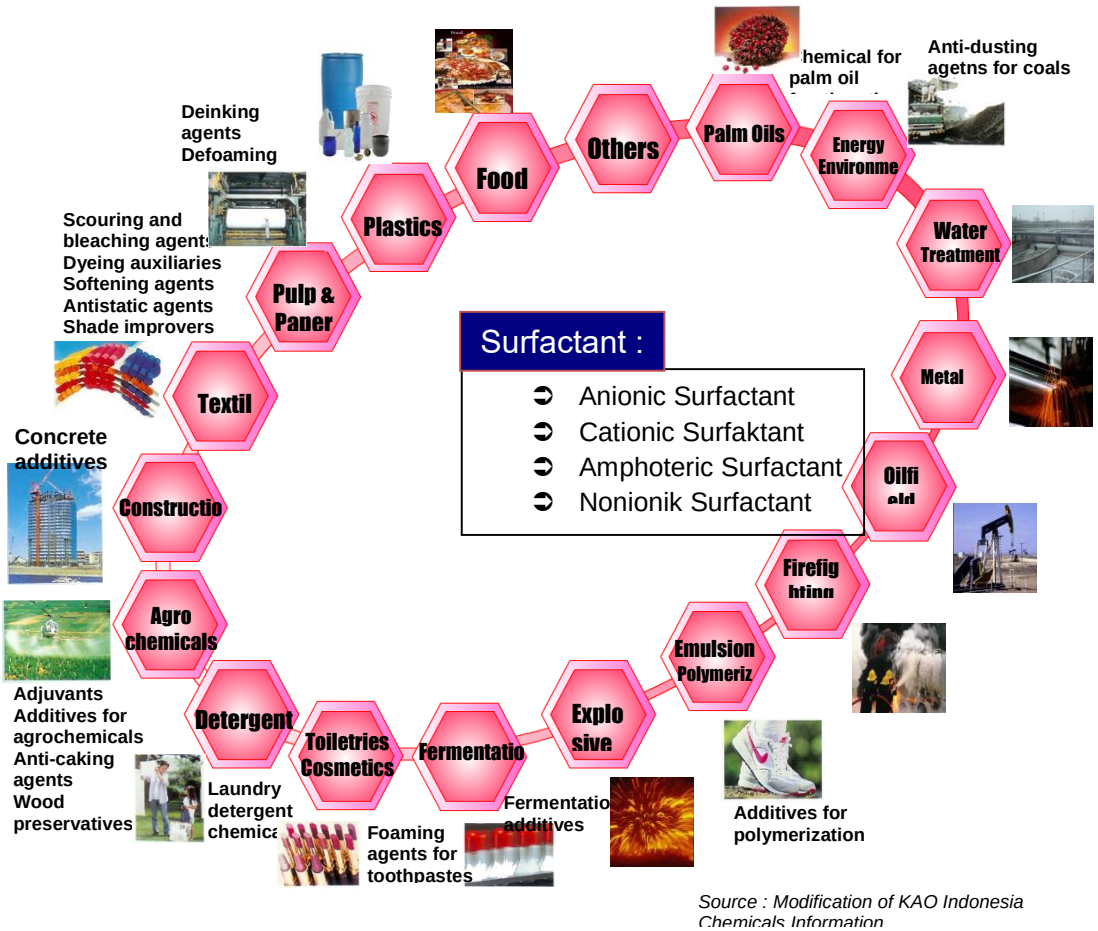
Sumber : Modifikasi Hui (1996)

Gambar 13. Teknologi proses konversi biomassa minyak sawit menjadi berbagai jenis surfaktan

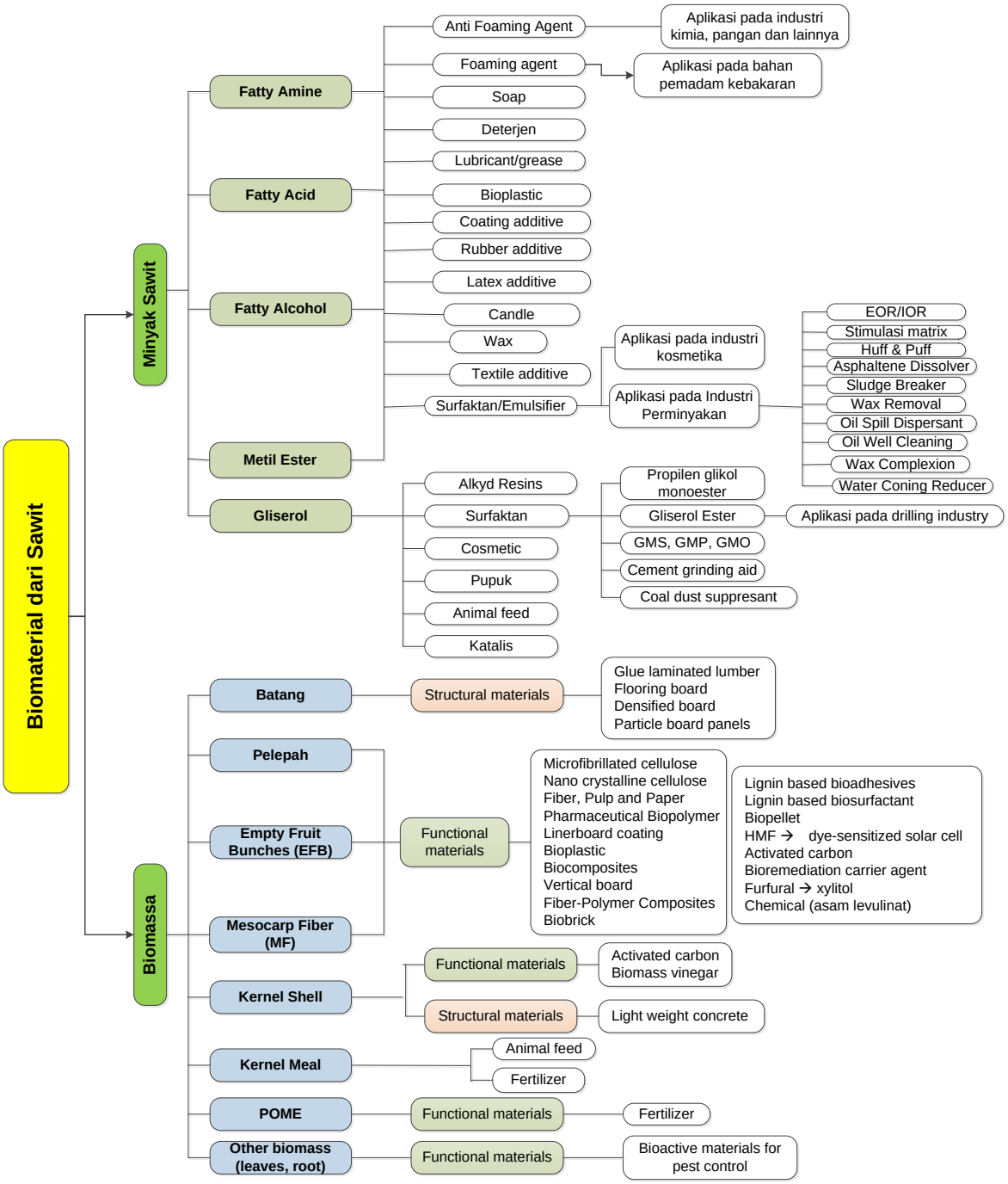
Diagram blok beberapa biomaterial dari minyak sawit dan biomassa limbah sawit disajikan pada Gambar 15. Sampai saat ini masih sangat terbatas industri

yang memproduksi surfaktan/emulsifier, lubricant, grease, bioplastic, rubber aditif di Indonesia. Oleh sebab itu perlu dikembangkan lebih lanjut dari riset-riset yang sudah dilakukan pada skala laboratorium ke skala pilot agar lebih siap untuk diadopsi oleh industri.

Pemanfaatan dan pengembangan biomassa sawit sebagai agen pengendalian hama dan penyakit tanaman sawit perlu dilakukan yang berkaitan dengan produktivitas dan hasil produksi tanaman sawit. Pengembangan biomassa sawit untuk pengendalian hama dan penyakit sawit dapat diarahkan pada pengembangan bahan aktif dari biomassa sawit, seperti senyawa attraktan, repellent, toksik, dan mikroorganisme yang berkontribusi pada usaha pengendalian hama terpadu. Tema riset terkait dengan teknologi peningkatan umur pakai/ketahanan juga menjadi salah satu kajian penelitian penting untuk lebih dikembangkan. Sebagai salah satu negara tropis, tingkat serangan hama pada produk menjadi lebih tinggi sehingga diperlukan teknologi produksi biomaterial dan pengembangan aplikasinya yang ditujukan untuk meminimalisir serangan hama seperti serangga. Selain biomaterial dari minyak sawit dan limbah sawit, abu biomassa sawit pun banyak manfaatnya. Skema industrialisasi abu sawit disajikan pada Lampiran 5.



Gambar 14. Beberapa aplikasi surfaktan/emulsifier pada beragam industri



Gambar 15. Diagram blok beberapa biomaterial sawit

Industri sawit Indonesia menginginkan adanya diversifikasi produk olahan sawit dan biomassa yang bernilai tambah tinggi. Namun peluang ini belum termanfaatkan dengan baik oleh para periset Indonesia mengingat saat ini kegiatan riset teknologi produksi biomaterial dari minyak sawit dan limbah sawit lainnya serta aplikasinya pada berbagai industri di Perguruan tinggi dan lembaga riset pemerintah dan swasta di Indonesia masih terbatas. Jika adapun, riset teknologi produksi biomaterial dari minyak dan limbah sawit serta aplikasinya masih terbatas pada skala laboratorium sehingga diperlukan pengembangan diversifikasi produk dan penggandaan skala produksinya ke tahap pilot agar

memudahkan industri untuk mengadopsi hasil riset. Pengembangan produk biomaterial berbasis biomassa sawit (minyak dan limbah) penting artinya bagi industri sawit dalam mengefisiensikan produksinya melalui pemanfaatan minyak sawit dan biomassa limbah sawit lainnya menjadi produk-produk bernilai tambah tinggi dan membuka peluang berdirinya industri baru. Sasaran utama dari pemanfaatan biomassa dari sawit ini, adalah biaya produksi CPO dan CPKO bisa ditekan dibawah USD 350/ton dan USD 450/ton berturut-turut. Karena selama ini kalkulasi harga CPO dan CPKO hanya bertumpu pada elemen harga CPO dan CPKO, harga cangkang, serat dan tandan kosong dianggap = 0.

3.5.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT oleokimia dan biomaterial dilakukan melalui diskusi mendalam dengan para pakar oleokimia dan biomaterial, dengan mempertimbangkan factor internal yang menjadi kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weakness*) dan factor external yang menjadi peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*). Hasil analisis SWOT bidang oleokimia dan biomaterial disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil analisis SWOT bidang oleokimia dan biomaterial

STRENGTHS	WEAKNESS
1. Ketersediaan biomassa sawit (minyak dan limbah) melimpah dan sebagian masih diekspor dalam bentuk CPO. 2. Harga minyak sawit yang kompetitif dibanding minyak nabati lainnya. 3. Karakteristik minyak sawit dan fraksinya yang berbeda dapat dimanfaatkan untuk diversifikasi dan diferensiasi produk oleokimia dan biomaterial untuk substitusi petrokimia. 4. SDM bidang teknologi oleokimia dan derivatifnya, teknologi produksi biomaterial dari kalangan peneliti, dosen, serta Mahasiswa S1, S2, dan S3 tersedia di Indonesia 5. Tersedia dana Sawit Fund untuk melakukan pengembangan riset oleokimia dan derivatifnya serta teknologi produksi biomaterial dari minyak dan limbah sawit 6. Pengetahuan teknologi oleokimia dan derivatifnya serta konversi biomassa sawit (minyak dan limbah) menjadi berbagai produk turunan sudah dimiliki oleh para peneliti di Indonesia 7. Kebijakan pemerintah yang mendukung pembangunan dan pengembangan	1. Adanya gap kebutuhan riset teknologi dan pengembangan bidang oleokimia dan biomaterial antara PT dan litbang dengan industri dan komersial. 2. Kegiatan riset teknologi turunan oleokimia dan produksi biomaterial dari minyak dan limbahnya serta aplikasinya pada berbagai industri di PT dan litbang pemerintah dan swasta di Indonesia masih terbatas 3. Hasil riset teknologi produksi biomaterial dari minyak dan limbah sawit serta aplikasinya sebagian besar masih terbatas pada skala lab 4. Belum tersedianya kebijakan yang bersifat integratif antara riset dan pengembangan, pendidikan, peningkatan kompetensi SDM, permodalan, dan lainnya 5. Koordinasi antar perguruan tinggi/lembaga riset dengan industri dan pemerintah masih sangat lemah 6. Fasilitas riset termasuk untuk riset aplikasi pada beragam produk industri belum memadai untuk memenuhi kebutuhan riset industri dan insentif riset untuk peneliti masih sangat rendah 7. Belum ada komunitas periset oleokimia dan teknologi produksi biomaterial sawit

industri hilir sawit	8. Kebijakan khusus pengembangan produk turunan oleokimia dan biomaterial berbasis biomassa sawit (minyak dan limbah) belum menjadi agenda riset nasional
OPPORTUNITIES	**THREATS**
1. Hasil riset diversifikasi dan diferensiasi produk, efisiensi proses produksi industri oleokimia dan derivatifnya sangat dibutuhkan industri oleokimia di Indonesia. 2. Demand produk turunan oleokimia dan biomaterial yang ramah lingkungan semakin meningkat di pasar domestik dan pasar dunia 3. Industri sawit Indonesia menginginkan diversifikasi produk olahan sawit dan biomassa bernilai tambah tinggi 4. Adanya peluang untuk melakukan collaboration riset bidang turunan oleokimia dan biomaterial antara perguruan tinggi dan lembaga riset (pemerintah dan swasta) tingkat nasional dan internasional 5. Pengembangan produk turunan oleokimia dan biomaterial berbasis biomassa sawit (minyak dan limbah) membuka peluang berdirinya industri baru 6. Bahan baku untuk produksi turunan oleokimia dan biomaterial dari minyak dan limbah sawit semakin berlimpah seiring dengan perkembangan luas areal, produktivitas perkebunan dan peningkatan jumlah pabrik sawit dan turunannya 7. Tuntutan pasar yang semakin meningkat untuk produk oleokimia, turunan oleokimia dan biomaterial yang ramah lingkungan	1. *Trade barrier* pada perdagangan global dengan menggunakan isu lingkungan dan *sustainability* dengan persyaratan yang semakin banyak. 2. Ketergantungan pada teknologi produksi oleokimia, turunan oleokimia dan biomaterial dari negara lain 3. Serbuan *produk* dan teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial dari negara lain 4. Persaingan dengan produk sejenis yang *berbasis* minyak bumi dan fosil lainnya 5. Keengganan industri untuk menjadi pioneer dalam menerapkan teknologi biomaterial *baru* 6. Pemanfaatan biomassa dari limbah sawit *dibatasi* oleh kebutuhan kebun akan bahan organik 7. Demand *biomassa* dari limbah sawit untuk sumber energi dari negara lain semakin meningkat

