

# TEKNOLOGI PRODUKSI BIODIESEL



Hesty Heryani

Lambung Mangkurat University Press, 2018

Teknologi Produksi Biodiesel

Hesty Heryani  
Universitas Lambung Mangkurat

# **TEKNOLOGI PRODUKSI BIODIESEL**

**Hesty Heryani**



# **TEKNOLOGI PRODUKSI BIODIESEL**

**Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang.**

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit, kecuali untuk kutipan singkat demi penelitian ilmiah atau resensi.

Diterbitkan oleh:

Lambung Mangkurat University Press, 2018

d/a Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan ULM

Lantai 2 Gedung Perpustakaan Pusat ULM

Jl. Hasan Basri, Kayutangi, Banjarmasin, 70123 Telp/Fax. 0511-3305195

ANGGOTA APPTI (004.035.1.03.2018)

viii + 92 hlm, 15,5 x 23 cm

Cetakan Pertama, Januari 2019

ISBN : 978-602-6483-86-7

## HALAMAN PERSEMBAHAN ATAU SEMBOYAN

Efek buruk jangka panjang yang menghancurkan dari cadangan bahan bakar fosil yang terbatas, emisi industri & otomotif dan gas rumah kaca telah memusatkan perhatian para pembuat kebijakan dan lainnya di seluruh dunia untuk mencari sumber energi alternatif. Produksi biofuel global terus meningkat dan akan terus meningkat meskipun terjadi perlambatan finansial. Nilai pasar biofuel dunia kemungkinan akan mencapai CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) sekitar 14,7% selama 2006-2016. Pesatnya perkembangan industri biodiesel global telah diamati dengan cermat oleh negara-negara yang tertarik untuk merangsang pertumbuhan ekonomi, memperbaiki lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada minyak impor

Biodiesel adalah bahan bakar yang diproduksi dari minyak alami dan lemak. Bahan bakunya adalah minyak nabati seperti minyak lobak, minyak bunga matahari, minyak kelapa sawit, minyak jarak, dan juga produk sampingan seperti lemak hewan, minyak goreng bekas dan minyak dari pemisah minyak yang diubah menjadi produk biodiesel yang bernilai tambah. Selain keseimbangan CO<sub>2</sub> yang dioptimalkan, bahan bakar ini dapat disempurnakan dengan bantuan teknologi pemisahan yang tepat sehingga sesuai dengan standar kualitas yang paling berlaku.

Biodiesel digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel konvensional, yang mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil. Tergantung pada asal dan kualitas bahan baku, ada berbagai proses produksi. Biodiesel diproduksi ketika trigliserida, yang merupakan komponen utama minyak alami dan lemak, diubah menjadi ester asam lemak. Reaksi transesterifikasi ini terjadi melalui katalis dan penambahan alkohol (metanol). Produk-produk dari reaksi transesterifikasi, seperti ester asam lemak (biodiesel, umumnya metil ester) dan gliserin, dimasukkan melalui berbagai tahap proses untuk membuatnya sesuai dengan kemurnian yang diperlukan.

## KATA PENGANTAR

Penganekaragaman energi selain energi berbasis fosil dalam penyediaan energi nasional adalah energi berbasis bahan nabati (biodiesel). Biodiesel merupakan energi terbarukan dan ramah lingkungan yang dioptimalkan sebagai bauran energi secara global. Produksi biodiesel terus berkembang, pada tahun 2009 produksi biodiesel sebesar 190 ribu kilo liter meningkat 17 kali lipat menjadi 3,3 juta kilo liter pada tahun 2014. Produksi biodiesel 51% dikonsumsi dalam negeri dan sisanya diekspor. Penggunaan biodiesel untuk konsumsi dalam negeri dapat menghemat devisa US\$ 1,23 miliar. Pada tahun 2015 industri biodiesel menghasilkan gliserol sebesar 150.000 kilo liter, yang diperkirakan target tahun 2025 akan menjadi tiga kali lipat dari tahun 2010 yaitu sebesar 470.000 kilo liter.

Dalam memilih sumber minyak nabati yang potensial sebagai bahan baku biodiesel, ada tiga kriteria yang harus dipenuhi, yaitu : (1) tanaman tersebut merupakan kekayaan hayati asli negara yang bersangkutan, (2) dapat dibudidayakan dengan mudah di negara tersebut, dan (3) pemanfaatan minyak tersebut sebagai bahan baku tidak menyebabkan terjadinya konflik dengan penyediaan untuk kebutuhan pangan dan produk-produk penting lainnya. Berdasarkan kriteria tersebut, di Indonesia tanaman berpotensi dikembangkan untuk bahan baku biodiesel atau biofuel adalah kelapa sawit, nyamplung, mimba dan ubi/singkong karet.

Biodiesel mempunyai sifat fisik yang mirip dengan solar biasa sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi. Dalam penentuan proses pembuatan biodiesel kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid / FFA*) merupakan faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel yang akan dilakukan dengan menggunakan proses transesterifikasi, esterifikasi atau kombinasi esterifikasi-transesterifikasi. Spesifikasi biodiesel murni disesuaikan dengan Standar Amerika ASTM PS 121-99, Standar Eropa EN 14214-2003 dan Standar Nasional Indonesia SNI 04-7182-2006.

Standar Proses Produksi Biodiesel berdasarkan studi kasus di PT. E ada beberapa unit produksi yang memiliki fungsi dan tujuannya adalah *oil drying unit*,

*transesterification unit, glycerine separation unit, final methylester glycerine centrifugation unit, cooling biodiesel unit, maturation tank, final methylester clarification unit, dan storage tank.* Dalam produksi biodiesel, ada lima jenis reaktor yang digunakan yaitu (1) reaktor batch, (2) reaktor aliran semi kontinu, dan (3) reaktor biodiesel ultrasonik, (4) reaktor superkritis, (5) *static mixers* (6) destilasi reaktif.

Biodiesel yang meninggalkan pabrik produksi dalam kondisi baik dapat menjadi tidak dapat diterima selama distribusi tanpa perawatan dan perhatian yang tepat. Biodiesel dapat menurun karena oksidasi, kontak dengan air, dan aktivitas mikroba. Oksidasi biodiesel menyebabkan sedimen terbentuk dalam bahan bakar. Sedimen ini dapat menyumbat filter bahan bakar. Biodiesel dapat menurun karena kontak dengan air. Selama penyimpanan dan transportasi, uap air dari udara, atau air yang ada di tangki dan pipa dari sistem distribusi, dapat mencemari bahan bakar. Air bebas ini menyebabkan mesin dan tangki penyimpanan berkarat dan memungkinkan mikroba tumbuh di biodiesel. Ketika biodiesel diangkut, pastikan wadah transportasi telah dibersihkan (kecuali sebelumnya membawa petro-diesel atau biodiesel) dan tidak ada air di dalam tangki.

Produksi biodiesel tidak banyak menghasilkan limbah. Namun, tergantung pada proses dan penggunaan bahan baku, itu dapat menghasilkan beberapa air limbah, mineral, resin, padatan tegang yang keluar dari minyak bekas dan gliserin. Jumlah air limbah dapat dikurangi dengan menambahkan asam ke biodiesel untuk membagi sabun. Air limbah yang tidak bersih dapat digunakan untuk irigasi pertanian, selama tidak mengandung metanol. Penggunaan resin penukar ion - manik-manik plastik *styrene* yang menghilangkan kontaminan dari biodiesel. manik-manik ini umumnya dikirim ke tempat pembuangan sampah atau dibakar. Gliserin yang muncul dari proses biodiesel umumnya pada kemurnian 50 persen. Pilihan yang tepat adalah transportasi ke pabrik biodiesel untuk hasil penyulingan yang lebih besar. Industri biodiesel berkembang pesat, produsen biodiesel mencari metode alternatif pemanfaatan limbah gliserol mentah dengan cara pengomposan, pencernaan anaerobik, pakan ternak, dan konversi termokimia / biologis ke produk bernilai tambah.

Pada kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung sehingga terselesaikannya penyusunan buku ini. Penulis berharap Buku “Teknologi Produksi Biodiesel” ini dapat menjadi sumber bacaan baik bagi Akademisi, mahasiswa maupun Pelaku usaha serta masyarakat umum yang tertarik mengenai hal-hal penting yang perlu dikaji seperti kemajuan teknologi dalam produksi biodiesel di Industri.

Banjarbaru, Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN ATAU SEMBOYAN .....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
PART 1 .....	1
Energi Terbarukan Berbasis Sumber Daya Hayati.....	1
Bioenergi Sebagai Energi Alternatif .....	1
Perkembangan Produktivitas Biodiesel .....	2
Pasokan Bahan Baku.....	4
Hirarki Pengambilan Keputusan Sumber Bahan Bakar Nabati Penghasil Biodiesel .....	9
Bahan Bakar Biodiesel.....	11
Transesterifikasi .....	12
Esterifikasi.....	14
Spesifikasi Biodiesel .....	16
Spesifikasi ASTM .....	17
Spesifikasi Eropa.....	17
Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) .....	19
PART 2 .....	21
Teknologi Proses Produksi Biodiesel.....	21
Standar Proses Produksi Biodiesel dari Kelapa Sawit .....	21
Pengeringan Minyak ( <i>Oil drying</i> ) .....	24
Proses Transesterifikasi .....	25
Pemisahan <i>Glycerin (Glycerine separation)</i> .....	27
Pemisahan <i>Glyserin</i> dari Biodiesel ( <i>Final Methylester Glycerine         Centrifugation</i> ).....	29
Pemurnian Biodiesel ( <i>Methylester Purification Flash of Metanol</i> ).....	30
Pendinginan Biodiesel ( <i>Cooling Biodiesel</i> ) .....	32
Penyimpanan Sementara Biodiesel ( <i>Maturation Tank</i> ).....	33
Pemisahan <i>Sterol Glycoside / Final Methylester Clarification</i> .....	34
Penyimpanan Biodiesel / <i>Tank Storage</i> .....	35



PART 3 .....	36
Parameter Standar Proses Produksi Biodiesel.....	36
Proses <i>Glycerine</i> .....	39
Glycerine Separation Soap Splitting .....	39
<i>Glycerine Separation Metanol Distillation</i> .....	41
Parameter Standar Proses <i>Glycerine</i> .....	42
Reaksi Kimia Pada Unit <i>Transesterifikasi</i> .....	43
Kualitas Biodiesel, Glycerine, dan Fatty Matter .....	44
PART 3 .....	45
Reaktor Untuk Produksi Biodiesel.....	45
Reaktor <i>Batch</i> .....	45
Reaktor Aliran Semi Kontinu.....	46
Reaktor Biodiesel Ultrasonik .....	47
Distilasi Reaktif untuk Produksi Biodiesel .....	50
Transportasi dan Penyimpanan Biodiesel .....	51
Oksidasi.....	52
Kontak dengan Air .....	52
Degradasi Mikroba.....	54
Pencegahan Biodiesel dari Pembekuan.....	54
Pengangkutan Biodiesel .....	54
Biodiesel Dapat Menurunkan Bahan Lainnya .....	55
Pengelolaan Limbah Dalam Produksi Biodiesel .....	55
Air Limbah .....	55
Resin Pertukaran Ion .....	56
Minyak Bekas yang Digunakan .....	56
Gliserin.....	57
Pemanfaatan Gliserol Mentah dari Produksi Biodiesel .....	57
Karakterisasi Limbah Gliserol .....	58
Pemanfaatan Baru untuk Limbah Gliserol .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	63
GLOSARIUM.....	67
INDEKS .....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jalur konversi biomassa menjadi (a) bioenergi; (b) bioetanol; (c) Biodiesel dan (d) Biogas .....	2
Gambar 2. Produksi dan Konsumsi Biodiesel.....	3
Gambar 3. Buah Kepala Sawit.....	5
Gambar 4. Buah Nyamplung .....	6
Gambar 5. Biji mimba.....	7
Gambar 6. Singkong Karet.....	8
Gambar 7. Hirarki Pemilihan Sumber Bahan Bakar Nabati Penghasil Biodiesel.....	10
Gambar 8. Reaksi Transesterifikasi .....	13
Gambar 9. Blok Diagram Proses Biodiesel .....	14
Gambar 10. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester.....	15
Gambar 11. Alur proses produksi biodiesel dari kelapa sawit.....	23
Gambar 12. <i>Unit oil drying</i> .....	24
Gambar 13. Proses Transesterifikasi .....	25
Gambar 14. Pemisahan <i>Glycerine / Glycerine Separation</i> .....	28
Gambar 15. Pencucian dan pemisahan glycerin dari biodiesel di <i>final methylester glycerine centrifugation</i> .....	30
Gambar 16. Pemurnian biodiesel dari metanol / <i>methylester purification flash of metanol</i> .....	31
Gambar 17. Pendinginan Biodiesel / <i>Cooling Biodiesel</i> .....	33
Gambar 18. Pemisahan <i>Sterol Glucoside / Final Methylester Clarification</i> .....	35
Gambar 19. <i>Glycerine Separation Soap Splitting</i> .....	40
Gambar 20. <i>Glycerine Separation Metanol Distillation</i> .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. ASTM Provisional Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels, ASTM PS 121 – 99.....	17
Tabel 2. Automotive Fuels–Fatty Acid Methyl Ester (FAME) untuk Mesin Diesel The European Standart EN 14214-2003 .....	18
Tabel 3. Spesifikasi (Syarat Mutu) Biodiesel Ester Alkil menurut SNI 04-7182-2006.....	19
Tabel 4. Parameter Bahan Baku ( <i>raw material</i> ).....	22
Tabel 5. Parameter Bahan <i>Chemical</i> .....	22
Tabel 6. Komposisi di Unit Transterifikasi.....	27
Tabel 7. Parameter di Proses Biodiesel .....	36
Tabel 8. Parameter di Proses <i>Glycerine</i> .....	42
Tabel 9. Kualitas Biodiesel, <i>Glycerine</i> , dan <i>Fatty Matter</i> .....	44

## PART 1

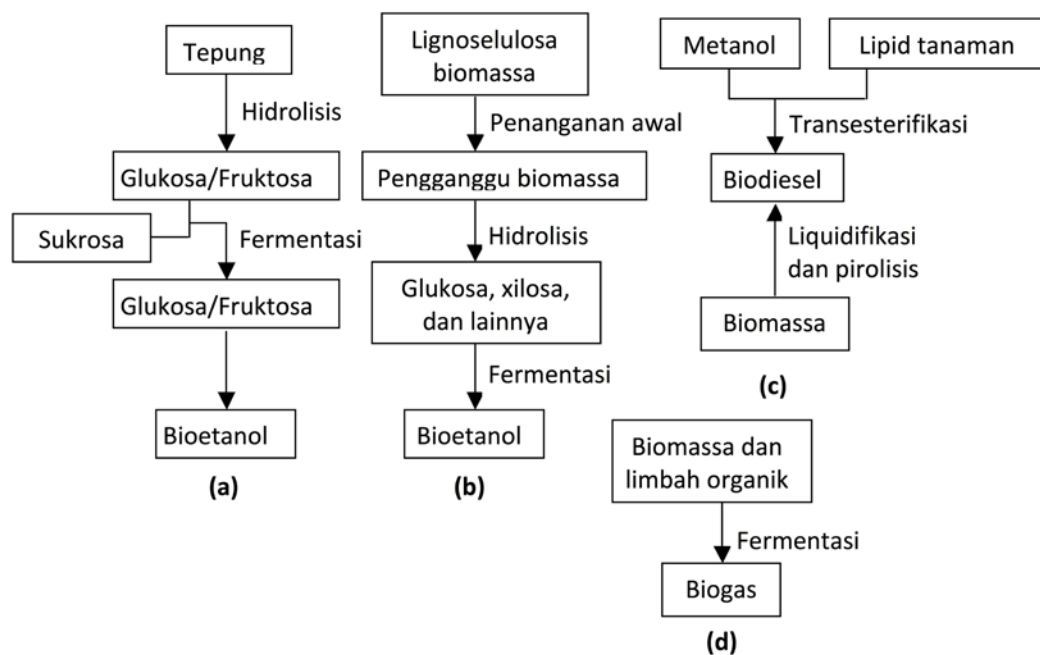
### Energi Terbarukan Berbasis Sumber Daya Hayati

#### Bioenergi Sebagai Energi Alternatif

Bioenergi merupakan bahan bakar terbarukan yang prospektif untuk dikembangkan, tidak hanya karena harga minyak bumi dunia melonjak naik seperti sekarang ini, tetapi juga karena terbatasnya produksi minyak bumi di Indonesia. Dalam pemandaatannya, bioenergi menggunakan sumber biomassa terbarukan untuk menghasilkan kumpulam produk energi berupa listrik, cairan, padatan bahan bakar gas, panas, kikia dan material lainnya. Dalam hal ini, subyek bioenergi telah sangat aktif. Di seluruh dunia, pemerintah dan pembuat kebijakan terlibat. Sangat penting untuk mengatasi dan peluang yang ditimbulkan oleh biofuel sebagai pembangunan ketahanan pangan dan energi yang berkelanjutan (FAO). Seiring dengan perkem angan ilmu pengetahuan dan teknologi bioenergi menjadi bentuk yang lebih modern. Adanya peran penerapan bioteknologi dalam produksi bioenergi di berbagai negara berkembang dan fokus utama pada biofuel cair (Hambali *et al.*, 2007).