3.5.4. Strategi Riset

Berdasarkan hasil analisis SWOT, strategi riset oleokimia dan biomaterial disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Strategi riset bidang oleokimia dan biomaterial

Strategi Strength-Opportunity (SO)	Strategi Strength-Threat (ST)
1. Pengembangan riset turunan oleokimia dan biomaterial dari minyak sawit dan biomassa lainnya yang prospektif dan berkelanjutan 2. Mendorong penyusunan kebijakan	1. Mengembangkan produk turunan oleokimia dan biomaterial yang dapat dikomersialkan dan berkelanjutan serta mendorong percepatan pemanfaatannya untuk kebutuhan domestik dan menciptakan pasar

peningkatan pemanfaatan produk hilir minyak sawit pada produk konsumen dan industri. 3. Menjalin komunikasi dan kolaborasi riset bidang biomaterial antara perguruan tinggi, lembaga riset dan industri 4. Mendorong hasil riset biomaterial untuk diimplementasikan di industri dan masyarakat 5. Peningkatan nilai tambah minyak dan limbah sawit menjadi beragam produk turunan yang bernilai tambah tinggi. 6. Pengembangan riset aplikasi beragam produk biomaterial dari minyak dan limbah sawit pada berbagai produk industri yang prospektif secara komersial	baru 2. Mendorong riset untuk peningkatan brand image produk berbasis turunan oleokimia dan biomaterial sawit agar penerimaan masyarakat dunia menjadi semakin baik dan pemanfaatannya semakin luas. 3. Memberikan insentif bagi industri yang menerapkan teknologi turunan oleokimia dan teknologi produksi biomaterial yang inovatif ramah lingkungan 4. Mengembangkan riset teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial, serta riset aplikasinya pada beragam industri, termasuk industri minyak dan gas serta industri kimia lainnya, untuk mensubstitusi produk berbasis minyak bumi dan fosil lainnya.
Strategi Weakness-Opportunity (WO)	**Strategi Weakness-Threat (WT)**
1. Mengembangkan riset yang sesuai dengan kebutuhan industri dan ekspektasi konsumen. 2. Meningkatkan efisiensi proses produksi oleokimia, turunan oleokimia dan biomaterial sawit agar harga produk semakin kompetitif.dan ramah lingkungan 3. Peningkatan riset diversifikasi produk oleokimia derifatif, biomaterial berbasis minyak sawit dan biomassa yang prospektif dan ramah lingkungan 4. Peningkatan skala hasil riset agar siap diadopsi industri 5. Mendorong kolaborasi riset antar lembaga riset dengan pabrikan pengolahan oleokimia, oleokimia derifatif dan biomaterial dalam dan luar negeri 6. Pengadaan fasilitas laboratorium dan workshop untuk riset biomaterial yang sesuai dengan kebutuhan industri sawit 7. Memfasilitasi pembentukan komunitas peneliti oleokimia, turunan oleokimia dan biomaterial sawit 8. Pembuatan database hasil-hasil riset dan periset oleokimia, turunan oleokimia, biomaterial sawit	1. Mengembangkan riset yang siap dikomersialkan, termasuk registrasi produk turunan oleokimia ke lembaga berwenang untuk dapat digunakan pada produk konsumen dan industri. 2. Peningkatan skala riset teknologi produksi oleokimia derifatif, biomaterial dari minyak dan limbah sawit dan riset aplikasinya pada beragam produk industri agar produk riset siap diadopsi oleh berbagai industri. 3. Pengembangan riset peningkatan nilai tambah turunan oleokimia dan biomassa untuk bahan baku industri 4. Penguatan CoE SBRC IPB dan CoE Lignoselulosa Pusat Penelitian Biomaterial LIPI dan pengembangan jaringan CoE dengan berbagai perguruan tinggi dan lembaga riset 5. Mendorong pemerintah agar pengembangan produk turunan oleokimia dan biomaterial dari minyak dan limbah sawit serta aplikasinya pada berbagai produk industri menjadi salah satu prioritas riset strategis nasional dalam agenda riset nasional

3.5.3. Diagram Roadmap

Roadmap riset bidang oleokimia dan biomaterial dikelompokkan menjadi riset-riset yang prioritas untuk dilaksanakan pada jangka pendek (2016-2020), jangka menengah (2021-2025), dan jangka panjang (2026-2030). Sebagai indicator/keberhasilan riset bidang oleokimia dan biomaterial yaitu: (1) Produk komersial turunan sawit pada tahun 2020 mencapai 200 jenis, tahun 2025 mencapai 230 jenis, dan tahun 2030 mencapai 250 jenis, dan (2) Bahan baku biomaterial pada tahun 2020 mencapai >15 jenis, tahun 2025 mencapai >20 jenis dan tahun 2030 mencapai >25 jenis, (3) Inovasi metode dan uji pada tahun 2020

mencapai >10 buah, tahun 2025 mencapai >15 buah, dan tahun 2030 mencapai >20 buah, dan (4) Pemanfaatan bahan kimia pensubstitusi produk berbasis minyak bumi pada tahun 2020 mencapai 200 jenis, tahun 2025 mencapai 300 jenis, dan tahun 2030 mencapai 500 jenis.

Adapun tema riset bidang oleokimia dan biomaterial adalah sebagai berikut:

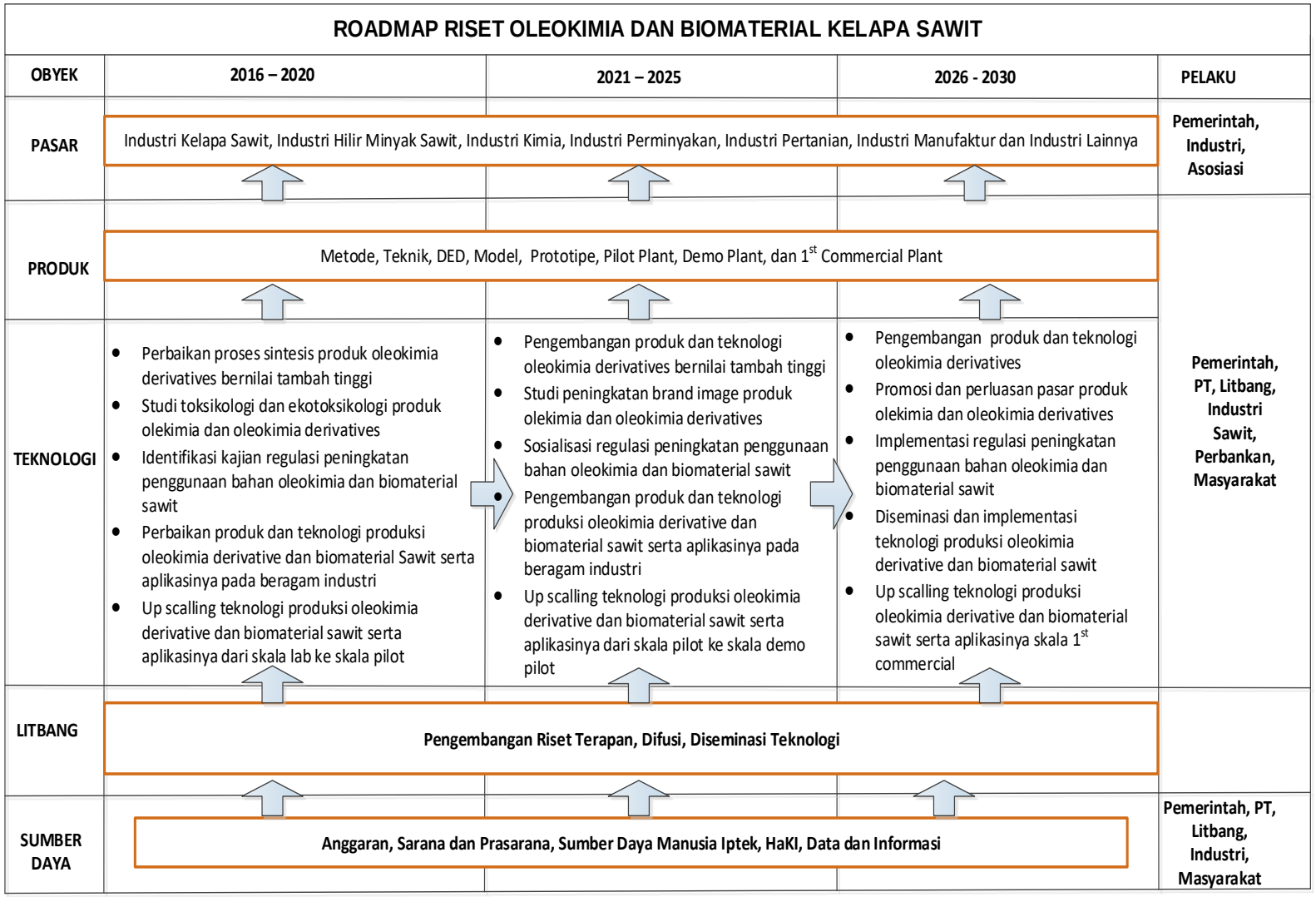
a. Pengembangan produk turunan oleokimia dan aplikasinya yang bernilai tambah tinggi dengan fokus pada lima kategori produk utama, yakni surfaktan, emulsifier, agro-chemical, biolubrikan, dan biopolymer.
b. Pengembangan metode dan uji toksikologi dan ekotoksikologi produk-produk oleokimia dan turunan oleokimia.
c. Pengembangan teknologi dan produk biomaterial sawit serta aplikasinya untuk produk-produk baru yang berdaya tahan lebih tinggi, prospektif dan berkelanjutan.
d. Pengembangan bahan kimia pensubstitusi produk berbasis minyak bumi dan teknologi proses produksinya.

Riset prioritas bidang oleokimia dan biomaterial disajikan pada Tabel 15. Berdasarkan riset prioritas, maka roadmap riset bidang oleokimia dan biomaterial sawit disajikan pada Gambar 16.

Tabel 15. Riset prioritas bidang oleokimia dan biomaterial

2016 – 2020	2021 - 2025	2026 - 2030
Perbaikan proses sintesis turunan oleokimias (surfaktan, emulsifier, agro-chemical, biolubrikan, biopolyols, dan turunan gliserol/gliserin) bernilai tambah tinggi	Pengembangan teknologi proses produksi turunan oleokimias (surfaktan, emulsifier, agro-chemical, biolubrikan, biopolyols, dan turunan gliserol/gliserin) bernilai tambah tinggi pada skala pilot/demo pilot	Pengembangan teknologi proses produksi turunan oleokimias (surfaktan, emulsifier, agro-chemical, biolubrikan, biopolyols, dan turunan gliserol/gliserin) bernilai tambah tinggi skala 1st commercial
Studi toksikologi dan ekotoksikologi dari produk-produk olekimia dan turunan oleokimias sawit sesuai standar global yang berlaku	Studi peningkatan brand image produk-produk olekimia dan turunan oleokimias sawit yang aman dan berkelanjutan	Promosi dan perluasan pasar produk-produk olekimia dan turunan oleokimias sawit sesuai standar global yang berlaku
Identifikasi, pengumpulan, dan usulan regulasi yang diperlukan untuk mendorong peningkatan penggunaan bahan oleokimia dan biomaterial sawit pada produk konsumen dan industri	Sosialisasi regulasi untuk mendorong peningkatan penggunaan bahan oleokimia dan biomaterial sawit pada produk konsumen dan industri	Implementasi regulasi untuk mendorong peningkatan penggunaan bahan oleokimia dan biomaterial sawit pada produk konsumen dan industri
Perbaikan Teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial sawit untuk produk baru dan produk alternatif yang prospektif dan berkelanjutan yang difokuskan pada 5 produk (surfaktan, agro-chemical, biolubrikan, biopolyols, dan derivate gliserol/gliserin)	Pengembangan teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial sawit untuk produk baru dan produk alternatif yang prospektif dan berkelanjutan skala pilot/demo	Kajian regulasi, diseminasi dan implementasi teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial sawit untuk produk baru dan produk alternatif yang prospektif dan berkelanjutan skala 1st commercial

Up scalling hasil penelitian teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial sawit serta aplikasinya pada berbagai industri dari skala lab ke skala pilot	Up scalling hasil penelitian teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial sawit serta aplikasinya pada berbagai industri dari skala pilot ke skala demo	Up scalling hasil penelitian teknologi produksi turunan oleokimia dan biomaterial sawit serta aplikasinya pada berbagai industri dari skala demo ke skala 1st komersial



Gambar 16. Roadmap riset bidang oleokimia dan biomaterial

3.6 BIDANG LINGKUNGAN

Luas areal perkebunan sawit di Indonesia selama sepuluh tahun terakhir berlipat ganda dan kini meliputi lima persen dari total daratan wilayah Indonesia, dan pengembangan lebih lanjut sedang berlangsung guna memenuhi target pemerintah untuk meningkatkan produksi CPO sebesar dua kali lipat menjadi 40 juta metrik ton per tahun pada 2020. Indonesia sangat mungkin mencapai target ini dengan adanya iklim yang mendukung, berlimpahnya lahan yang cocok, keahlian sektor swasta, dan besarnya tenaga kerja pedesaan (Garry Paoli *et al.,* 2011). Semakin meningkatnya kegiatan industri yang terkait dengan sumberdaya alam akan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan sehingga memerlukan upaya pengendalian dan pengelolaan lingkungan sebaik-baiknya.

Setidaknya tiga juta petani kecil independen membudidayakan sawit, mencakup sekitar 40% dari total wilayah yang ditanami sawit dan sering menghasilkan pemasukan yang jauh lebih tinggi dari pada petani kecil atau produsen tanaman pertanian lainnya. Penanaman modal swasta pada industri sawit pada umumnya membawa peningkatan infrastruktur publik, jaringan pasar, serta layanan-layanan dasar seperti kesehatan dan pendidikan, di samping menciptakan peluang-peluang kerja dan merangsang kegiatan ekonomi lokal. Mengacu pada tujuan pembangunan berkelanjutan yang terdiri atas tiga komponen utama, yaitu pertumbuhan ekonomi, kelestarian lingkungan dan kesejahteraan sosial, maka pembangunan industri sawit harus menunjang terjadinya pertumbuhan ekonomi, meningkatkan kesejahteraan sosial dan memperhatikan kelestarian lingkungan.

Pengurangan dampak industri sawit terhadap keanekaragaman hayati dan jasa lingkungan hidup diharapkan dapat dicapai melalui perbaikan perencanaan tataruang dan desain perkebunan yang berorientasi konservasi. Pengurangan dampak pada mutu air dan udara dapat dicapai lewat perbaikan desain dan operasi pabrik, kebun dan infrastruktur pendukungnya. Industri sawit ditantang menjadi promotor dan pelindung bentang alam yang memiliki nilai konservasi tinggi sekaligus menjaga kawasan yang memiliki kandungan karbon yang tinggi.