Bioenergi berperan penting pada pencapaian target dalam menggantikan petroleum didasarkan pada bahan bakar transportasi dengan bahan bakar alternatif dan pereduksian emisi karbon dioksida dalam jangka panjang. Berbagai sumber biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan bioenergi berbagai bentuk. Contohnya, makanan, serat dan kayu sebagai residu dari sektor industri, energi dan rotasi pendek tanaman dan limbah pertanian, dan hutan dan hutan pertanian (*agroforestry*) sebagai residu dari sektor kehutanan dimana seluruhnya dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, panas, gabungan panas dan tenaga, dan

bentuk-bentuk bioenergi. Bioenergi modern bergantung pada konversi teknologi yang efisien untuk aplikasi skala rumah tangga, usaha kecil, dan industri. Input biomassa padat atau cair dapat diproses untuk menjadi energi yang lebih nyaman. Ini termasuk biofuel yang solid (misalnya kayu bakar, serpihan kayu, pellet, arang, dan briket), biofuel gas (biogas, gas sintesis, hidrogen), dan biofuel cair (misalnya bioetanol, biodiesel) (GBEP, 2007) yang dapat dilihat pada Gambar 1.



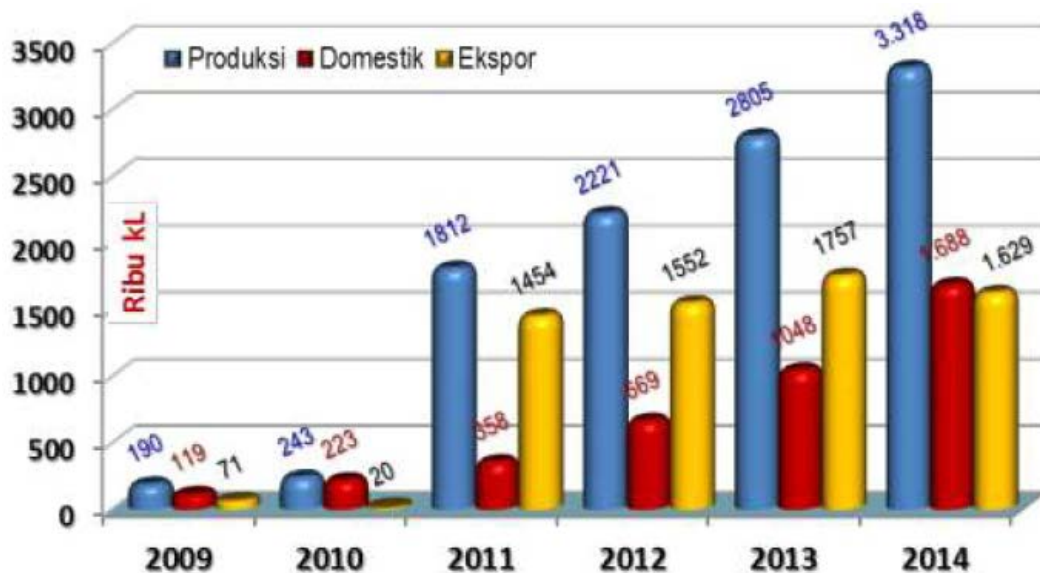
Sumber: (GBEP, 2007).

Gambar 1. Jalur konversi biomassa menjadi (a) bioenergi; (b) bioetanol; (c) Biodiesel dan (d) Biogas

### Perkembangan Produktivitas Biodiesel

Penganekaragaman energi selain energi berbasis fosil dalam penyediaan energi nasional adalah energi berbasis bahan nabati (biodiesel). Biodiesel merupakan energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan dan digunakan sebagai bauran energi secara global (Malleham *et al.*, 2014). Produksi biodiesel terus berkembang, pada tahun 2009 produksi biodiesel sebesar 190 ribu kilo liter

(kL) meningkat 17 kali lipat menjadi 3,3 juta kilo liter (kL) pada tahun 2014 (Gambar 2). Produksi biodiesel 51% dikonsumsi dalam negeri dan sisanya diekspor. Penggunaan biodiesel untuk konsumsi dalam negeri dapat menghemat devisa US\$ 1,23 miliar (KESDM 2015).



Sumber : (KESDM, 2015).

Gambar 2. Produksi dan konsumsi biodiesel

Biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan metanol untuk menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan gliserol sebagai produk sampingan (Suryaputra *et al.*, 2013). Perkembangan produktivitas biodiesel dari minyak nabati sebagai bauran energi secara global telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Pada tahun 2015 industri biodiesel menghasilkan gliserol sebesar 150.000 kilo liter, yang diperkirakan target tahun 2025 akan menjadi tiga kali lipat dari tahun 2010 yaitu sebesar 470.000 kilo liter (BPEN, 2010). Peningkatan kapasitas produksi biodiesel akan berakibat pada meningkatnya gliserol sebagai produk samping yang dihasilkan (Ozorio *et al.*, 2012).

## Pasokan Bahan Baku

Beberapa negara telah memproduksi biodiesel secara komersial dengan menggunakan bahan baku beragam, diantaranya yaitu :

- Perancis dan Austria menggunakan minyak kanola.
- Amerika Serikat menggunakan minyak kedelai.
- Spanyol menggunakan minyak zaitun.
- Italia menggunakan minyak biji bunga matahari.
- Mali dan Afrika Selatan menggunakan minyak jarak pagar.
- Filipina menggunakan minyak kelapa.
- Malaysia dan Indonesia menggunakan minyak sawit.

Untuk memilih jenis minyak nabati yang akan digunakan sebagai bahan baku biodiesel, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi, yaitu :

- 1) Tanaman tersebut merupakan kekayaan hayati asli negara yang bersangkutan,
- 2) Dapat dibudidayakan dengan mudah di negara tersebut,
- 3) Pemanfaatan minyak tersebut sebagai bahan baku tidak menyebabkan terjadinya konflik dengan penyediaan untuk kebutuhan pangan dan produk-produk penting lainnya.

Berdasarkan kriteria tersebut, tanaman yang potensial dikembangkan untuk bahan baku biodiesel atau biofuel di Indonesia adalah kelapa sawit, nyamplung, mimba dan ubi karet yang diuraikan sebagai berikut:

### 1. Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak nabati utama di Indonesia. Kelapa sawit termasuk tanaman daerah tropis yang tumbuh baik antara garis lintang 13<sup>0</sup> Lintang Utara dan 12<sup>0</sup>

Lintang Selatan, terutama di kawasan Afrika, Asia, dan Amerika Latin. Tanaman Kelapa sawit menghendaki curah hujan 1.500 – 4.000 mm per tahun, dengan curah hujan optimal 2.000 – 3.000 mm per tahun, dan jumlah hari hujan lebih rendah dari 180 hari per tahun. Kelapa sawit dimanfaatkan untuk beragam produk seperti pangan, oleokimia dan bioenergi. Produksi tanaman kelapa sawit cenderung meningkat pada umur 4-7 tahun, kemudian mulai melandai pada umur 8-15 tahun dan mulai mengalami penurunan produksi secara bertahap pada umur lebih dari 16 tahun (Gambar 3). Dalam keadaan yang optimal, produktivitas kelapa sawit dapat mencapai 20-25 ton TBS/ha/tahun atau sekitar 4-5 ton minyak sawit. Pengolahan kelapa sawit akan menghasilkan dua jenis minyak yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO). CPO dihasilkan dari mesocarp sedangkan PKO dihasilkan dari inti sawit (Hambali *et al.*, 2015).



Gambar 3. Buah kepala sawit

Pada proses pengolahan TBS menjadi CPO biomassa yang potensial dihasilkan adalah *empty fruit bunch* (tandan kosong kelapa sawit), *mesocarp fiber* (fiber), *palm kernel shell* (cangkang), dan *palm oil mills effluent* (limbah cair). Pengolahan kelapa sawit akan menghasilkan *empty fruit bunch* sebesar



21%, *mesocarp fibre* sebesar 53,4%, *Palm Kernel Shell* sebesar 6,4%, dan *Palm Oil Mills Effluent* (POME) sebesar 58,3% (Hambali *et al.*, 2015).

Kelapa sawit mulai dari buah, pelepah, batang, dan limbahnya, dapat diolah menjadi berbagai macam produk dan dapat digunakan sebagai bahan baku beragam industri seperti pangan, oleokimia dan bioenergi. Pemanfaatan kelapa sawit menjadi bioenergi, antara lain adalah menjadi biodiesel, biogas, biooil, biopellet, biobriket, gas metan dan pembangkit listrik tenaga biomassa.