Perubahan iklim merupakan tantangan serius yang kini dihadapi masyarakat dunia dan diperkirakan akan terus mengancam kehidupan di masa yang akan datang. Fenomena alam ini diyakini akan berdampak luas terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk industri sawit seperti halnya sektor pertanian lainnya.Produksi sawit saat ini menjadi fokus perdebatan seputar emisi CO_2 dan emisi gas rumah kaca (GRK) lainnya yang dihasilkan terkait dengan isu deforestasi, pemanfaatan lahan gambut, budidaya, pengolahan tandan buah segar, dan pengelolaan limbah. Penggunaan minyak sawit sebagai biodiesel untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi juga tidak lepas dari perdebatan emisi GRK yang disebabkan oleh konversi lahan untuk perkebunan sawit dan setiap tahapan dalam proses produksi minyak sawit dan turunannya.Pengelolaan lingkungan dengan pendekatan ekosistem industri untuk

industri sawit dapat dilakukan melalui upaya mengurangi limbah (*reduce*), penggunaan kembali *(reuse)*, daur ulang *(recycle)*, dan pemanfaatan limbah yang tepat. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan beban pencemaran lingkungan. Pendekatan seperti itu dapat berkontribusi dalam transformasi pabrik sawit menjadi kegiatan industri yang lebih ramah lingkungan (Chavalparit *et al.* 2006).

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, maka roadmap riset bidang lingkungan disusun untuk: 1) Memberikan ruang lingkup yang jelas tentang aspek riset bidang lingkungan sehingga mampu menghasilkan output untuk menanggulangi permasalahan lingkungan yang ada dalam kegiatan industri sawit, 2) Memberikan arahan penelitian yang diperlukan untuk mendapatkan metode dan teknologi yang efisien dan praktis untuk melakukan pengelolaan dan pemantauan semua aspek lingkungan yang dapat menjawab dan memberikan klarifikasi atas isu-isu negatip terhadap kegiatan industri sawit di Indonesia, dan 3) Mendapatkan formulasi komprehensif tentang riset pengelolaan lingkungan yang mendukung kegiatan industri sawit berkelanjutan dengan perolehan nilai tambah maksimal.

3.6.1. Produk Teknologi/Riset Saat Ini

Roadmap riset bidang lingkungan disusun berdasarkan kajian dan analisis terhadap berbagai dokumen, data, dan hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan, Focus Group Discussion (FGD) dan konsultasi dengan para narasumber dan para pakar serta berbagai pihak terkait. Penajaman substansi diupayakan melalui berbagai pertemuan konsultatif dengan pejabat, peneliti dan pakar terkait. Penyusunan Roadmap merujuk latar belakang dan permasalahan kegiatan industri sawit yang terkait dengan perubahan lingkungan diselaraskan dengan visi, misi, arah kebijakan, dan strategi pengembangan industri sawit Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, riset difokuskan pada bidang sebagai berikut:

a. Pengembangan metode dan teknologi pengelolaan keanekaragaman hayati yang praktis dan dapat diterapkan di perkebunan sawit.
b. Pengembangan teknologi pengelolaan jasa lingkungan, hidrologi, jejak karbon (*carbon footprint*), jejak air (w*ater footprint),* dan cadangan karbon (carbon stock).
c. Pengembangan teknologi pengelolaan limbah dan reduksi emisi GRK.
d. Pengembangan model life cycle assessment (LCA) dan rantai pasok (supply chain) industri sawit dan turunannya.
e. Pengembangan teknologi penanggulangan kebakaran lahan yang efisien, efektif dan berkelanjutan.

3.6.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT bidang lingkungan dilakukan melalui diskusi mendalam dengan para pakar lingkungan, dengan mempertimbangkan faktor internal yang menjadi kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weakness*) dan faktor eksternal

yang menjadi peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*). Hasil analisis SWOT bidang lingkungan disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil analisis SWOT riset bidang lingkungan

KEKUATAN / *STRENGTH*	**KELEMAHAN / *WEAKNESS***
1. Keberadaan ekosistem hutan yang berfungsi hidro-orologi, tangkapan air (*water catchment*) 2. Keberadaan dokumen, arsip status kawasan hutan, dan citra satelit yang dapat digunakan mengklarifikasi status kawasan 3. Indonesia dikenal sebagai negara mega biodiversity ke dua terbesar di dunia, termasuk di wilayah sebaran perkebunan sawit 4. Keberadaan ekosistem hutan yang berfungsi hidro-orologi, penyimpan sumberdaya genetik, pengatur kesuburan tanah hutan dan iklim serta penyimpan karbon 5. Keberadaan lembaga pemerintah yang menangani perpetaan (BPN, BAPLAN, dll) 6. Kecenderungan masyarakat yang memahami pentingnya kuantitas dan kualitas perairan dalam menunjang kehidupan manusia dan alam semakin banyak 7. Banyaknya alur sungai yang tersebar di lokasi perkebunan sawit dan berlimpahnya curah hujan yang merupakan obyek riset yang berlimpah. 8. Metode subsidensi Hooijer et al (2011) bebas dari respirasi akar. Lokasi yang dipantau cukup banyak dan berbagai ekosistem yaitu Akacia, sawit, hutan rawa gambut. 9. Telah diketahui sumber-sumber emisi utama (hot spots) selama daur hidup produksi sawit. 10. Kekayaan jenis pohon di hutan Indonesia yang mempunyai potensi besar sebagai penyimpan karbon 11. Adanya kawasan lindung/ KBKT dalam areal kebun sawit yang masih memiliki potensi tegakan hutan sebagai penyimpan karbon. 12. Tersedia panduan baku mutu pembuangan dan air limbah (PerMen LH No 5 tahun 2014) dan untuk land aplikasi (KepMen LH No. 28 dan 29 tahun 2003) 13. Limbah padat sawit tersedia berlimpah sepanjang tahun.	1. Tuduhan perubahan peruntukan hutan untuk kebun sawit 2. Sebagian riset-riset yang dilakukan belum sesuai dengan kebutuhan industri sawit 3. Industri tidak mudah mengakses riset-riset yang sudah dihasilkan oleh Perguruan Tinggi dan Balitbang 4. Nature lahan gambut yang rawan kebakaran 5. Metode riset Hooijer et al (2011) menggunakan perubahan BD gambut diperkirakan dari lokasi berbeda dengan umur 2, 5-7 dan 18 tahunsetelah drainase, tidak terdapat perubahan BD); Kandungan C gambut digeneralisasi tinggi pada 55% mengacu Suhardjo dan Widjojo Adhi (1977) 6. Teknologi pengelolaan limbah industri sawit masih belum dikuasai secara lengkap dan baik. Kebijakan pemanfaatan limbah masih belum sepenuhnya mendukung. 7. Harga peralatan dan mesin pengelolaan limbah sangat mahal 8. Penelitian Kebijakan Pengelolaan Lingkungan yang masih terbatas
PELUANG / *OPPORTUNITY*	**ANCAMAN / *THREAT***
1. Ekosistem hutan mempunyai dimensi yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas udara dan terjadinya bencana alam seperti kebakaran, tanah longsor, banjir dan kemarau akibat adanya perubahan iklim global.	1. Perubahan peruntukan lahan (landuse change) mengakibatkan perubahan fungsi dan peruntukan hutan yang mengakibatkan terjadinya perubahan struktur tegakan dan komposisi vegetasi dan ekosistem setempat. 2. Isu bahwa kebun sawit di Indonesia

2. Tersedia dana Sawit Fund yang cukup untuk melakukan pengembangan riset sawit. 3. Dukungan fasilitasi dari industri sawit 4. Perhatian masyarakat dunia cukup besar terhadap peranan hutan dan gambut sebagai fungsi jasa lingkungan dan hidroorologi. 5. Kecenderungan masyarakat memahami secara lebih baik akan pentingnya fungsi hutan dalam menunjang kehidupan manusia dan alam 6. Penelitian menunjukkan bahwa kandungan air tanah perkebunan sawit lebih tinggi daripada di hutan alam.	dibangun pada kawasan hutan. 3. Lingkungan rawan kerusakan 4. Lingkungan biofisik yang terdegredasi serta bertambahnya lahan kritis akibat pengelolaan lingkungan yang tidak bijaksana. 5. Banyaknya KEHATI yang terancam punah 6. Penggunaan bahan kimia pada proses industri sawit 7. KEHATI yang terkandung didalam hutan dan gambut terancam punah 8. Kecenderungan okupasi dan perambahan hutan oleh masyarakat yang mengakibatkan lingkungan rawan kerusakan 9. Kerusakan tegakan hutan yang mengakibatkan turunnya fungsi sebagai jasa lingkungan dan hidroorologi 10. Rendahnya upaya melakukan rehabilitasi dan reklamasi lahan. 11. Perubahan peruntukan lahan gambut (*landuse change*) mengakibatkan perubahan fungsi dan peruntukan lahan dan juga mengakibatkan meningkatnya Emisi GRK 12. Metode pengukuran emisi GRK oleh Hooijer (2011) menggunakan teknik subsidensi gambut yang tidak mengukur perubahan stok C dalam gambut pada lokasi yang sama dan waktu berbeda. 13. Perambahan hutan di kawasan lindung dan KBKT yang mengandung tegakan pohon cukup banyak dalam areal kebun sawit 14. Negara lain penghasil CPO sebagai pesaing Indonesia memiliki industri yang lebih ramah lingkungan 15. Implementasi dan pengawasan peraturan & kebijakan yang lemah 16. Produk impor panel dari limbah kayu yang lebih murah harganya

3.6.3. Strategi Riset

Strategi riset bidang lingkungan pada industri sawit menerapkan: 1) Kajian mitigasi, dan 2) Kajian Adaptasi. Contoh pada perubahan iklim, adaptasi adalah penyesuaian sistem sosial dan alam dalam mengatasi dampak negatif perubahan iklim, sedangkan mitigasi adalah upaya mengurangi sumber maupun peningkatan rosat (penyerap) gas rumah kaca sehingga proses pembangunan tidak terhambat dan tujuan pembangunan yang berkelanjutan dapat dicapai (Ditjenbun, 2007). Beberapa kendala terkait dengan aspek lingkungan yang perlu dipertimbangkan dalam penetapan strategi/ prioritas industri sawit antara lain: a) Perhatian dari pelaku usaha dalam pengelolaan lingkungan masih terbatas, sehingga hal ini mengakibatkan kritikan negatif dari pihak baik dalam maupun luar negeri, dan b) Hasil penelitian aspek lingkungan yang telah dipublikasi yang telah direview dan dapat digunakan untuk merespon isu lingkungan negatif terhadap industri sawit di Indonesia masih terbatas. Strategi riset bidang lingkungan disajikan pada Tabel 17.

Dengan demikian strategi riset bidang lingkungan harus dapat merespon permasalahan yang ada, yaitu :

a. Teknik konservasi keanekaragaman hayati di perkebunan sawit dan sekitarnya

b. Teknik rehabilitasi hutan dan gambut yang terdegradasi
c. Sistem dan teknik penanggulangan KARHUTLA
d. Sistem dan teknik penggunaan sumberdaya air pada seluruh proses industri secara efisien
e. Sistem dan teknik pengelolaan limbah yang efektif
f. Teknik reduksi emisi gas rumah kaca
g. Teknik peningkatan carbon stock
h. Analisis kebijakan pengelolaan lingkungan yang mendukung industri sawit yang lestari

Tabel 17. Strategi riset bidang lingkungan

STRATEGI STRENGTH-OPPORTUNITY (SO)	STRATEGI STRENGTH-THREAT (ST)
1. Mempublikasikan hasil-hasil penelitian di Jurnal Internasional dan Jurnal Nasional dengan peer review yang dapat merespons secara ilmiah isu-isu lingkungan yang merugikan sawit. 2. Riset Peningkatan pemanfaatan limbah sawit yang mempunyai nilai kemanfaatan luas. 3. Riset bersama dengan peneliti dari negara lain (terutama AS dan EU) tentang emisi Gas Rumah Kaca (GRK), Carbon Stock, dan lainnya. 4. Mendorong riset pemodelan pengelolaan keanekaragaman hayati berbasis lansekap areal perkebunan sawit. 5. Mendorong riset pengembangan infrastrukur pengelolaan limbah, pengurangan emisi GRK, dan bidang lingkungan lainnya. 6. Menganalisis kebijakan pemerintah terkait kegiatan industri sawit, baik dari aspek teknis, social, ekonomis, dan lainnya.	1. Diseminasi hasil-hasil penelitian di berbagai media nasional yang dapat memberikan pemahaman lebih baik tentang industri sawit 2. Mengembangkan riset rehabilitasi hutan dan lahan yang terdegradasi 3. Mengembangkan riset manajemen konflik satwa dan Perkebunan sawit 4. Mitigasi proses penanggulangan kebakan hutan dan lahan dari semua aspek secara secara sinergi. 5. Kajian water footprint tanaman sawit dengan tanaman bio-energy lainnya 6. Kajian landuse change terhadap kerusakan lingkungan. 7. Analisis efektifitas pengelolaan HCV yang dapat mendukung konservasi keanekaragaman hayati dan tujuan industri sawit yang lestari.
STRATEGI WEAKNESS-OPPORTUNITY (WO)	**STRATEGI WEAKNESS-THREAT (WT)**
1. Kerjasama dengan masyarakat dan instansi terkait dalam perbaikan lahan yang terdegradasi 2. Database keanekeragaman jenis tumbuhan dan satwa di Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi (KBKT) di dalam areal perkebunan sawit negara, swasta dan rakyat serta di hutan sekitar kebun sawit 3. Riset Konservasi lanskap sebagai upaya mitigasi bencana ekologis dan menjawab isu lingkungan 4. Riset Metode dan teknik rehabilitasi dan restorasi hutan dan gambut yang terdegradasi di areal kebun kelapasawit dan areal sekitarnya untuk memperbaiki fungsinya. 5. Riset system penanggulangan kebakaran lahan dan hutan yang efektip di areal	1. Pemberdayaan masyarakat dalam perbaikan lahan yang terdegradasi 2. Database keanekeragaman jenis tumbuhan dan satwa di Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi (KBKT) di dalam areal perkebunan sawit negara, swasta dan rakyat serta di hutan sekitar kebun sawit 3. Riset mengembangkan metode dan teknik rehabilitasi dan restorasi hutan dan gambut yang terdegradasi di areal kebun kelapasawit dan areal sekitarnya untuk memperbaiki fungsinya. 4. Riset pengembangan system penanggulangan kebakaran lahan dan hutan yang efektip di areal kebun sawit dan di sekitarnya, baik dari aspek teknis maupun social. 5. Penyusunan pedoman Sempadan sungai:

kebun sawit dan di sekitarnya, baik dari aspek teknis maupun social. 6. Kajian struktur dan komposisi vegetasi di sempadan yang efektif dalam filterisasi limbah kimia dan jebakan erosi berdasarkan opsi lebar sempadan sungai 7. Riset Strategi reduksi gas rumah kaca pada perkebunan sawit di areal lahan gambut 8. Analisis penerapan kebijakan kegiatan industri sawit yang terkait dengan masalah lingkungan	rekomendasi lebar, jenis vegetasi, dan tata kelola lansekap guna optimalisasi penggunaan lahan di Indonesia 6. Riset lansekap: ratio yang tepat antara perkebunan sawit dan hutan untuk memperoleh efisiensi penggunaan air (WUE) oleh sawit 7. Pemanfaatan limbah sawit yang lebih efisien dan berdaya saing tinggi 8. Efektifitas pengelolaan HCV terhadap kelestarian lingkungan dari aspek implementasinya dan efektifias areal HCV dalam skala lansekap 9. Kajian implementasi dan efektifitas system *Cleaner Production dan Zero Waste* dalam pengelolaan lingkungan perkebunan sawit

3.6.4. Diagram Roadmap

Penyusunan diagram roadmap bidang lingkungan ditujukan untuk mengelompokkan secara sistematis riset-riset bidang lingkungan yang menjadi prioritas berdasarkan atas tingkat dan intensitas permasalahannya serta perkembangan riset yang telah dilakukan pada jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Sebagai indikator/parameter keberhasilan riset bidang lingkungan yaitu: (1) Methane reduction pada tahun 2020 mencapai 20%, tahun 2025 mencapai 50% dan tahun 2030 mencapai 80%, (2) Emisi GRK pada tahun 2020 mencapai 1100 Kg CO_2 eq/Ton CPO, tahun 2025 mencapai 800 Kg CO_2 eq/Ton CPO, dan tahun 2030 mencapai 360 Kg CO_2 eq/Ton CPO, (3) Certified ISPO pada tahun 2020 mencapai >75%, tahun 2025 mencapai >100%, (4) Target keragaman hayati mandatori atau sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku, dan (5) Inovasi model LCA dan rantai pasok pada tahun 2020 mencapai 15 buah, tahun 2025 mencapai 25 buah, dan tahun 2030 mencapai 35 buah.

Adapun tema riset bidang lingkungan adalah sebagai berikut:

a. Pengembangan metode dan teknologi pengelolaan keanekaragaman hayati yang praktis dapat diterapkan di wilayah perkebunan sawit.
b. Pengembangan teknologi pengelolaan jasa lingkungan, hidrologi, jejak karbon (*carbon footprint*), jejak air (w*ater footprint), dan c*adangan karbon (c*arbon stock*).
c. Pengembangan teknologi pengelolaan limbah dan reduksi emisi GRK.
d. Pengembangan model *life cycle assessment* (LCA) dan rantai pasok (*supply chain*) industri sawit dan turunannya.
e. Pengembangan dan aplikasi best practice penanaman sawit di lahan gambut
f. Pengembangan teknologi pencegahan dan penanggulangan kebakaran lahan yang efisien, efektif dan berkelanjutan.

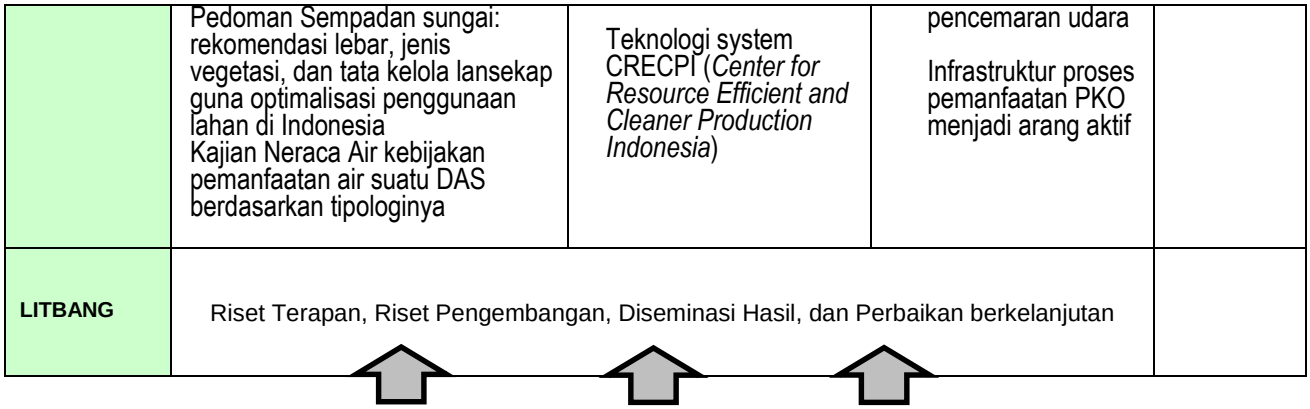
Riset prioritas bidang lingkungan (per lima tahun 2017 – 2030) disajikan pada Tabel 18. Roadmap riset bidang lingkungan disajikan pada Gambar 17.

Tabel 18. Riset prioritas bidang lingkungan

2016-2020	2021-2025	2026-2030
• Database sejarah/asal-usul, status, riwayat perkembangan tutupan lahan perkebunan sawit • Database keanekeragaman hayati di Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi (KBKT) di dalam areal perkebunan sawit • Penanganan Konflik satwa dan perkebunan sawit serta penyelamatan satwaliar yang terancam punah (orangutan, gajah sumetera, harimau sumatera, badak sumatera) di areal yang terperangkap di lingkungan kebun sawit • Metode dan teknik rehabilitasi dan restorasi hutan dan gambut yang terdegradasi di areal kebun kelapasawit dan areal sekitarnya untuk memperbaiki fungsinya. • System penanggulangan kebakaran lahan dan hutan yang efektip serta kajian laju pemulihan keanekaragaman jenis dan kelimpahan satwaliar di areal kebun kelapasawit dari aspek teknis maupun social • Pemodelan system hidrologi pada berbagai karakteristik kebun sawit, water consumption, dan neraca air • Analisis sempadan sungai dari tinjauan efektifitasnya mencegah erosi dan sedimentasi serta fungsi perlindungan areal hilir. • Kajian water footprint tanaman sawit dengan tanaman bio-energy lain • Teknologi pengurangan emisi gas rrumah kaca) • Teknologi peningkatan cadangan karbon (carbon stock) dan Metode perhitungan jejak karbon (carbon footprint) • Pengembangan teknologi biogas dan teknologi pengelolaan limbah sawit • Pengembangan teknologi pencemaran udara pada PKS • Kajian kebijakan pengelolaan lingkungan industri sawit	• Desain Mesin/peralatan reduksi gas rumah kaca pada perkebunan sawit di areal lahan gambut • Pengembangan desain infrastruktur pengelolaan limbah sawit dan biogas • Desain teknologi bricket arang PKO • Pengembangan teknologi pemerangkapan metan, pemurnian dan komponen teknologi power plant	• Evaluasi dan evektivitas implementasi penangulangan kebakaran • Evaluasi dan evektivitas implementasi pengurangan emisi gas rumah kaca • Evaluasi dan evektivitas implementasi pengurangan emisi carbon stock • Permodelan kondisi keanekaragaman hayati setelah implementasi pengelolaannya.

ROADMAP RISET BIDANG LINGKUNGAN

OBYEK	2016 - 2020	2021 – 2025	2025 - 2030	PELAKU
PASAR	**Industri sawit (rakyat, swasta, dan negara)**			Pelaku Industri Asosiasi Pemerintah Perkebunan Rakyat
PRODUK	• Database (sejarah/asal-usul status, keanekaragaman hayati, water footprint, carbon stock) • Model pengelolaan lingkungan di Industri sawit (keanekaragaman hayati, hutan dan gambut, sistem hidrologi di DAS untuk optimalisasi dan kelestarian pemanfaatan lahan, kelestarian kebun kelapa sawit ditinjau dari sustainability air berdasarkan tipologi DAS • Teknologi pengelolaan lingkungan (reduksi emisi gas rumah kaca; penanggulangan KARHUTLA, ratio yang tepat antara perkebunan sawit dan hutan untuk memperoleh efisiensi penggunaan air (WUE) industri sawit • Pedoman ukuran sempadan sungai: rekomendasi lebar, jenis vegetasi, dan tata kelola lansekap guna optimalisasi penggunaan lahan di Indonesia • Rekomendasi kebijakan (pemanfaatan air suatu DAS berdasarkan tipologinya; system CRECPI (*Center for Resource Efficient and Cleaner Production Indonesia*))			Pemerintah, PT, Litbang, Industri Sawit, Masyarakat
TEKNOLOGI	Model penanganan konflik satwa dan perkebunan sawit Desain koridor satwa liar Desain penyelamatan satwa liar yang terancam punah (orangutan, gajah sumatera, harimau sumatera, badak sumatera) di areal yang terperangkap di lingkungan kebun sawit Teknologi rehabilitasi dan restorasi hutan dan gambut yang terdegradasi di areal kebun sawit dan areal sekitarnya untuk memperbaiki fungsinya. Teknologi melacak water footprint di perkebunan sawit (kebun & PKS) Kajian Kebijakan pengelolaan lingkungan mendukung industri sawit yang lestari Teknologi infrastruktur reduksi gas rumah kaca pada perkebunan sawit di areal lahan gambut Teknologi reduksi emisi GRK dengan rehabilitasi lahan menggunakan vegetasi penambat karbon Sistem & teknologi penanggulangan KARHUTLA	Diseminasi sejarah/ asal-usul status riwayat penggunaan, tutupan lahan perkebunan sawit milik rakyat, negara maupun swasta Diseminasi database keanekeragaman jenis tumbuhan dan satwa di KBKT di dalam areal perkebunan sawit serta di hutan sekitar kebun sawit Desain koridor satwaliar Model sistem hidrologi di DAS untuk optimalisasi dan kelestarian pemanfaatan lahan Model pengelolaan lansekap yang terpadu untuk mempertahankan kuantitas air Model ratio yang tepat antara perkebunan sawit dan hutan untuk memperoleh efisiensi penggunaan air (WUE) oleh sawit	Implementasi penanganan konflik satwa dan perkebunan sawit Implementasi penyelamatan satwaliar yang terancam punah (orangutan, gajah sumetera, harimau sumatera, badak sumatera) di areal yang terperangkap di lingkungan kebun sawit Evaluasi efektifitas implementasi sistem & teknologi penanggulangan KARHUTLA Implementasi teknologi rehabilitasi dan restorasi hutan dan gambut yang terdegradasi di areal kebun sawit dan areal sekitarnya untuk memperbaiki fungsinya. Infrastruktur proses pengelolaan	



Gambar 17. Roadmap riset bidang lingkungan

3.7 BIDANG SOSIAL EKONOMI, BISNIS DAN MANAJEMEN, PASAR SERTA TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI

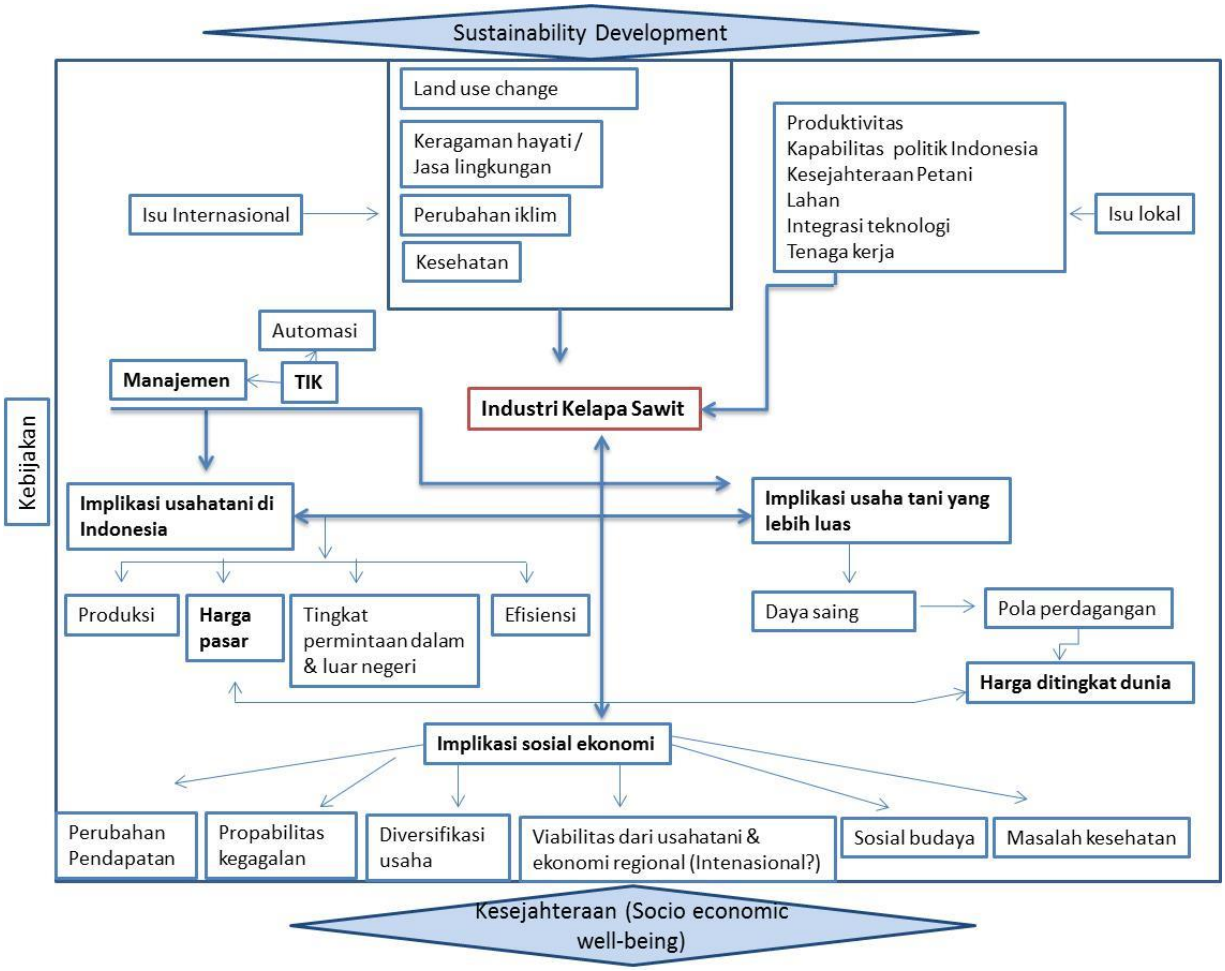
Usaha tani dan industri sawit telah mencatatkan sejarah penting di Indonesia karena mampu menyumbangkan pertumbuhan ekonomi tinggi. Usaha bidang ini secara nyata meningkatkan pendapatan negara, menyediakan lapangan kerja yang sangat banyak dan meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat sekitarnya (Basiron, 2007, Feintreine *dkk*., 2010). Keberhasilan dan efisiensi di bidang ekonomi tersebut ditentukan oleh kapabilitas bisnis dan manajemen dalam pengelolaan operasional produksi, sumber daya manusia, manajemen keuangan, manajemen resiko, manajemen logistik dan rantai pasok. Penelitian di bidang bisnis dan manajemen untuk menunjang usahatani dan industri sawit seperti efisiensi organisasi, rantai pasok, manajemen logistik relatif masih terbatas. Hal yang sama juga terjadi untuk penelitian di bidang pemasaran dan perdagangan (*market and trade*) dan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), dimana integrasi TIK dalam industri sawit memang masih sangat rendah.