## 2. Tanaman Nyamplung

Nyamplung merupakan tanaman yang banyak tumbuh di sepanjang pantai diseluruh Indonesia. Tanaman nyamplung atau nama latinnya *Calophyllum inophyllum* L. Pohon nyamplung adalah tumbuhan berukuran medium dengan tinggi pohon bisa mencapai 8-20 meter bahkan ada yang mencapai 30-35 meter pada Gambar 4 (Martawijaya *et al.*, 2005).



Gambar 4. Buah Nyamplung

Biji nyamplung (minyak nyamplung) sebagai bahan baku biodiesel mempunyai keunggulan antara lain dapat menghasilkan yield biodiesel yang cukup tinggi karena kadar minyaknya mencapai 70% (Marnoto dan Sulistyawati, 2011). Produktivitas nyamplung dapat mencapai 20

ton/ha/tahun dan potensi rendemen minyak nyamplung lebih dari 50%. Potensi minyak nyamplung yang dihasilkan di Indonesia cukup besar yaitu 39.405,6 ton/tahun (Pardede, 2012). Tanaman nyamplung saat ini masih merupakan tanaman alami dan bukan hasil budidaya (Martawijaya *et al*, 2005).

### 3. Mimba

Tanaman mimba/neem (*Azadirachta indica* A. Juss) merupakan salah satu tanaman multikhasiat yang dapat tumbuh baik di Indonesia. Tanaman mimba dapat digunakan untuk tanaman penghijauan, mampu beradaptasi dengan tanah yang gersang. Tanaman mimba (biji maupun daun) mengandung bahanaktif utama *azadirachtin* serta *meliantriol*, *salanin*, *nimbindan* *nimbidin* (Sudarsono *et al.*, 2002).

Daging buah atau disebut juga pulpa merupakan bagian terluar dari biji. Kulit biji mimba agak keras, perbandingan berat buah dan berat biji yang dihasilkan rata-rata sebesar 50%:50%. Berat satu biji mimba dapat mencapai 160 mg dan akan mencapai berat maksimum menjelang matangnya buah dapat dilihat pada Gambar 5 (Sudarsono *et al.*, 2002).

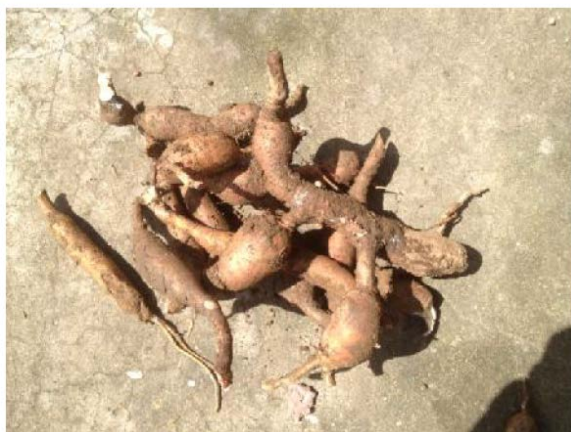


Gambar 5. Biji mimba

Melepaskan biji dari buahnya dapat dilakukan dengan cara sederhana, yaitu menggosokkan buah dengan pasir sampai daging buah atau pulpanya rusak. Selanjutnya, biji dipisahkan melalui proses pengayakan. Di dalam biji mimba banyak terkandung minyak dan bahan aktif pestisida. Karena itu, bagian ini paling banyak di manfaatkan. Kadar zat aktif pestisida dalam biji sekitar 0,1-0,5% dengan rata-rata 0,25% (Sudarsono *et al.*, 2002).

#### 4. Singkong Karet (*Manihot glaziovii* M.A)

Singkong karet adalah salah satu jenis umbi-umbian atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm (Kuncoro, 1993). Singkong karet memiliki ciri umbi berwarna kekuningan, ukuran umbi serta daunnya lebih besar dan lebar. Singkong karet ini ditanam di daerah pedesaan sebagai tanaman halaman maupun ladang (Nurhayati & Siregar, 1984). Umur panen singkong karet berumur 9 bulan sampai dengan 1 tahun dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Singkong Karet

Singkong karet sebagai bahan baku sumber energi alternatif memiliki kadar karbohidrat sekitar 98,4674 %. Tanaman Singkong karet sebagai bahan baku bioetanol dapat tumbuh di lahan yang kurang subur serta masa panennya

tidak tergantung pada musim sehingga panennya dapat berlangsung sepanjang tahun. Oleh karena itu, dikatakan bahwa Singkong karet merupakan bahan baku yang potensial untuk pembuatan bioetanol (Nurhayati & Siregar, 1984).

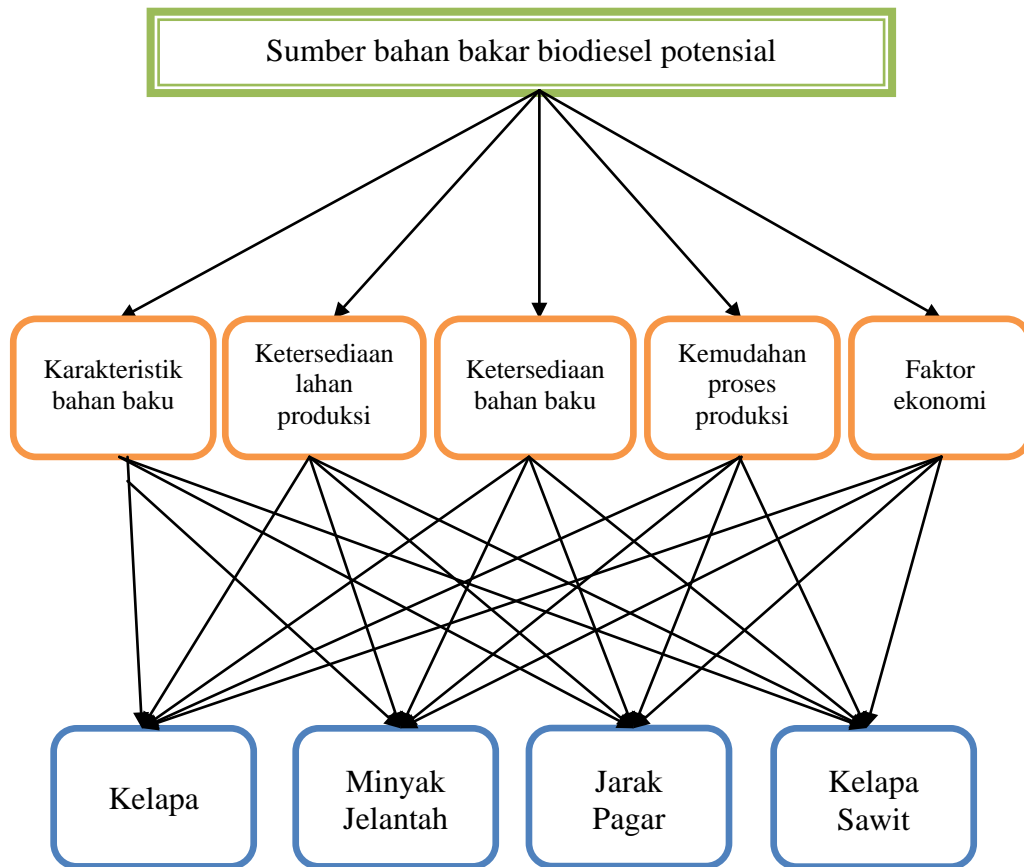
### **Hirarki Pengambilan Keputusan Sumber Bahan Bakar Nabati Penghasil Biodiesel**

Pengumpulan data tentang nilai kriteria faktor-faktor yang berpengaruh dalam hal pemilihan bahan baku yang potensial sebagai suplemen bahan bakar biodiesel dengan cara mengumpulkan kajian literatur terkait potensi bahan bakar biodiesel. Data-data yang terkumpul tersebut diolah dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang pengolahannya menggunakan program Microsoft Excel.

Dalam analisis pemilihan bahan baku yang potensial sebagai suplemen bahan bakar biodiesel menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hierarki pemilihan bahan baku yang potensial dikembangkan disusun dalam tiga tingkatan. Pertama fokus, yaitu pemilihan tanaman BBN (Bahan Bakar Nabati) potensial. Kedua adalah kriteria yang dipertimbangkan dalam memilih bahan baku biodiesel yang potensial dikembangkan adalah: (1) Karakteristik bahan baku, (2) Ketersediaan lahan produksi, (3) Ketersediaan bahan baku, (4) Kemudahan proses produksi dan (5) Faktor ekonomi. Tingkat ketiga adalah alternatif sumber BBN biodiesel yang dikelompokkan menjadi kelapa sawit, minyak jelantah, kelapa dan jarak.

Hirarki pengambilan keputusan dan hasil analisis pengolahan data pemilihan tanaman BBN (Bahan Bakar Nabati) penghasil Biodiesel menggunakan metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*) selengkapnya dapat dilihat pada

Gambar 7.



Gambar 7. Hirarki Pemilihan Sumber Bahan Bakar Nabati Penghasil Biodiesel

Dari bobot alternatif analisis *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada Tabel 10 di atas dapat diketahui bahwa urutan prioritas sumber bahan baku nabati yang potensial sebagai suplemen bahan bakar biodiesel menunjukkan kelapa sawit adalah sumber bahan baku yang paling potensial dengan 0,222. Kemudian urutan kedua adalah Jarak pagar dengan bobot 0,142. Urutan ketiga adalah Minyak jelantah dengan bobot 0,079 dan urutan keempat adalah kelapa dengan bobot 0,039.

## **Bahan Bakar Biodiesel**

Biodiesel dapat diperoleh dari minyak nabati atau lemak hewani, dari minyak nabati dapat diperoleh dari beberapa jenis tanaman, minyak nabati mengandung trigliserida dan sejumlah kecil monogliserida dan digliserida. Trigliserida adalah ester dari tiga asam lemak rantai panjang yang terikat pada satu gugus gliserol. Minyak nabati pada umumnya terdapat lima jenis asam lemak yaitu: asam stearat, asam palmitat, asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat. Asam stearat dan asam palmitat merupakan jenis asam lemak jenuh, asam oleat, asam linoleat, asam linolenat merupakan asam lemak tak jenuh, jika asam lemak terlepas dari trigliseridanya akan menjadi lemak asam bebas (*free fatty acids* = FFA). Minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan FFA (Kinast, 2003) yaitu:

- a) *Refined Oil*: minyak nabati dengan kandungan FFA kurang dari 1,5%
- b) Minyak nabati dengan kandungan FFA rendah kurang dari 4%
- c) Minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi lebih dari 20%

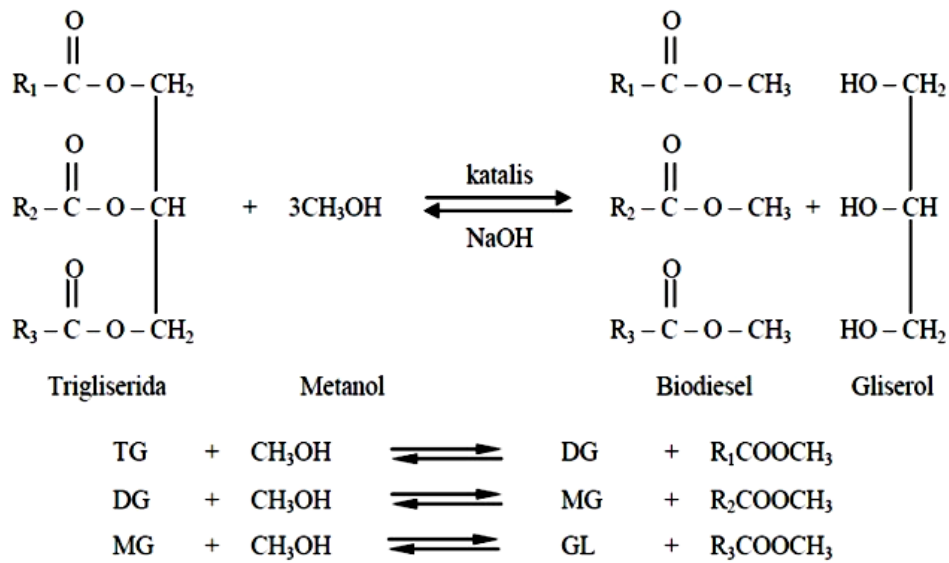
Biodiesel mempunyai sifat-sifat fisik yang mirip dengan solar biasa sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi. Pengujian sifat yang dilakukan pada biodiesel mengacu pada pengujian yang biasa dilaksanakan untuk minyak solar. Sifat - sifat biodiesel secara umum dapat diuji dengan beberapa jenis pengujian berikut ini : *specific gravity, viscosity, flash point, pour point, colour*, dan *carbon residu*. Standar mutu biodiesel Indonesia mengikuti Surat Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional No. 73/KEP/BSN/2/2005 tentang Biodiesel (SNI 04-7182-2006) (BSN,

2006). Dalam penentuan proses pembuatan biodiesel kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid* / FFA) merupakan faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel yang akan dilakukan apakah dengan menggunakan proses transesterifikasi, esterifikasi atau esterifikasi - transesterifikasi.

### **Transesterifikasi**

Transesterifikasi biasa disebut dengan alkoholisis adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi metil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Proses transesterifikasi biasanya ditunjukkan untuk membuat biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA (*Free Fatty Acid*) rendah yaitu 2%. Tujuan dari proses transesterifikasi ini adalah untuk menurunkan viskositas atau kekentalan minyak sehingga mendekati viskositas dari solar. Hal ini dikarenakan nilai viskositas yang tinggi (Hambali *et al.*, 2007).

Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak (Hambali *et al.*, 2007). Reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Sumber : (Hambali *et al.*, 2007).

Gambar 8. Reaksi Transesterifikasi

Menurut Hambali *et al.*, (2007) metode transesterifikasi terdiri dari empat tahapan:

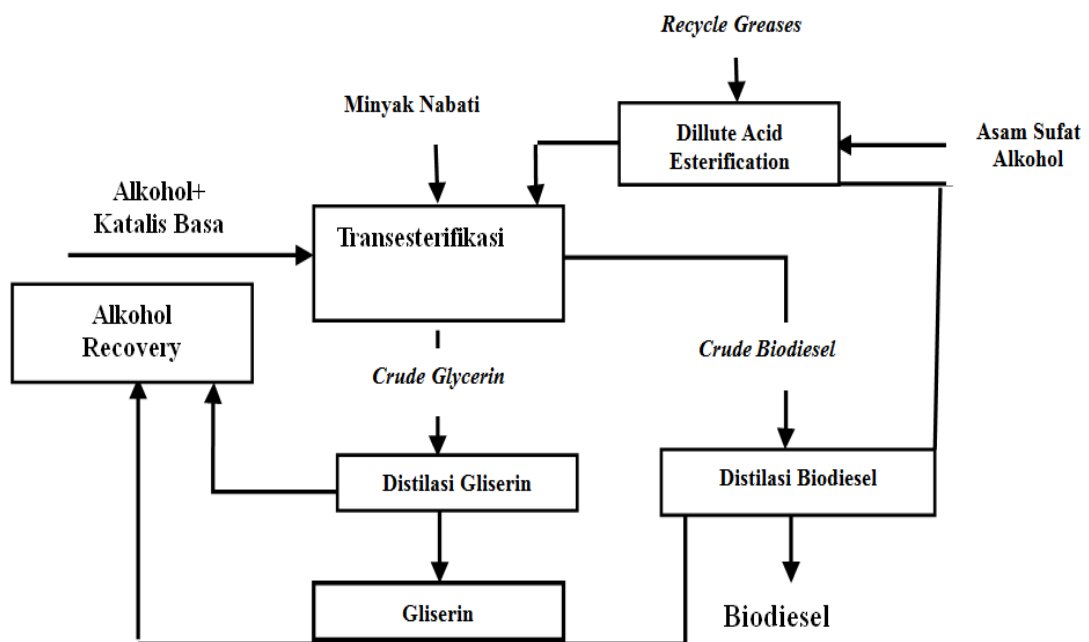
1. Pencampuran katalis alkali umumnya NaOH atau KOH dengan alkohol biasanya metanol dan etanol pada konsentrasi katalis antara 0,5 – 1 wt% dan dan 10-20 wt % metanol terhadap minyak.
2. Pencampuran alkohol dan katalis dengan minyak pada temperatur 55°C dengan kecepatan pengadukan konstan. Reaksi dilakukan sekitar 30 – 40 menit.
3. Setelah reaksi berhenti pencampuran didiamkan hingga terjadi pemisahan antara metil ester dan gliserol. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini sering disebut sebagai *crude* biodiesel, karena metil ester yang dihasilkan mengandung zat pengotor seperti sisa metanol, sisa katalis, gliserol dan sabun.



4. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini dicuci menggunakan air hangat untuk memisahkan zat-zat pengotor dan kemudian dilanjutkan dengan *drying* untuk menguapkan air yang terkandung didalam biodiesel.