Sisi lain untuk menunjang keberhasilan industri sawit secara berkelanjutan dan tetap menjadikan Indonesia sebagai "*the largest palm oil producer in the world*" diperlukan faktor *link-match* dalam industri sawit di bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK. sebagaimana disajikan pada Gambar 18. Untuk mencapai hal tersebut harus dibingkai oleh kebijakan yang benar dan sebaiknya dibuat berdasarkan landasan ilmu pengetahuan ataupun dikenal sebagai "*science based policy*", baik berupa registrasi, labelisasi, sertifikasi maupun regulasi.

Tentunya sebagai produk minyak nabati dunia, perkembangan industri sawit tidak hanya di pengaruhi oleh isu atau tantangan dalam negeri tetapi juga dari dunia internasional sehingga kegiatan riset harus dapat menjawab isu atau antangan tersebut agar hasil riset diperoleh dapat digunakan untuk membuat kebijakan yang tepat, korektif dan prospektif. Diseminasi hasil riset yang lebih efisien dan efektif harusnya dapat dilakukan dengan TIK.

Konsep industri sawit sebagai penyokong pembangunan berkelanjutan dan meningkatkan kesejahteraan sudah sejalan dengan konsep SDGs (*Sustainable Development Goals*) penganti MDGs (*Millinium Development Goals*). Kegiatan di bidang riset sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK terkait sawit diarahkan untuk berkontribusi mencapai 3 (tiga) tujuan utama SDGs, yaitu:

1. Mengakhiri segala bentuk kemiskinan,
2. Mengakhiri segala bentuk kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan meningkatkan gizi dan mendorong pertanian secara berkelanjutan.
3. Menjamin adanya kehidupan yang sehat, serta mendorong kesejahteraan untuk semua orang di dunia pada semua usia.



Gambar 18. Link & match bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK untuk mendukung industri sawit yang berkelanjutan

Untuk itu riset spesifik di bidang ini diarahkan untuk:

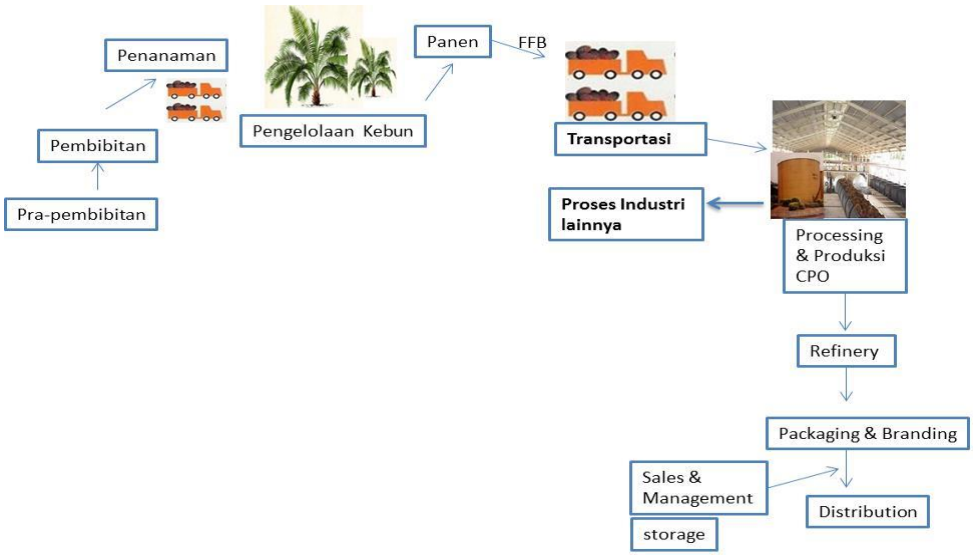
- Menjawab perubahan sosial dan ekonomi pada setiap level aktor usahatani (*farm, household, community (village), regional, national* dan *international*) yang dapat mendukung munculnya kebijakan sawit yang lebih komprehensif
- Mengkaji perimbangan isu atau tantangan fungsi ekologi dan ekonomi sawit
- Peran dan kapabilitas lembaga dan kebijakan untuk lebih dapat meningkatkan peranan Indonesia dalam kancah politik perdagangan sawit dunia

- Menjawab ekstensi dan akselerasi dampak positif sawit di dalam dan luar negeri
- Menjawab pentingnya automasi dan mekanisasi dalam bisnis sawit dan dampaknya
- Menyajikan skenario manajemen industri yang dapat memberikan keuntugan jangka pendek dan panjang (*short & long-term benefit*)
- Mengintegrasikan TIK dalam proses produksi dan manajemen *on farm* dan *off farm*.

3.7.1. Produk Teknologi/Riset Saat Ini

Secara garis besar, model usaha budidaya sawit di Indonesia ada 3 (tiga) yaitu perkebunan skala besar swasta dan 2 jenis model petani; petani plasma dan petani swadaya. Data rasio petani plasma dan swadaya, sangat diperlukan untuk memahami kemungkinan adopsi teknologi dan kegunaan lainnya. Selaij itu, keberadaan petani skala kecil diyakini memberikan kontribusi penting terhadap perluasan lahan perkebunan sawit seperti dilaporkan Bank Dunia (2010). Perluasan lahan juga rentan dengan isu keragaman hayati (Henson, 2003; Fitzherbert *dkk.*, 2008). Penelitian pada bidang sosial ekonomi sawit lebih banyak dilakukan pada tingkatan usahatani (*farm*), rumah tangga (*household*), tingkatan desa ataupun komunitas (*community/village*), belum pada wilayah yang lebih luas (regional atuapun internasional) dan multi-parameters seperti dampak lingkungan.

Pada Gambar 19 ditampilkan siklus hidup (life cycle) umum dari usahatani sawit. Berdasarkan siklus ini dapat dikaji efisiensi siklus agar rantai pasok menjadi lebih efisien. Skema pengolahan di tingkat petani akan menurunkan biaya; pengangkutan tandan segar menyita banyak volume (*bulky*) dan dapat berdampak negatif terhadap misalnya rusaknya jalan, polusi lingkungan, boros bahan bakar dan sebagainya. Oleh karena itu, setiap tahapan rantai pasok harus dikaji secara komprehensif.

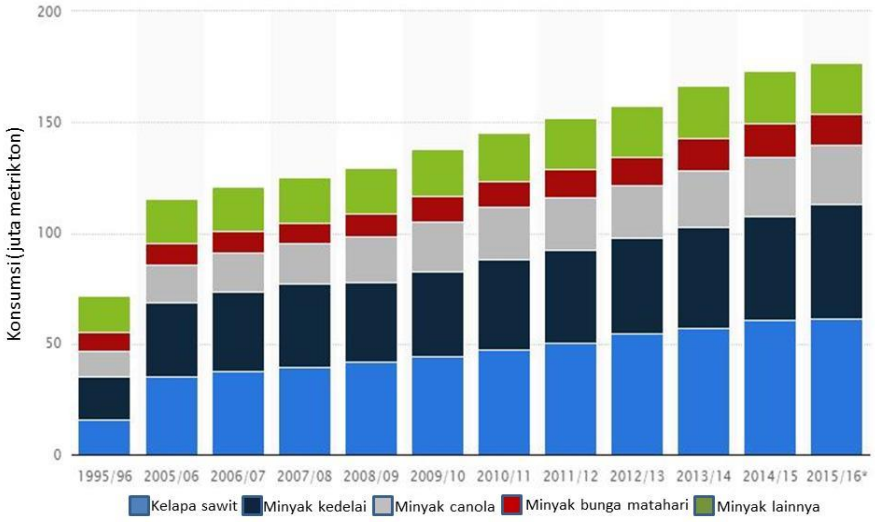


Gambar 19. Life cycle usahatani sawit

Secara ekonomi, data BPS tahun 2015 menunjukkan secara rata-rata nasional pertanaman sawit memerlukan biaya produksi Rp. 9,7 juta per hektar dengan nilai produksi 17 juta rupiah (keuntungan 57%). Biaya produksi sawit tersebut jauh lebih rendah dibandingkan tebu (mencapai Rp. 31 juta/ha). Drescher *dkk*. (2016) menyatakan bahwa biaya tenaga kerja pada sawit secara signifikan lebih rendah dari karet, tetapi sawit menghasilkan total pendapatan per hektar per tahun (*gross margin per unit area)* yang relatif lebih rendah dibandingkan karet. Namun demikian, pendapatan per jam kerja *(margin bruto per man-hour)* tenaga kerja () sawit lebih tinggi dari karet. Penelitian yang terkait bidang manajemen (opersional produksi, sumber daya manusia, manajemen keuangan, manajemen resiko, manajemen logistik dan rantai pasok), pasar domestik dan global, serta modernisasi dan efisiensi (mekanisasi pertanian dan TIK) belum banyak dilaksanakan.

Era TIK, modernisasi dan globabisasi memberikan dampak pada manajemen. Perubahan yang terjadi akan memberikan dampak efisiensi terhadap manajemen, misalnya stok dan inventarisasi (Chitiga dan Chogan, 2016), sehingga riset manajemen perlu diarahkan untuk review manajemen yang diterapkan saat ini dan kemungkinan pengembangan manajemen individual menjadi korporasi.

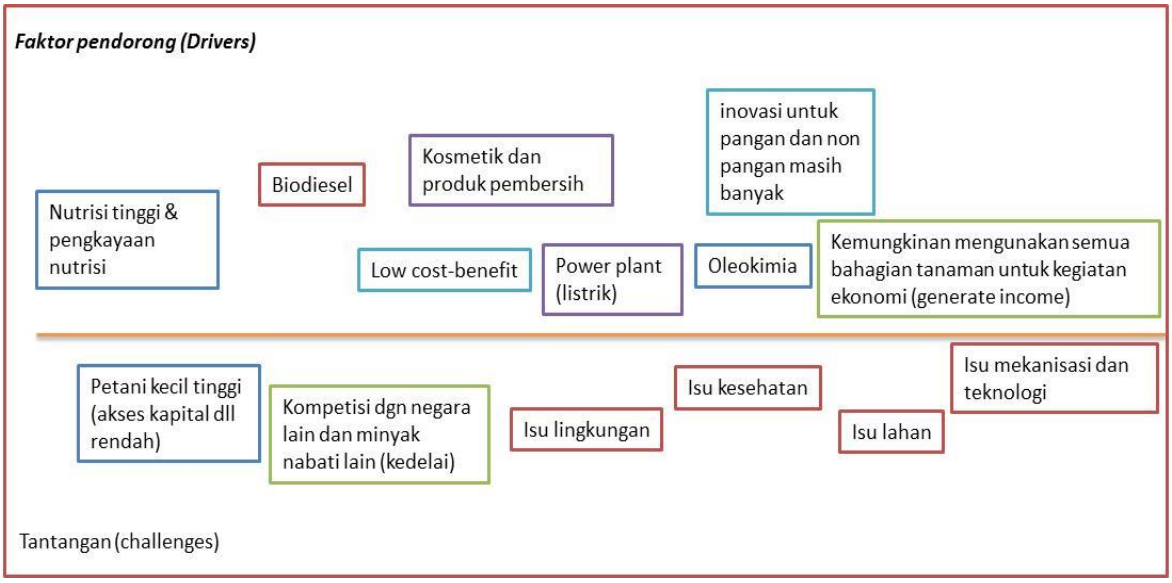
Perkiraan akan terjadinya perlambatan pertumbuhan konsumsi nabati (*consumption growth*) antara periode 2016-2024 dibandingkan periode 1996-2015 perlu diantisipasi dengan riset dan inovasi. Konsumsi minyak nabati per kapita makanan (*per capita food*) menurut proyeksi OECD dan FAO (dalam buku OECD-FAO Agricultural Outlook 2015 - ©OECD 2015) akan meningkat pada negara berkembang dari 17,5 kg menjadi 20,0 kg, sedangkan pada negara industri akan tetap yaitu antara 25,8-26.0 kg makanan per kapita per tahun (Gambar 20). Perbedaan jumlah konsumsi minyak nabati antara negara maju dan berkembang juga masih mencolok, sehingga kesempatan menjual kepada negara berkembang juga masih sangat tinggi.



Gambar 20. Total konsumsi beragam minyak nabati dunia
Sumber: Statista, 2016

Tantangan memasarkan hasil dari produksi tidak lebih mudah dari pada berproduksi. Penelitian kolaborasi dalam dan luar negeri harus diarahkan untuk menganalisis *market trends* ataupun *futuristic market*, *market policy*, *market empowering*, *market innovation*, isu perlambatan pertumbuhan, pasar dan industri, dan juga *market analysis* (facts, figure & forecast) yang memanfaatkan teknologi.

Pada Gambar 21, terlihat sangat jelas bahwa pasar dan pemasaran harus dilakukan dengan baik, karena berfungsi sebagai faktor pendorong (*drivers*) dalam industri sawit. Beragam isu atau tantangan seperti lingkungan, kesehatan dan lainnya akan mempengaruhi pasar dan perdagangan. Meskipun sawit sering didera isu negatif terkait kesehatan namun saat yang sama diakui sawit mengandung nutrisi tinggi dan memiliki banyak kegunaan sehingga riset *market* dan *trade* menjadi penting.



Gambar 21. Faktor pendorong dan tantangan

Aplikasi teknologi seperti mekanisasi dan teknologi informasi ataupun komputerisasi untuk mendukung setiap aspek kegiatan industri sawit diyakini dapat meningkatkan daya saing produk sawit Indonesia. Alat pemantauan elektronik otomatis ataupun kontrol yang dapat memberikan umpan balik (*feedback*) status tanaman *real time*, misalnya: tanah, air, lingkungan, pertumbuhan juga kesehatan tanaman, penyakit dan juga limbah produk, menjadi sangat penting. Riset pemanfaatan sensor, terutama sensor multi-parameters, riset kecerdasan buatan, gabungan mesin dan elektronik, juga mesin-mesin mutakhir untuk pengolahan, pengemasan (*packing*) dan distribusi sangat diperlukan untuk menghadapi tantangan era globalisasi. Penggunaan TIK dapat meningkatkan efisiensi waktu, jumlah produksi, mampu telusur (*traceability*), yang pada saat yang sama mampu menanggulangi ketergantungan terhadap sumber daya manusia.

Data BPS 2015 menunjukkan biaya upah tenaga kerja mendekati 32% dan pupuk hanya 18.5% dari total biaya yang dibutuhkan dalam usaha tani sawit.