Proses transesterifikasi yang umum untuk membuat biodiesel dari minyak nabati (*biolipid*) ada tiga macam yaitu :

1. Transesterifikasi dengan katalis basa
2. Transesterifikasi dengan katalis asam langsung
3. Konversi minyak/lemak nabati menjadi asam lemak dilanjutkan menjadi biodiesel, blok diagram proses biodiesel dapat dilihat pada Gambar 9.



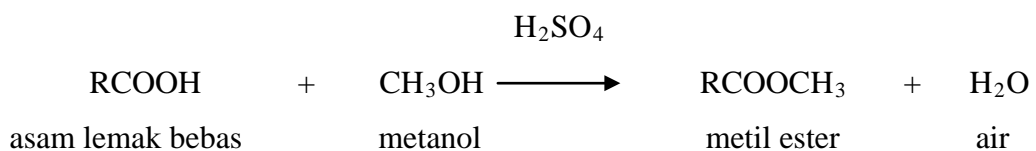
Gambar 9. Blok Diagram Proses Biodiesel

### Esterifikasi

Menurut SNI-04-7182-2006 biodiesel adalah ester alkil (metil, etil, isopropil dan sejenisnya) dari asam-asam lemak. Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan

alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat dan, karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial. Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikhiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak.

Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga mengubahnya menjadi trigliserida meskipun dengan kecepatan reaksi yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa (Freedman *et al.*, 1984). Untuk mendorong reaksi dapat mengkonversi sempurna pada suhu rendah (65°C) reaktan metanol dapat dilihat pada Gambar 10.



Sumber : (Freedman *et al.*, 1984)

Gambar 10. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka asam  $\geq 5$  mg- KOH/g). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi, faktor-faktor tersebut antara lain (Hariska *et al.*,

2012) :

1. Keadaan pereaksi dan luas permukaan, makin kecil partikel pereaksi makin besar permukaan pereaksi yang bersentuhan dalam reaksi, sehingga reaksi makin cepat.
2. Konsentrasi, makin besar konsentrasi makin cepat laju reaksi meskipun tidak terlalu demikian. Pereaksi yang berbeda, konsentrasinya dapat mempengaruhi laju reaksi tertentu dengan cara yang berbeda.
3. Temperatur, jika temperatur dinaikkan laju reaksi bertambah.
4. Penambahan katalis, zat yang dapat mempercepat suatu reaksi, tetapi tidak ikut bereaksi. Sebagai contoh, campuran hidrogen dan oksigen kita tambahkan serbuk platina sebagai campuran katalis, maka akan segera reaksi yang sangat eksplosif.

### **Spesifikasi Biodiesel**

Biodiesel diproduksi dari minyak atau lemak menggunakan transesterifikasi dan merupakan cairan yang komposisinya mirip dengan diesel mineral. Nama kimianya adalah methyl asam lemak atau ethil ester (FAME). Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkil ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak nabati berbagai tumbuhan yang mengandung trigliserida. Minyak dicampur dengan sodium hidroksida dan methanol atau ethanol dan reaksi kimianya menghasilkan biodiesel (FAME) dan gliserol. Berikut ini diuraikan spesifikasi biodiesel murni sesuai standar Amerika ASTM, standar Eropa dan Standar Nasional Indonesia.

## Spesifikasi ASTM

Mutu bahan bakar Biodiesel (B100) berdasarkan standar internasional ASTM dituangkan pada Provisional Specification For Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels, ASTM Designation PS 121-99. Standar mutu menurut ASTM tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. ASTM Provisional Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels, ASTM PS 121 – 99

No	Parameter	Satuan	Spesifikasi		Metode Uji ASTM
			Min	Maks	
1	Titik Nyala (Mangkok Tertutup)	°C	100		D 93
2	Air dan Sedimen	%-vol		0,05	D2709
3	Viskositas Kinematik @ 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1,9	6,0	D445
4	Abu Tersulfatkan	%-massa		0,02	D874
5	Belerang	%-massa		100	D2622
6	Korosi Lempeng Tembaga (3 jam @ 50°C)			No.3	D130
7	Angka Setana	CN	40		D613
8	Titik Kabut	°C		Report to customer	D2500
9	Residu Karbon - Dalam 100% contoh asli	%-massa		0,05	D4530
10	Angka Asam	mg-KOH/g		0,8	D664
11	Gliserol Bebas	%-massa		0,02	D6584
12	Gliserol Total	%-massa		0,24	D6584

## Spesifikasi Eropa

Spesifikasi internasional lain yang banyak diacu untuk mutu bahan bakar biodiesel adalah standard Eropa. Standar Eropa yang juga merupakan British standar untuk Automotive fuels–Fatty acid methyl ester (FAME) untuk mesin

diesel dituangkan dalam spesifikasi Eropa EN 14214-2003, yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Automotive Fuels–Fatty Acid Methyl Ester (FAME) untuk Mesin Diesel The European Standart EN 14214-2003

No	Parameter	Satuan	Spesifikasi		Metode Uji ASTM
			Min	Maks	
1	Kandungan Ester	%-massa	96,5		EN 14103
2	Density @15 °C	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
3	Viskositas Kinematik @ 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,50	5,0	EN ISO 3104
4	Titik Nyala (Mangkok Tertutup)	°C	120		prEN ISO 3679
5	Kandungan Belerang	mg/kg		10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
6	Residu Karbon - Dalam 100% contoh asli	%-massa		0,3	EN ISO 10370
7	Angka Setana	CN	51		EN ISO 5165
8	Abu Tersulfatkan	%-massa		0,02	ISO 3987
9	Kandungan Air	mg/kg		500	EN ISO 12937
10	Total Kontaminasi	mg/kg		24	EN 12662
11	Korosi Lempeng Tembaga (3 jam @ 50°C)			Class 1	EN ISO 2160
12	Stabilitas Oksidasi, 110 °C	Hours	6,0		EN 14112
13	Angka Asam	mg-KOH/kg		0,5	EN 14104
14	Angka Iodium	g Iodine /100g		120	EN 14111
15	Gliserol Bebas	%-massa		0,02	EN 14105/14106
16	Glieserol Total	%-massa		0,25	EN 14105
17	Kandungan Methanol	%-massa		0,20	EN 141110
18	Fosfor	mg/kg		10,0	EN 14107

## Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI)

Standar mutu Biodiesel di Indonesia berdasarkan Standar Nasional Indonesia dituangkan dalam SNI 04-7182-2006 yang ditampilkan pada Tabel 3. Biodiesel yang dimaksud dalam SNI 04-7182-2006 adalah ester alkil bisa metal, etil dan sejenisnya dari asam-asam lemak (Aisyah *et al.*, 2010).

Tabel 3. Spesifikasi (Syarat Mutu) Biodiesel Ester Alkil menurut SNI 04-7182-2006

No	Parameter	Satuan	Spesifikasi		Metode Uji ASTM
			Min	Maks	
1	Massa Jenis @ 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850	890	ASTM D 1298
2	Viskositas Kinematik @ 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,3	6,0	ASTM D 445
3	Angka Setana	CN	51		ASTM D 613
4	Titik Nyala (Mangkok Tertutup)	°C	100		ASTM D 93
5	Titik Kabut	°C		18	ASTM D 2500
6	Korosi Lempeng Tembaga (3 jam @ 50 °C)			No.3	ASTM D 130
7	Residu Karbon - Dalam contoh asli atau - Dalam 10% ampas distilasi	%-massa		0,05 0,30	ASTM D 4530
8	Airdan sedimen	%-vol		0,05 <sup>1)</sup>	ASTM D2709/D1796
9	Temperatur Distilasi 90%	°C		360	ASTM D 1160
10	Abu Tersulfatkan	%-massa		0,02	ASTM D 874
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)		100	ASTM D5453/D1266
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)		10	AOCS Ca 12-55
13	Angka Asam	mg-KOH/kg		0,8	ASTM D 664 AOCS Cd 3d-63
14	Gliserol Bebas	%-massa		0,02	ASTM D 6584 AOCS Ca 14-56
15	Glieserol Total	%-massa		0,24	ASTM D 6584 AOCS Ca 14-56
16	Kadar Ester Alkil	%-massa	96,5		Dihitung <sup>2)</sup>
17	Angka Iodium	%-massa		115	AOCS Cd 1-25
18	Uji Halphen			Negatif	AOCS Cd1-25

1) Dapat diuji terpisah dengan ketentuan kandungan sedimen maksimum 0,01% - vol

2) Dihitung:

$$\text{Kadar Ester (\%-massa)} = \frac{100 (As - Aa - 4,57 Gtot)}{As}$$

Dimana:

- As adalah Angka Penyabunan (metode uji AOCS Cd 3-25)
- Aa adalah Angka Asam (metode uji ASTM D 664 atau AOCS cd 3-63, mg-KOH/g Biodiesel)
- G tot adalah Gliserol Total (metode uji AOCS Ca 14-56, %-massa)

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhanash, A., Kozhevnikova, E.F., & Kozhevnikov, I.V. (2008). Hydrogenolysis of glycerol to propanediol over ru: Polyoxometalate bifunctional catalyst. *Catalysis Letters*, 120:307-311.
- Athalye, S.K., Garcia, R.A., & Wen Z. (2009). Use of biodiesel-derived crude glycerol for producing eicosapentaenoic acid (EPA) by the fungus *Pythium irregulare*. *J. Agric. Food Chem*, 57:2739–2744.
- Brown, R. (2007). Biodiesel co-product markets in wyoming for wyoming department of agriculture. Lakewood, co: *International center for appropriate & sustainable technology*.<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5064918>
- [BPEN] Blueprint Pengelolaan Energi Nasional. (2010). *Proyeksi Target Produksi Biodiesel Sampai Tahun 2025*. Jakarta.
- Cerrate, S., Yan, F., Wang, Z., Coto, C., Sacakli, P., & Waldroupand, P.W. (2006). Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science*, 5: 1001-1007.
- Chiu, C.W., Dasari, M.A., Sutterlin, W.R., & Suppes, G.J. (2006). Removal of residual catalyst from simulated biodiesel's crude glycerol for glycerol hydrogenolysis to propylene glycol. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45:791-795.
- Dasari, M.A., Kiatsimkul, P.P., Sutterlin, W.R., & Suppes, G.J. (2005). Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Applied Catalysis a-General*, 281: 225-231.
- DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., & Jardon, P.W. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 87:4195-4206.
- Demirbas, A. (2006). Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. *Energy Conversion and Management*, 47(15-16):2271-2282.
- Dharmadi, Y., Murarka, A., & Gonzalez, R. (2006). Anaerobic fermentation of glycerol by *Escherichia coli*: a new platform for metabolic engineering. *Biotechnol. Bioeng.* 94:821-829.
- European Standart EN 14214-2003.
- GBEP. (2007). A review of the current state of bioenergy development in G8 p 5 countries. *Global Bioenergy Partnership*. Available from : <http://www.fao.org/docrep/010/a1348e/a1348e00.htm> [accessed 26.3.10].
- [KESDM] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2015). *Rencana Strategis Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2015-2019*.
- Gonzalez-Pajuelo, M., Meynial-Salles, I., Mendes, F., Andrade, J.C., Vasconcelos, I., & Soucaille, P. (2005). Metabolic engineering of clostridium acetobutylicum for the industrial production of 1,3-propanediol from glycerol. *Metabolic Engineering*, 7: 329-336.
- Hambali, E., Mujdalipah, S, Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W., & Hendroko, R. (2007). *Teknologi Bioenergi*. PT Agromedia Pustaka. Jakarta.



- Hambali, E., Fifin, N.N., Arfie, T., Athin, N., & Wijaya, H. (2015). Potential of Biomass in Indonesia as Bioenergy Feedstock. *Surfactant and Bioenergy Research Center (SBRC)*.
- Hanh, H.D., Dong, N.T., Starvarache, C., Okitsu, K., Maeda, Y., & Nishimura. (2008). Methanolysis of triolein by low frequency ultrasonic irradiation. *Energy Conversion and Management*, 49(2):276-280.
- Hariska, A., Suciati, RF., & Ramdja, AF. (2012). Pengaruh Metanol Dan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Secara Esterifikasi Dengan Menggunakan Katalis  $K_2CO_3$ . *Jurnal Teknik Kimia*. 18 (1). Universitas Sriwijaya. ISSN: 2339-1960 (online).
- He, B., Singh, A., & Thompson, J. (2006). A novel continuous-flow reactor using reactive distillation technique for biodiesel production. *Trans. ASABE*, 49(1):107–112.
- He, B., Singh, A., & Thompson, J. (2005). Experimental optimization on a continuous-flow reactive distillation reactor for biodiesel production. *Trans. ASABE*, 48(6):2237–2243.
- He, B., Singh, A., & Thompson, J. (2007). Function and performance of a pre-reactor to reactive distillation column for biodiesel production. *Trans. ASABE*, 50(1):123–128.
- Holm-Nielsen, J.B., Lomborg, C.J, Oleskowicz-Popiel, P., & Esbensen, K.H. (2008). On-line near infrared monitoring of glycerol-boosted anaerobic digestion processes: Evaluation of process analytical technologies. *Biotechnology and Bioengineering* 99: 302-313.
- Johnson, D.T., & Taconi, K.A. (2007) The glycerin glut: Options for the value-added conversion of crude glycerol resulting from biodiesel production. *Environmental Progress*, 26: 338-348.
- Kinast, J.A., & Tyson, K.S. (2003). Production of Biodiesel from Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesels and Biodiesel/diesel Blends. (NREL/SR-510-31460). *National Renewable Energy Laboratory*, United States Department of Energy Laboratory, Golden, Colorado. 3-10.
- Kuncoro, D.M. (1993). *Tanaman Yang Mengandung Zat Pengganggu*. CV. Amalia. Jakarta.
- Lammers, P.J., Kerr, B.J., Honeyman, M.S., Stalder, K., Dozier, W.A., Weber, T.E., Kidd, M.T., & Bregendahl, K. (2008). Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poultry Science*, 87: 104-107
- Lee, P.C., Lee, W.G., Lee, S.Y., & Chang, H.N. (2001). Succinic acid production with reduced by-product formation in the fermentation of anaerobiospirillum succiniciproducens using glycerol as a carbon source. *Biotechnology and Bioengineering*, 72: 41-48.
- Martawijaya, A., Kartasunana, I., Mandang, Y.I, Kadir, K., & Prawira, S.A. (2005). *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Cetakan Ketiga. Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Kehutanan, Bogor.
- Mu, Y., Teng, H., Zhang, D.J., Wang, W., & Xiu, Z.L. (2006). Microbial production of 1,3-propanediol by klebsiella pneumoniae using crude glycerol from biodiesel preparations. *Biotechnology Letters*, 28: 1755-1759.

- Nilles, D. (2005). *A glycerin factor*. Biodiesel magazine august/september. Grand forks, nd: Bbi international. <http://www.biodieselmagazine.com/articles/377/a-glycerin-factor/>
- Nurhayati, & Siregar, M.E. (1984). Penelitian Management Singkong Karet Sebagai Sumber Hijauan Pakan. *Ilmu dan Peternakan*, 1(7):277-278.
- Ozorio, P.L., Pianzoli, R., Mota, M.B.S., & Mota, J.A. (2012). Reactivity of Glycerol/Acetone Ketal (Solketal) and Glycerol/Formaldehyde Acetals toward Acid-Catalyzed Hydrolysis. *J. Brazilian Chemical Society*, 23(5):931-937.
- Papanikolaou, S., & Aggelis G. 2009. Biotechnological valorization of biodiesel derived glycerol waste through production of single cell oil and citric acid by *Yarrowia lipolytic*. *Lipid Technol.* 21:83–87.
- Papanikolaou, S., Fakas, S., Fick, M., Chevalot, I., Galiotou-Panayotou, M., Komaitis, M., Marc, I., & Aggelis G. (2005). Biotechnological valorisation of raw glycerol discharged after bio-diesel (fatty acid methyl esters) manufacturing process: production of 1,3-propanediol, citric acid and single cell oil. *Biomass Bioenergy*. 2008;32:60–71.
- Pyle D.J., Garcia R.A., Wen Z. (2008). Producing docosahexaenoic acid (DHA)-rich algae from biodiesel-derived crude glycerol: effects of impurities on DHA production and algal biomass composition. *J. Agric. Chem*, 56:3933–3939.
- Saka, S., & Isayama, Y. (2009). A new process for catalyst-free production of biodiesel using supercritical methyl acetate. *Fuel*, 88(7):1307-1313.
- Sarma, A.K., Sarmah, J.K., Barbora, L., Kalita, P., Chatterjee, S., Mahanta, P., & Goswami, P. (2008). Recent inventions in biodiesel production and processing - A review. *Recent Patents on Engineering*, 2(1):47-58.
- Schröder, A., Südekum, K.H. (1999). Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: *Proceedings of the 10th international rapeseed conference*. The regional institute, Ltd. Canberra, Australia.
- Smith, J. M., Hendrick, C.V.N., & Michael, M.A. (2005). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. McGraw Hill Professional SNI-04-7182-2006. Biodiesel.
- Sudarsono, Gunawan, D., Wahyuono, S., Donatus, A.I., & Purnomo. (2002). *Tumbuhan Obat II, Hasil Penelitian, Sifat-Sifat, dan Penggunaan*. Pusat Studi Obat Tradisional UGM. Yogyakarta.
- Suryaputra W., Winata I., Indraswati N., & Ismadji S. (2013). Waste capiz (*amusium, cristatum*) shell as a new heterogeneous catalyst for biodiesel production. *Fuel*, 50:795-799.
- Standar internasional ASTM Provisional Specification For Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels, ASTM Designation PS 121-99.
- Teixeira, L.S.G, Assis, J.C.R., Mendonça, D.R., Santos, I.T.V., Guimarães, P.R.B., Pontes, L.A.M., Teixeira, J.S.R. (2009). Comparison between conventional and ultrasonic preparation of beef tallow biodiesel. *Fuel Processing Technol.* 90(9):1164-1166.
- Thompson, J.C, He, B.B. (2006). Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Engineering in Agriculture*, 22: 261-265.