Tingginya biaya tenaga upah, dan saat yang sama terjadi penurunan tenaga kerja pertanian di Indonesia, harus dicermati untuk dipersiapkan masuk ke era mekanisasi. Wang *et al*. (2006) menyatakan bahwa sensor nirkabel (*wireless sensor)* sangat berguna untuk pembangungan pertanian dan industri makanan yang hemat tenaga kerja dan juga sangat cocok untuk pengamatan (*monitoring*) perkembagan tanaman di lapangan (Garcia-Sanchez *et al*., 2011). Untuk itu bidang riset yang mengintegrasikan TIK pada pertanian (sawit) harus ditingkatkan, baik secara horizontal misalnya antar petani, antar pengusaha, antar pelaku usaha lainnya, maupun secara vertical misalnya dari tingkat petani hingga ke tingkat pabrik pengolahan minyak sawit.

3.7.2. Analisis SWOT

Alat analisis SWOT didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*Strengths*) dan peluang (*Opportunities*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*Weaknesses*) dan ancaman (*Threats*). Hasil identifikasi dan analisis SWOT untuk bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Hasil analisis SWOT bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK

Strengths	**Weakness**
1. Dibandingkan minyak nabati lainnya produktivitas sawit merupakan yang tertinggi 2. Agribisnis sawit memberikan kontribusi tinggi bagi pendapatan Negara melalui ekspor CPO (Penghasil devisa no. 3) 3. Konsumsi dalam negeri tinggi (minimal 1/3 produksi dikonsumsi dalam negeri) 4. Petani sawit menerima keuntungan antara 50-60% (biaya produksi dibandingkan nilai produksi) 5. Daya guna by product baik yang mentah (misal daun, lidi, pelepah dan batang) ataupun sisa dari pabrik. 6. Daya guna minyak sawit untuk pangan, oleokimia, energi dan beragam materi dan senyawa turunannya sangat banyak 7. Menyerap tenaga kerja tinggi (40 juta orang bekerja dalam lingkup dan ragam bisnis sawit) 8. Keberadaan lembaga yang berhubungan dengan pembangunan sawit 9. Target produksi sawit yang semakin meningkat (42 juta ton CPO pada tahun 2020) 10. Memiliki sumberdaya manusia yang banyak 11. Indonesia saat ini mengalami bonus demografi; jumlah penduduk usia kerja tinggi 12. Memiliki banyak lembaga pendidikan tinggi	1. Ekspor masih berkonsentrasi pada produk hulu belum pada produk turunan (hilirisasi masing kurang) 2. Nilai tukar petani (NTP) perkebunan daerah yang terdapat banyak perkebunan sawit tidak lebih baik dari daerah non-perkebunan sawit. 3. Dukungan permodalan (akses capital) bagi petani kecil sulit 4. Aplikasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK/ICT) “on- dan off-farm” rendah 5. Mekanisasi pada lini *on farm* dan o*ff fram* masih rendah 6. Rancang bangun teknologi inovatif untuk sawit belum banyak dilakukan 7. Sistem manajemen yang belum efektif dan memerlukan modernisasi (low cost in energy and reduced environment burden) 8. Market dan Trade yang masih terbatas 9. Specialist pada sains dan teknologi dibidang sawit masih terbatas (angkatan kerja yang skillful juga masih terbatas) 10. Menejemen sumberdaya manusia, manajemen perkebunan yang belum berbasis teknologi/modernisasi 11. Ketidakmampuan berperan signifikan pada tatanan internasional (penentuan harga, penentuan kebijakan) 12. Industri pengolahan minyak sawit hanya terdapat pada perusahaan besar

dan riset yang core businessnya terkait bidang pertanian 13. Pencapaian beberapa indikator (seperti kemiskinan, gizi dan pendidikan) pada MDGs cukup baik 14. Tersedianya data (*big data*) terkait pertanian, ekonomi, demografi dan sebagainya di Indonesia.	13. *Gender inequality* dalam perkebunan 14. Konflik terkait sumberdaya alam (lahan dan air) 15. Kebijakan yang dibuat umumnya tidak bersifat antisipatif, karena kebijakan tidak diambil dan dibuat berdasarkan fakta penemuan dan perkembangan sains dan teknologi (s*cience based policy* rendah)
Opportunities	**Threats**
1. Memiliki industri besar dan sudah komprehensif dibidang sawit swasta nasional dan internasional 2. Demand minyak sawit global terus meningkat 3. Usaha sawit dapat dikembangkan ke Negara lain (supervisi Negara lain/new emerging country) 4. Indonesia memiliki keuntungan geopolitik; memiliki daya tawar dan negosiasi tinggi 5. Pencapaian beberapa indikator seperti eredikasi kemiskinan, gizi dan pendidikan pada MDGs cukup baik, dengan demikian diperkirakan memiliki kemampuan mencapai sebahagian besar indikator SDGs dengan baik juga. 6. Memiliki network antara pelaku di sektor industri dalam dan luar negeri, juga network luas antara perguruan tinggi/pusat riset dalam dan luar negeri	1. Kompetisi antar negara produsen sawit dunia 2. Teknologi terkait hilirisasi lebih banyak dimiliki oleh Negara lain 3. Isu negatif terkait pertanaman sawit misal kehilangan hutan, degradasi keragaman hayati, dan emisi. 4. Jejak karbon dan air yang rendah pada tahapan proses dan produksi serta konsumsi (*low carbon and water footprint in processing and product as well consumption*) 5. Isu negatif terkait kesehatan; misal kanker dll. 6. Semakin banyak aturan internasional yang membelenggu "*independency*" Indonesia sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar. 7. Negosiasi perdagangan lebih dikuasai pihak internasional-karena integrasi hasil penelitian dalam negosiasi dari pihak Indonesia belum optimal.

3.7.3. Strategi Riset

Untuk dapat mengagendakan prioritas riset pada dasarnya terlebih dahulu harus dimiliki target kinerja sesuai dengan kapabilitas dan rencana strategi organisasi. Oleh karena itu diharapkan target kinerja industri sawit nasional sebagaimana disajikan pada Tabel 20. Oleh karenanya, sebagai strategi riset bagi bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK disajikan pada Tabel 21.

Tabel 20. Target kinerja industri sawit nasional

2016-2020	2021-2025	2026-2030
Produktivitas minyak sawit 4 ton per ha per tahun	Produktivitas minyak sawit 4,5 ton per ha per tahun	Produktivitas minyak sawit 5 ton per ha per tahun
Produksi 42 juta ton	Produksi 62 juta ton	Produksi 70 juta ton
Ekspor 25 juta ton	Ekspor 30 ton	Ekspor 35 ton
Meningkatkan beragam industri hilir	Meningkatkan beragam industri hilir	Meningkatkan beragam industri hilir
Meningkatkan ekspor produk hilir	Meningkatkan ekspor produk hilir	Meningkatkan ekspor produk hilir
Meningkatkan peran politik	Meningkatkan peran politik dan	Meningkatkan peran politik

dan kebijakan Indonesia didunia internasional	kebijakan Indonesia didunia internasional	dan kebijakan Indonesia didunia internasional
Peningkatan pendapatan rata-rata petani menjadi 65%	Peningkatan pendapatan petani menjadi 70%	Peningkatan pendapatan petani menjadi 80%
Meningkatkan akses petani terhadap permodalan dan teknologi	Meningkatkan akses petani terhadap permodalan dan teknologi	Meningkatkan akses petani terhadap permodalan dan teknologi
Akses petani akan land title	Akses petani akan land title	Akses petani akan land title
Menurunkan biaya tenaga kerja menjadi 30%	Menurunkan biaya tenaga kerja menjadi 25%	Menurunkan biaya tenaga kerja menjadi 15%
Menurunkan gini rasio didaerah penghasil sawit	Menurunkan gini rasio didaerah penghasil sawit	Menurnkan gini rasio didearah penghasil sawit
Meningkatkan Nilai Tukar Petani (NTP) bidang perkebunan pada daerah penghasil sawit ≥105%	Meningkatkan nilai NTP perkebunan pada daerah penghasil sawit ≥110%	Meningkatkan nilai NTP perkebunan pada daerah penghasil sawit ≥115%
Pembentukan sentra pengolahan FFB sawit basis kerakyatan, 5%	Pembentukan sentra pengolahan FFB sawit basis kerakyatan, 15%	Pembentukan sentra pengolahan FFB sawit basis kerakyatan, 30%
Integrasi TIK dalam manajemen 10%	Integrasi TIK dalam manajemen 25%	Integrasi TIK dalam manajemen 50%
Mengembangkan tool berbasis TIK (on farm tool)	Mengembangkan tool berbasis TIK (on and off-farm tool)	Mengembangkan tool berbasis TIK (on and off farm tool)
Mengembangkan 3 produk dengan kegunaan baru	Mengembangkan 6 produk dengan kegunaan baru	Mengembangkan 9 produk dengan kegunaan baru
Encounter isu lingkungan dan kesehatan, dengan target 50%	Encounter isu lingkungan dan kesehatan, dengan target 75%	Telah dapat menguasai isu yang ada, dan mampu memberikan penguatan fakta positif (kesehatan dan lingkungan) tentang sawit
Hampir tak ada mektronik	Parsial Mekatronika	Beberapa bidang manajemen sudah full Mekatronika

Tabel 21. Strategi riset bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK

STRATEGI STRENGTH-OPPORTUNITY (SO)	STRATEGI STRENGTH-THREAT (ST)
1. Mendorong riset sosial ekonomi intensif pada setiap level aktor usahatani (farm, household, village, regional, nasional dan internasional) 2. Mendorong riset automasi dan mekantronika dalam pengunaan industri sawit 3. Terkait dengan pengunaan automasi dan mekatronika perlu didorong riset pengaruhnya terhadap bisnis dan manajemen 4. Mendorong riset kebijakan ekonomi	1. Meriset ekonomi lingkungan/ekologi seperti jasa lingkungan, adaptasi dan mitigasi ekonomi lingkungan, sertifikasi, eko label pada produk dsbnya, untuk menangkal isu negatif terhadap pengembangkan sawit 2. Meriset kepemilikan lahan dan struktur sosial budaya 3. Mengkaji topic-topik terkait peran dan kapabilitas lembaga dalam mendorong industri sawit
STRATEGI WEAKNESS-OPPORTUNITY (WO)	**STRATEGI WEAKNESS-THREAT (WT)**
1. Mendorong riset terkait dengan struktur petani sawit di Indonesia dan kemungkinan menjadikannya korporasi petani sawit. 2. Mendorong riset peranan sawit dalam	1. Mendorong riset terkait pasar dan pemasaran internasional 2. Mengembangkan riset manajemen sumberdaya manusia, transportasi dan logistik

mencapai beragam tujuan Sustainable Development Goals (SDGs) seperti kemiskinan, nutrisi, lingkungan, dan kesehatan 3. Meneliti struktur dan skema pembiayaan pengembangan sawit yang efisien 4. Meneliti dan mengembangkan automasi informasi terkait usahatani bagi petani dan dunia usaha	3. Mendorong kerjasama riset cooperate dengan institusi riset dan univeristas dalam negeri, dan dengan luar negeri. Melakukan studi klinis pengaruh konsumsi produk pangan dan fitonutrien sawit terhadap kesehatan.

3.7.4. Diagram Roadmap

Penyusunan diagram roadmap bidang Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar dan TIK ditujukan untuk mengelompokkan secara sistematis riset-riset yang menjadi prioritas pada jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Sebagai indikator atau parameter keberhasilan riset bidang Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar dan TIK yaitu: (1) Bursa CPO pada tahun 2020 dari Rotterdam pindah ke Jakarta, (2) Aplikasi nirkabel (mobile application) pada tahun 2020 mencapai 10 program, tahun 2025 mencapai 30 program, dan tahun 2030 mencapai 50 program, (3) Peningkatan income per kapita masyarakat di sekitar perkebunan pada tahun 2020 mencapai minimal 15 persen, tahun 2025 minimal 20 persen dan tahun 2030 minimal 25 persen, masing-masing dari periode sebelumnya, (4) Inovasi replanting, model kemitraan dan kelembagaan pada tahun 2020 mencapai 20 buah, tahun 2025 mencapai 30 buah, dan tahun 2030 mencapai 40 buah, dan (5) Inovasi sistem informasi dan database pada tahun 2020 mencapai 10 buah, tahun 2025 mencapai 15 buah, dan tahun 2030 mencapai 20 buah.

Tema riset utama bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK adalah sebagai berikut:

a. Pengembangan model peremajaan kebun sawit rakyat dalam kaitannya dengan peningkatan pendapatan petani dan pengembangan ekonomi daerah penghasil sawit,
b. Pengkajian model kemitraan plasma inti untuk kebun dan pabrik yang saling menguntungkan.
c. Penguatan kelembagaan petani dan industri sawit rakyat untuk meningkatkan daya saingnya
d. Pengembangan indikator untuk standarisasi, labelisasi, sertifikasi, dan regulasi terkait industri sawit, konsumen minyak sawit, dan stakeholders.
e. Pengembangan sistem informasi dan pengelolaan database perkebunan dan industri sawit.
f. Pengembangan teknik pemasaran, advokasi dan promosi produk sawit
g. Pengembangan sumberdaya manusia dan manajemen bisnis sawit.
h. Pengembangan perangkat lunak, sistem dan jaringan informasi berbasis mobile aplikasi untuk bisnis sawit

Untuk mencapai indikator kinerja tersebut, maka riset prioritas bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK disajikan pada Tabel 22. Roadmap riset bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK disajikan pada Gambar 22.