- Thompson, J., & He, B. (2007). Biodiesel production using static mixers. *Trans. ASABE*, 50(1):161–165.
- Van Gerpen, J., & Knothe, G. (2005). *Basics of transesterification*. In: *The Biodiesel Handbook*. pp. 26-41. G. Knothe, J. Krahl, and J. Van Gerpen, eds. AOCS Press, Champaign, Ill.
- Van Gerpen, J. (2012). Waste Management in Biodiesel Production. *Farm Energy*. 1-8.
- Van Gerpen, J. (2012). Transportation and Storage of Biodiesel. *Farm Energy*. 1-7.
- Van Kasteren, J.M.N., & Nisworo, A.P. (2007). A process model to estimate the cost of industrial scale biodiesel production from waste cooking oil by supercritical transesterification. *Resources, Conservation and Recycling*, 50(4):442-458.
- Wen, Z. (2012). New Uses for Crude Glycerin from Biodiesel Production. *Farm Energy*. 1-12.

## GLOSARIUM

<i>Cooling Biodiesel Unit</i>	Pendinginan <i>Methylester</i> sebelum masuk atau di simpan di <i>Maturation tank</i>
CPO	<i>Crude Palm Oil</i> . Minyak kelapa sawit (MKS) dari daging buah yang merupakan produk utama PKS
<i>Free Fatty Acid (FFA)</i>	Kandungan asam lemak bebas dari suatu bahan
<i>Final Methylester Clarification Unit</i>	Proses pemisahan <i>Methylester</i> dari <i>Sterol Glycoside</i> (SG)
<i>Final Methylester Glycerine Centrifugation</i>	Proses membersihkan <i>Methylester</i> dari sisa sabun ( <i>soap</i> )
<i>Glycerine Separation Unit</i>	Proses pemisahan <i>Glycerin</i> dari <i>Methylester</i>
<i>Maturation Tank</i>	Pengendapan <i>Crude Methyl Ester</i> (CME), dan proses pemisahan <i>Sterol Glycoside</i> (SG) terbentuk dalam tangki sementara
<i>Methylester Purification</i>	Proses penguapan metanol dan air
<i>Flash Of Metanol Unit</i>	
<i>Oil Drying Unit</i>	Pengeringan minyak (RBDPO) dari kadar air ( <i>moisture</i> )
PKO	Palm Kernel Oil. Minyak yang dihasilkan dari inti kelapa sawit
<i>Storage Tank</i>	Tempat penyimpanan final produk
<i>Transesterification Unit</i>	Proses reaksi minyak (RBDPO) dan metanol dengan bantuan katalis

## INDEKS

### A

AHP, 9, 10  
ASTM, i, iii, 16, 17, 18, 19, 20, 48,  
65

### B

BBN, 9, 10  
biodiesel, iii, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12,  
13, 14, 15, 16, 17, 23, 30, 31, 44,  
45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54,  
55, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 64, 65,  
66  
Bioenergi, i, 1, 63  
bioetanol, ii, 2, 9  
biofuel, 1, 2  
biogas, 2, 6, 59

### C

CPO, 5

### E

Eropa EN 14214-2003, 17  
Esterifikasi, i, 14, 15, 63

### F

FAME, iii, 3, 16, 17, 18, 21, 34, 35,  
38, 43  
FFA, 11, 12, 21, 36

### K

katalis, 13, 14, 15, 16, 25, 44, 45, 47,  
48, 54, 55, 57  
Kelapa sawit, 4, 6

### M

Mimba, 7

### N

Nyamplung, iii, 6

### P

PKO, 5

### R

RBDPO, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 36  
RBDPS, 21, 22

### S

Singkong karet, 8, 9  
SNI 04-7182-2006, iv, 11, 19

### T

Transesterifikasi, 3, 12, 13, 15, 16,  
25, 26, 36, 47, 48, 50, 57, 58

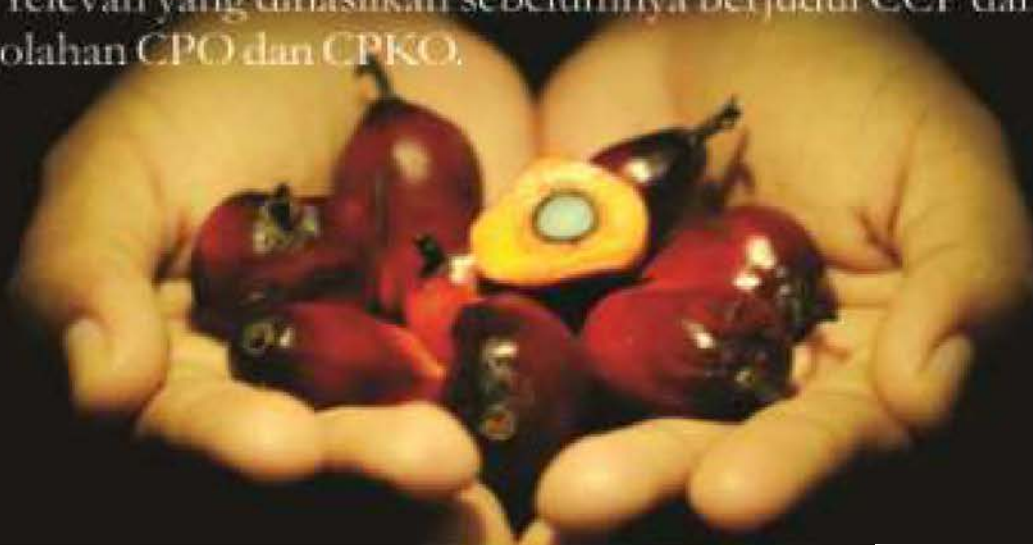


## PROFIL PENULIS

Prof. Dr. Ir. Hesty Heryani, M.Si, IPU

Sebagai Dosen di Jurusan Teknologi Industri Pertanian dan Program Profesi Insinyur (PS PPI) Universitas Lambung Mangkurat, Penulis menyelesaikan studi terakhir dan meraih Doktor di bidang Teknologi Industri Pertanian. Jabatan Guru Besar bidang Ilmu Teknologi Industri Pertanian diraih pada Tahun 2017 dengan Orasi Ilmiah berjudul Pengembangan Riset Untuk Industri Berdasarkan Tingkat Kesiapan Inovasi (*Innovation Readiness Level*) Untuk Daya Saing Bangsa. Sebelumnya pada tahun 2016, Penulis memperoleh Sertifikasi Insinyur Profesional (IPM) dan tahun 2017 memperoleh ASEAN Eng. Selanjutnya pada tahun 2018 memperoleh SIP Insinyur Profesional Utama (IPU).

Pada lima tahun terakhir yaitu sejak tahun 2014-2016 memperoleh Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, tahun 2015-2017 memperoleh Penelitian Kerjasama Luar Negeri dan Publikasi Internasional dan pada tahun 2018 memperoleh Penelitian Strategis Nasional. Sebelumnya dengan pendanaan DP2M Kemenristekdikti, Penulis juga pernah memperoleh Hibah Kompetensi (2008-2009), Riset MP3EI (2013-2014) dengan judul Pengembangan Reaktor Untuk Produksi Bioenergi Berbasis Generasi Kedua Kelapa Sawit, selanjutnya memperoleh Granted PATEN pada tahun 2017. Buku relevan yang dihasilkan sebelumnya berjudul CCP dan CP pada Proses Pengolahan CPO dan CPKO.



Lambung Mangkurat University press, 2018

d.a. Perustakaan Universitas Lambung Mangkurat

Jl. H. Teknologi Produksi Biodiesel

Telp/fax: 0511-4455555  
hheryani@ulm.ac.id

ISBN 978-602-6463-66-7