Tabel 22. Riset prioritas bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK

2016 – 2020	2021 – 2025	2026 – 2030
Sosial ekonomi		
Menanfaatkan data tersedia (*Big data*) untuk mencari kontribusi industri sawit: - Indeks kemiskinan - Gini rasio - Indeks pembangunan - Indeks kesehatan - Indeks Pendidikan - Indeks lingkungan - Indeks pembangunan manusia (IPM) - Indeks pemakaian teknologi - Daya beli	Permodelan ekonomi dan lingkungan- dan lainnya (multiparameters)	Validasi dan pemuktakhiran permodelan
Riset terkait ekonomi kesehatan	Riset bioekonomi dan ekonomi kesehatan	Riset bioekonomi dan ekonomi kesehatan
Life cycles impact assessment Sawit	*Life cycles impact assesment* sawit dan tanaman lainnya	*Life cycles impact assessment* dan tatanan kehidupan masyarakat
Riset terkait model cost-benefit *(on farm*)	Riset terkait model cost-benefit (*on & off farm*)	Riset terkait model *cost-benefit* (*off farm*)
Skema subsidi dan pajak	Skema subsidi dan pajak	Skema subsidi dan pajak
Sosial dan budaya petani sawit dan hubunganya terhadap kapasitas petani	Individual petani dan kemungkinan korporasi baru	
Manajemen		
Riset tentang nilai efisiensi beberapa skenario struktur organisasi dan etika bisnis	*E-commerce management*	*E-commerce management*
Riset manajemen resiko dari tingkat petani hingga nasional dan internasional		
Best management practices pada beragam *business cycles* ataupun *life cycles* Sawit		
Riset terkait bisnis dan manajemen infrastruktur	Riset manajemen rantai pasok	Riset tentang resiko teknologi
Riset tentang data bisnis dan manajemen		
Riset terkait sumberdaya manusia (efisiensi, *skill mapping* dan sebagainya)	Sumberdaya mekatronik dan manajemen baru dalam sumberdaya	
Riset tentang manajemen distribusi		
Riset integrasi TIK dalam manajemen		
Bisnis dan manajemen		
Riset terkait dengan tata cara dan lembaga penentuan harga	Riset terkait dengan tata cara dan penentuan harga	

sawit	sawit didunia internasional	
Riset terkait *customer behavior*	Riset terkait *customer behavior*	Riset terkait *customer behavior and intelligency*
Riset terkait *new market*	Riset terkait *global market trend*	Riset terkait *specific market* dan *high added value product*
Riset terkait *competitiveness* produk sawit Indonesia	*E-commerce* dan *virtual-commerce* dan kebijakan	
Riset terkait kebijakan pasar dalam negeri; pajak dan sebagainya	Riset terkait kebijakan pasar dalam negeri dan internasional; pajak dan sebagainya	Riset terkait kebijakan pasar dalam negeri dan internasional; pajak dan sebagainya
Riset terkait Kemampuan mengadopsi teknologi dan antisipasi teknologi baru (*technology adoption and respond to emerging technology*)	Riset terkait Kemampuan mengadopsi teknologi dan antisipasi teknologi baru (*technology adoption and respond to emerging technology*)	
Teknologi Informasi dan Komunikasi		
e-tools penyedia informasi bagi petani	Sensor multiparameter (pemantauan elektronik)	*Biomimic technology*
	On-line monitoring realtime on farm misal status kesuburan, status air	*Long distance harvest technology*
Bioinformatik dan modeling (*simulation technigues*)	Automasi response software misal dalam pembibitan, pemupukan, pemanenan	Mekatronika
E-manajemen (operasional, sumberdaya manusia hingga distribusi)	*Artificial intelligent*	*Artificial intelligent*
Tools dan mesin pasca panen	Tools dan mesin pasca panen	

<table>
<tr><th colspan="5">Bidang Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, dan Teknologi dan Informasi (TIK)</th></tr>
<tr><th>Obyek</th><th>2016 - 2020</th><th>2020 - 2025</th><th>2025 - 2030</th><th>Pelaku</th></tr>
<tr><td>Pasar</td><td colspan="3">✓ Berkontribusi pada status SDGs (kemiskinan, nutrisi, pertumbuhan ekonomi, industri dan infrastruktur, kesenjangan dan lingkungan)
✓ Model bisnis dan manajemen yang efektif dan efisien
✓ Automasi melalui TIK dan Mekatronika
✓ Pasar dan pemasaran baru
✓ Rekomendasi kebijakan</td><td>Masyarakat, perusahaan, pemerintah dan dunia internasional.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Teknologi</td><td>Kajian status ekonomi pada tingkat rumah tangga hingga internasional terkait kontribusi sawit</td><td>Modelling bidang ekonomi dan lingkungan - faktor parsial</td><td>Modelling bidang ekonomi dan lingkungan - faktor kompleks</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Kajian daya saing usahatani sawit</td><td>Kajian daya saing usahatani sawit dengan cakupan</td><td></td></tr>
</table>

		internasional		
	Kajian automasi informasi kepada petani untuk efisiensi dukungan ketepatan produksi	Kajian automasi pemasaran dan e-banking pada tingkat petani		Perusahaan (institusi riset industri), institusi riset pemerintah dan swasta, perguruan tinggi dalam dan luar negeri
	Kajian permodalan petani dan kemungkinan koorporasi petani	Kajian ekonomi korporasi petani dalam memproses minyak sawit dan produk sawit lainnya		
	Kajian kelembagaan bisnis dan manajemen	Kajian kelembagaan bisnis dan manajemen dengan sampling yang lebih luas	Kajian kelembagaan dan bisnis dengan faktor yang lebih kompleks (misalnya integrasi kebijakan dsbnya)	
	Kajian customer behavior	Kajian customer behavior dengan cakupan wilayah yang lebih luas	Kajian customer behavior international terhadap produk minyak dan turunan sawit	
	Kajian konsep best management on farm	Kajian konsep best management off farm	Kajian best practices management (new concept)	
	Kajian risk manajemen	Kajian risk manajemen dengan faktor yang lebih kompleks		
	Riset kebijakan dalam dan luar negeri	Riset kebijakan dalam dan luar negeri	Riset kebijakan dalam dan luar negeri	
	Kajian manejemen infrastruktur on dan off farm	Kajian manajemen infrastruktur export	Kajian manajemen infrastruktur export	
	Kajian automasi (e-tools) dan mekanisasi pertanian termasuk kemampuan adaptasi dan dampak yang akan terjadi	Kajian automasi dan mekatronika	Mekatronika usahatani sawit	

Litbang	Pengembangan Riset terapan terus menerus yang mencapai target pasar yang diinginkan	
Sumberdaya	✓ Perencanaan sumberdaya manusia nasional dan kerjasama internasional ✓ Perencanaan financial nasional dan kerjasama nasional ✓ Kebijakan riset : perijinan, HAKI, dan publikasi ✓ Kebijakan pengelolaan data dan informasi	

Gambar 22. Roadmap riset bidang sosial ekonomi, bisnis dan manajemen, pasar dan TIK

V. PENUTUP

Roadmap Riset Sawit Indonesia tahun 2016-2030 difokuskan pada 7 (tujuh) bidang yaitu (1) Budidaya, (2) Pascapanen dan Pengolahan, (3) Pangan dan Kesehatan, (4) Bioenergi, (5) Oleokimia dan Biomaterial, (6) Lingkungan dan (7) Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar dan Teknologi Informasi dan Komunikasi. Melalui serangkaian kegiatan focus group discussion (FGD) dengan para nara sumber dan pakar di bidang terkait yang berasal dari perguruan tinggi, lembaga penelitian pemerintah dan swasta, industri, dan instansi pemerintah, dihasilkan tema riset prioritas untuk masing-masing bidang, sebagai berikut :

1. Bidang Budidaya
    a. Pengembangan teknik persiapan lahan yang ramah lingkungan
    b. Pengembangan bahan tanaman sawit untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan terhadap Ganoderma, toleransi terhadap biotik dan abiotik.
    c. Pengembangan sistem pengelolaan perkebunan sawit yang efisien dan efektif (*precision agriculture*)

2. Bidang Pascapanen dan Pengolahan
    a. Pengembangan alat panen, sortasi/grading dan transportasi yang ergonomis, efisien, efektif dan ramah lingkungan
    b. Pengembangan metode analisis cepat (*rapid analysis*) dan *tool kits* untuk menentukan kualitas TBS dan minyak.
    c. Pengembangan teknologi PKS inovatif yang mampu mengurangi kehilangan minyak (*oil losses*), meningkatkan mutu minyak, menurunkan biaya produksi, meningkatkan efisiensi energi dan ramah lingkungan

3. Bidang Pangan dan Kesehatan
    a. Pengembangan teknologi dan produk pangan berbasis minyak sawit dan minyak inti sawit yang berdaya saing terutama dalam hal: (1) memenuhi standar keamanan pangan dan kesehatan, dan (2) lebih efisien kemasan, transportasi, dan logistiknya.
    b. Peningkatan pemanfaatan komponen gizi dan fitokimia minyak sawit, minyak inti sawit, dan produk samping industri sawit sebagai bahan untuk *functional oil*, produk pangan fungsional, nutrasetikal, dan farmasetikal.
    c. Pengembangan teknologi proses modifikasi enzimatik pada minyak dan lemak untuk menghasilkan lemak terstruktur.
    d. Peningkatan peran minyak sawit dan produk turunannya untuk perbaikan status kesehatan konsumen.

4. Bidang Bioenergi
    a. Peningkatan efisiensi teknologi biogas dari POME dan pemanfaatannya untuk pembangkit listrik tenaga biogas dan produksi biometan.
    b. Pengembangan teknologi pemurnian biogas menjadi biometan (biogas upgrading to biomethane) dan pemanfaatannya sebagai bahan bakar kendaraan dan keperluan lain.
    c. Pengembangan teknologi produksi bioetanol selulosa dari limbah padat sawit.
    d. Peningkatan mutu bahan-bakar produk biodiesel dan aspek hemat-biaya dari teknologi produksi biodiesel.
    e. Pengembangan teknologi produksi biohidrokarbon dari minyak sawit dan limbah padat sawit
    f. Pengembangan teknologi produksi syngas, bio-oil dan bio-char dari limbah padat sawit.

5. Bidang Oleokimia dan Biomaterial
    a. Pengembangan produk turunan oleokimia dan aplikasinya yang bernilai tambah tinggi dengan fokus pada lima kategori produk utama, yakni surfaktan, emulsifier, agro-chemical, biolubrikan, dan biopolymer.
    b. Pengembangan metode dan uji toksikologi dan ekotoksikologi produk-produk oleokimia dan turunan oleokimia.
    c. Pengembangan teknologi dan produk biomaterial sawit serta aplikasinya untuk produk-produk baru yang berdaya tahan lebih tinggi, prospektif dan berkelanjutan
    d. Pengembangan bahan kimia pensubstitusi produk berbasis minyak bumi dan teknologi proses produksinya.

6. Bidang Lingkungan
    a. Pengembangan metode dan teknologi pengelolaan keanekaragaman hayati yang praktis dapat diterapkan di wilayah perkebunan sawit.
    b. Pengembangan teknologi pengelolaan jasa lingkungan, hidrologi, jejak karbon (*carbon footprint*), jejak air (w*ater footprint), dan c*adangan karbon (c*arbon stock*).
    c. Pengembangan teknologi pengelolaan limbah dan reduksi emisi GRK.
    d. Pengembangan model life cycle assessment (LCA) dan rantai pasok (supply chain) industri sawit dan turunannya.
    e. Pengembangan dan aplikasi best practice penanaman sawit di lahan gambut
    f. Pengembangan teknologi pencegahan dan penanggulangan kebakaran lahan yang efisien, efektif dan berkelanjutan.

7. Bidang Sosial Ekonomi, Bisnis dan Manajemen, Pasar dan Teknologi Informasi dan Komunikasi

a. Pengembangan model peremajaan kebun sawit rakyat dalam kaitannya dengan peningkatan pendapatan petani dan pengembangan ekonomi daerah penghasil sawit,
b. Pengkajian model kemitraan plasma inti untuk kebun dan pabrik yang saling menguntungkan.
c. Penguatan kelembagaan petani dan industri sawit rakyat untuk meningkatkan daya saingnya
d. Pengembangan indikator untuk standarisasi, labelisasi, sertifikasi, dan regulasi terkait industri sawit, konsumen minyak sawit, dan stakeholders.
e. Pengembangan sistem informasi dan pengelolaan database perkebunan dan industri sawit.
f. Pengembangan teknik pemasaran, advokasi dan promosi produk sawit
g. Pengembangan sumberdaya manusia dan manajemen bisnis sawit.
h. Pengembangan perangkat lunak, sistem dan jaringan informasi berbasis mobile aplikasi untuk bisnis sawit.

Riset-riset sebagaimana diuraikan dalam roadmap ini dapat menghasilkan metode, prosedur, teknik, pemodelan, produk, paket teknologi, kebijakan, HKI, publikasi, dan lainnya. Hasil-hasil tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan dan diimplementasikan oleh para pemangku kepentingan sawit nasional. Tujuan akhir dari implementasi hasil-hasil riset adalah untuk mewujudkan industri sawit Indonesia yang ramah lingkungan dan berkelanjutan demi tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDGs).

DAFTAR PUSTAKA

Abdulkarim, S.M.; K. Long; O.M. Lai; S.K.S Muhammad; H.M. Ghazali. 2007. Frying qualityand stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. Food Chemistry 105 : 1382-1389.

Abdurahman *N.H., Y.M. Rosli and N.H. Azhar. 2013. The performance evaluation of anaerobic* methods *for palm oil mill effluent (POME) treatment: A Review, p.87-106, in International Perspectives on Water Quality Management and Pollutant Control. InTech, Croatia*

Breton, F., Hasan, Y., Hariadi, S., Lubis, Z., & De Franqueville, H. (2006). Characterization of *parameters* for the development of an early screening test for basal stem rot tolerance in oil palm progenies. *J. Oil Palm Res*,*2006*, 24-36.

Breton, F., M. Rahmaningsih, Z. Lubis, I. Syahputra, U. Setiawati, A. Flori, R. Sore, J.C. Jacquemard, B. Cochard, S. Nelson, T.D. Gasselin, H.Franqueville. 2010. Evaluation of resistance/susceptibility level of oil palm progenies to basal stem rot disease by the use of an early screening test, relation to field observation. 2010. *Proceeding International Oil Palm Conference (IOPC) 2010: Transforming Oil Palm Industry. pp351-376*

British Petroleum. 2016. Statistical review of world energy, ed-65th. bp.com/statistical review

Chavalparit O, Rulkens WH, Mol APJ, Khaodhair S. 2006. Options for environmental sustainability of the crude palm oil industri in thailand through enhancement of industrial ecosystems. *J Env Dev Sust*. 8:271-287.doi: 10.1007/s10668-005-9018-z

Direktorat Jenderal Perkebunan. 20015. Statistik Perkebunan Indonesia: 2014-2016 Sawit. Jakarta.

Ebong, PE., D,E. Owu, and E.U. Isong. 1999. Influence of palm oil (*Elaesis guineensis*) on health. Plant Foods for Human Nutrition 53 : 209 – 222.

Edem, D.O. 2002. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. Plant Foods for Human Nutrition 57: 319–341.

Fairhurst, T., Rankine, I., Kerstan, A. G., McAleer, V., Taylor, C., & Griffiths, W. (2003). A Conceptual Framework for precision Agriculture in oil palm plantations. *Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields, PPI-PPIC-IPI*, 321-332.

Health Focus International. 2016. Healthier brands for a healthier business, Food and Drink Summit, Florida USA, Mar 17, 2016.

Hui YH. 1996. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products.* 5th Edition. Volume 1–5. New York: John Wiley & Sons, Inc

International Energy Agency. 2015. EIA Statistic, 2015 ed.

Junianto, YD., D. Rakhmad, Y. Indra, Nursiddik, dan S. Wanasuria. 2015. Studi Pemanfaatan UAV (Unmaned Aerial Vehicle) untuk monitoring kerusakan daun sawit oleh hama ulat api. Prosiding Pertemuan Teknis Sawit 2015:

Aplikasi Teknologi Terkini pada Industri sawit. Hal 141-150.

Kementerian Lingkungan Hidup, 1997. Agenda 21 Indonesia. Jakarta

Kementerian Lingkungan Hidup, 2004. Rencana Tindak Pembangunan Berkelanjutan : Indikator

Keberhasilan, Program dan Kegiatan. Jakarta

Keppres No 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung

[KLH] Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2009. Pedoman Pemanfaatan dan Pengolahan Limbah Sawit. Jakarta (ID): KLH.

K-BUMN. 2014. http://www.bumn.go.id/ptpn5/berita/11206/Ini.Sebaran.Pabrik.Kelapa.Sawit.di.Indonesia

Koushki, M, M. Nahidi, and F. Cheraghali. 2015. Physico-chemical properties, fatty acid profile, and nutrition in palm oil. J. of Paramedical Sci 6:3, 117-134.

Kritchevsky, D.; Tepper, S.A.; Czarnecki, S.K.; Sundram, K. 2002. Red palm oil in experimental atherosclerosis. Asia Pacific J. Clin. Nutr. 11, S433–S437.

Liu Yeting. 2011. Palm oil in food application : Modifications, challenges, and innovative approaches. PIPOC Kuala Lumpur, 15-17 November 2011.

Mancini, A., E. Imperlini, E. Nigro, C. Montagnese, A. Daniele, S. Orru, and P. Buono. 2015. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: Effects on health. Molecules 20, 17339-17361.

Menteri Negara Sekretaris Negara RI, 1997. Undang-undang RI Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan, Jakarta

Mu, Huiling and C.E. Hoy. 2000. Effects of different medium-chain fatty acids on intestinal absorption of structured triacylglyverols. Lipids, 35 (1) : 83-88.

Mukherjee, S. and A, Mitra. 2009. Health Effects of Palm Oil. J. Hum Ecol, 26(3): 197-203.

Ong, A.S.; Goh, S.H. 2002. Palm Oil: A healthful and cost-effective dietary component. Food Nutr. Bull. 23, 11–22.

Quah, Sk., and D. Gillies. 1981. Practical experience in production and use of biogas. Proceeding *of National Workshop on Oil Palm By-product. Utilizatiom. PORIM. Pp.119-125*

Purwanto W. dan G. P. Srikandi.. 2015. Keekonomian BBN dan kebijakan. Dalam: Peta Litbang Bahan *Bakar Nabati: Menuju Mandiri Energi. Soerawidjaja, T.H. dan D. Kusdiana. eds. Bogor: IPB Press. pp. 225-242*

Renaud, S.C.; Ruf, J.C.; Petithory, D. 1995. The positional distribution of fatty acids in palm oil and lard influences their biologic effects in rats. J. Nutr. 125, 229–237.

Sambanthamurthi, R.; Sundram, K.; Tan, Y.A. 2000. Chemistry and biochemistry of Palm Oil. Prog. Lip. Res. 39, 507–558.

Saumita B., S. Mudliar*, R. Sen, B. Giri, D. Satpute, T. Chakrabarti, dan R. A. Pandey. 2010. Commercializing Lignocellulosic Bioethanol: Technology Bottlenecks and Possible Remedies. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 4 (1): 77–93. doi:10.1002/bbb.188*

Siregar, H.H. 2006. Peranan ilmu iklim pada masa kini dan mendatang bagi pertanaman sawit. Warta PPKS Vol 14(2): 21 - 30

Subagjo dan H. Mustika. 2015. Teknologi produksi biohidrokarbon melalui deoksigenasi minyak nabati. Dalam: Peta Litbang Bahan Bakar Nabati: Menuju Mandiri Energi. Soerawidjaja*, T.H. dan D. Kusdiana. eds. Bogor: IPB Press. pp. 173-189*

Subagjo dan Budiyanto. 2015. Teknologi produksi biohidrokarbon melalui perengkahan minyak nabati. Dalam: Peta Litbang Bahan Bakar Nabati: Menuju Mandiri Energi. Soerawidjaja, T.H. dan D. Kusdiana. eds. Bogor: IPB Press. pp. 191-204

Susanto, A., P. S. *Sudharto*, and R. Y. Purba. 2005. Enhancing biological control of basal stem rot disease (Ganoderma boninense) in oil palm plantations. *Mycopathologia* 159 (1): 153-157.

Susanto, A., H.Y. Rahmadi, H. Priwiratama, Y. Yenni, E. Suprianto dan A.R. Purba. 2011. Seleksi ketahanan berbagai persilangan kelapa sawit terhadap Ganoderma *boninense*. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit 19 : 43-53.

Totok, S and A. Sugandi. 2014. Application of remote sensing and GIS based technology for oil palm thinning. Proceedings International Oil Palm Conference 2014: Green Palm Oil for Food Security and Renewable Energy. 17-19 June 2014. pp202-209

The Commision of the European Communities. 2006. Commision Regulation (EC) No. 1881/2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.

UU No 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air

Utomo, C., Werner, S., Niepold, F., & Deising, H. B. 2005. Identification of Ganoderma, the causal agent of basal stem rot disease in oil palm using a molecular method. *Mycopathologia*, *159*(1), 159-170.

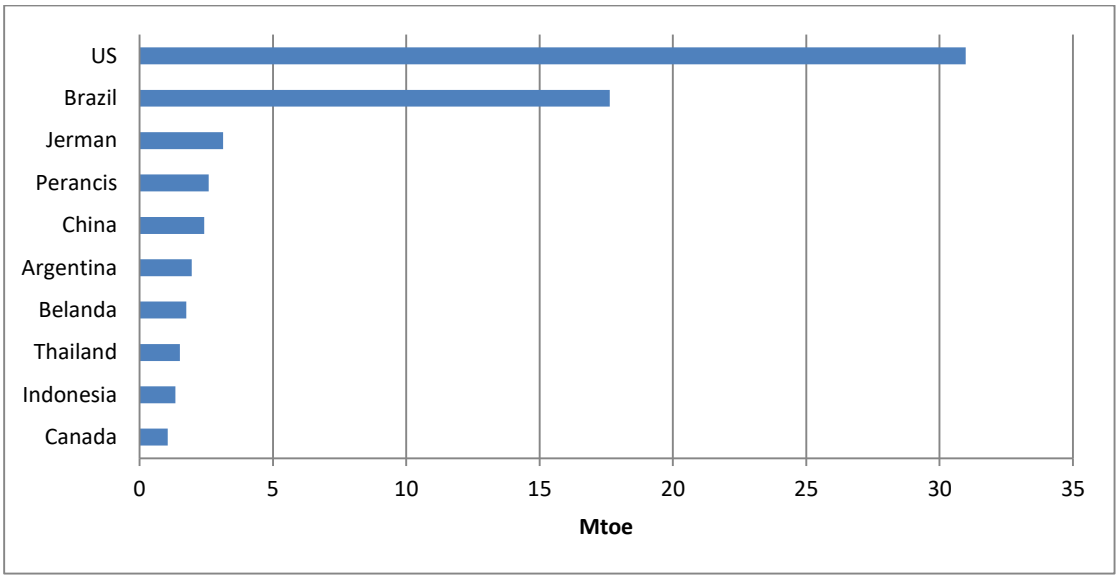
Virdiana, I., Hasan, Y., Aditya, R., & Flood, J. 2010. Testing the effects of oil palm replanting practices (windrowing, fallowing and poisoning) on incidence of Ganoderma. *Proceeding International Oil Palm Conference (IOPC) 2010: Transforming Oil Palm Industry. pp337-342*

Virdiana, I., J. Flood, B. Sitepu, Y. Hasan, R. Aditya dan S. Nelson. 2012. Integrated disease management to reduce future *Ganoderma* infection during oil palm replanting. Planters 88. p383-393.Wiratmoko, D dan H. Santoso. 2015. Pemanfaatan integrasi pengindraan jauh dan sistem informasi geografi dalam kegiatan survey dan pemetaan perkebunan sawit. Prosiding Pertemuan Teknis Sawit 2015: Aplikasi Teknologi Terkini pada Industri sawit. Hal 228-236.

Wiratmoko, D. 2016. Aplikasi Drone dan Camera Hyperspectral untuk identifikasi tanaman sawit yang terserang penyakit busuk pangkal batang (Ganoderma boninense). Focus Group Discussion Ganoderma, Badan Pengelola Dana Perkebunan Sawit. Bogor, 24-25 Mei 2016.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Sepuluh negara penghasil biofuel terbesar dunia tahun 2015 (British Petroleum)



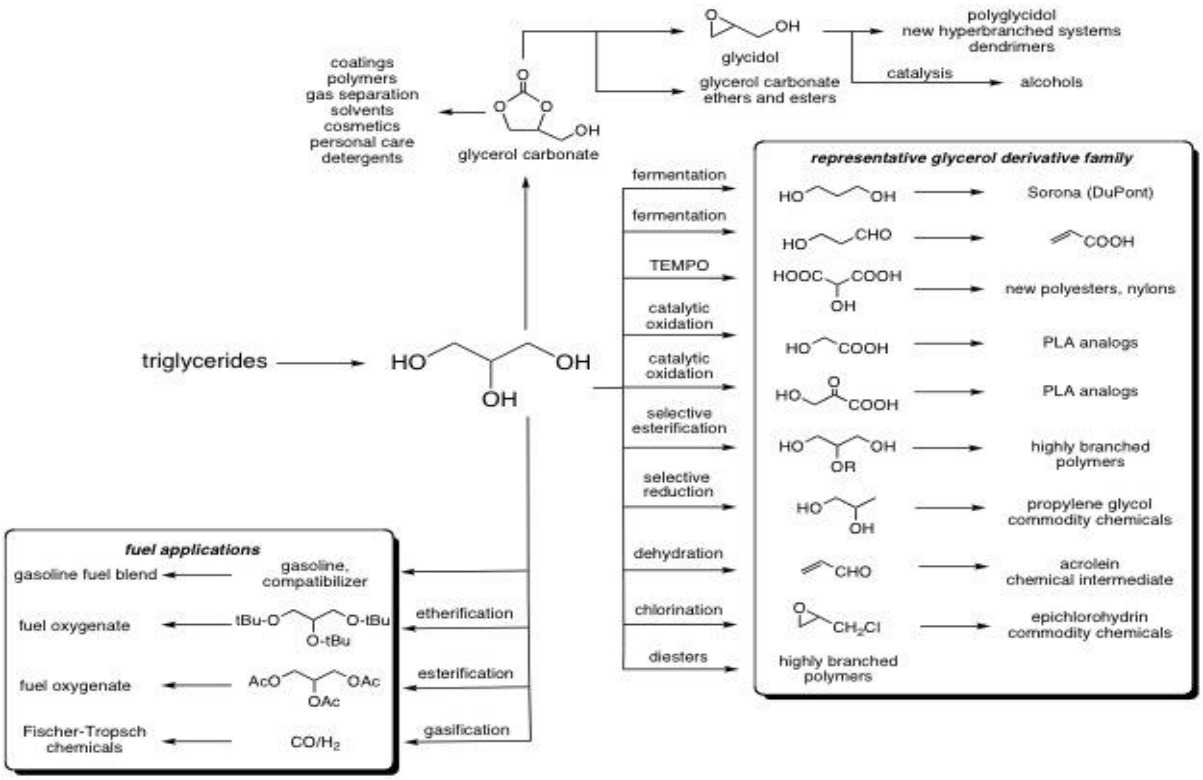
Lampiran 2. Teknologi proses produksi oleokimia dan aplikasinya pada berbagai industri.

Produk Oleokimia	Proses	Pemanfaatan
Fatty Acid	Splitting, distilasi sederhana atau distilasi fraksional	Penggunaan langsung : *Rubber processing*, lilin, kosmetika.
		Produk turunan : MCT, sabun, sabun metalik.
		Merupakan produk intermediet untuk produk oleokimia lainnya, yakni *fatty alcohol, fatty ester, fatty amine.*
Fatty ester	Transesterifikasi Esterifikasi	Surfaktan dan emolien untuk deterjen, tekstil, kosmetik, farmasitikal, plastik.
		Solven dan bahan penolong pada *agro-chemicals.*
		Pelumas dan *grease.*
		Nanoemulsi untuk pertanian dan industri.
Fatty Alcohol (Fatty alcohol ether sulphates/FAES, fatty alcohol sulphates/FAS, methyl ester sulphonate/MES)	Hidrogenasi dengan katalis Cu-Cr	Surfaktan industri anionik (FAS, FAES, MES) dan non-ionik (FAME, APG) untuk produk *personal care* dan *cleaning* /kebersihan
		Supresor evaporasi air pada daerah kering.
		Emulsifier pada tekstil.
Fatty Amine	Reaksi *fatty acid* dengan ammonia menggunakan katalis metal oxide. Hidrogenasi untuk *primary, secondary, dan tertiary amines. Secondary dan tertiary amines* merupakan bahan baku untuk *quarternary ammonium compounds (QUATS)*	*Fatty amine primary :* aditif *lubricants, fuel,* dan *gasoline; corrosion inhibitor; floatation agents untuk concentrating lower grade phosphate rock; collectors of mica silica; hard rubber, mould, release agent; agents for reclaiming natural and synthetic rubber.*
		Fatty amines secondary : ingredients various textile aids; stabilizers untuk *trioxane coplolymer.*
		Fatty nitriles : synthetic fibres, textiles auxiliaries, production of fatty amides.
		Fatty amides : water repellent agents, foam stabilizers, additives in rubber compounding.
		QUATS sebagai *fabric* dan *hair conditioner.*
		Trifatty amines : recovery of metals
		Imidazolines : intermediate for amphoteric surfactant, cationic surfactant.
Gliserol/Gliserin	Produk samping dari proses splitting, transesterifikasi, dan saponifikasi, yang kemudian dipurifikasi	Sebagai solven atau *carrier* obat pada produk farmasitikal, humektan pada kosmetika dan tembakau, a*nti-freeze or heat transfer agents, plastisizer/ stabilizer for less polar polymers,* dll

Lampiran 3. Kebutuhan informasi standar REACH (*registration, evaluation, authorization, and restriction of chemicals*) EU

Sifat Fisiko-kimia	Informasi Toksikologi OECD-GLP	Informasi Ekotoksikologi OECD-GLP
Stabilitas dalam pelarut organik dan identitas produk degradasi terkait	Toksisitas pada kulit	Biodegradasi di air
Konstanta disosiasi	Toksisitas oral	Bioakumulasi : akuatik/sedimen
Viskositas	Toksisitas inhalasi	Adsorpsi / desorpsi
Densitas relatif	Iritasi pada kulit	Toksisitas jangka panjang pada ikan
Titik leleh	Iritasi pada mata	Toksisitas jangka pendek pada invertebrata akuatik
Titik uap	Sensitisasi	Toksisitas pada alga akuatik dan cyanobacteria
Kelarutan dalam air	Toksisitas dosis berulang pada kulit	Toksisitas sedimen
Tekanan uap	Toksisitas dosis berulang pada inhalasi	Toksisitas pada mikroorganisme tanah (jangka pendek dan panjang)
Titik Nyala	Karsinogenitas	Toksisitas pada burung
Flammability	Toksisitas terhadap reproduksi	
Suhu self-ignition	Developmental toxicity / teratogenitas	
Sifat eksplosif		
Pengaruh terhadap tegangan permukaan		
Sifat oksidasi		
Granulometri		
Koefisien Partisi		
Bentuk pada 20°C dan 101.3 kPa		

Lampiran 4. Beragam ide pengembangan gliserol (new glycerine platform) (http://bioweb.sungrant.org)



Lampiran 5. Beberapa ide pemanfaatan abu sawit

