

# BIOFUEL : POTENSI DAN ISU SOSIAL SERTA KEBIJAKANNYA

Penulis :  
**Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr.(Han)**  
**Muhammad Iman Hidayat, S.Si.**  
Penulis Koresponden :  
**T. D. Siwi Candra Widiyati, S. E., S. Pd., M. Pd.**

Penggunaan sistem produksi biofuel untuk mengatasi dilema energi dunia telah menimbulkan pertanyaan kontroversial mengenai keberlanjutan sistem tersebut pada tingkat ekologi, termodinamika, sosial, politik, dan ekonomi. Meskipun sektor kelapa sawit menghasilkan biomassa dalam jumlah besar setiap tahunnya, sangat sedikit biomassa yang digunakan untuk menghasilkan bioproduct yang memiliki nilai tambah seperti suplemen makanan dan biofuel. Namun, pengurangan besar-besaran di sisi permintaan dengan peningkatan konservasi dan peningkatan efisiensi proses harus menjadi tujuan pengembangan energi dan sumber daya berkelanjutan.

Keberlanjutan sosial industri biofuel kelapa sawit menekankan perlunya menghasilkan dampak sosial dan distribusi yang positif yang akan bermanfaat bagi generasi mendatang, seperti lapangan kerja, ketahanan pangan, pelestarian budaya, pembagian yang adil di antara pihak-pihak yang terlibat, kemajuan teknologi, dan pelatihan. Pertumbuhan industri bahan bakar nabati kelapa sawit sebagai respons terhadap upaya mitigasi perubahan iklim mengharuskan sektor ini untuk memprioritaskan keberlanjutan sosial, lingkungan, dan politik dari produksi bahan baku kelapa sawit.



**WINEKA MEDIA**

Anggota IKAPI No.115/JTI/09  
Jl. Palmerah XIII N29B, Vila Gunung Buring,  
Malang 65138  
Website <http://www.winekamedia.net>  
E-mail : [winekamedia@gmail.com](mailto:winekamedia@gmail.com)  
WA: 0812 3485 7381



BIOFUEL : POTENSI DAN ISU SOSIAL SERTA KEBIJAKANNYA

Dr. Rachmat, S.I.P., M.M., M.Tr.(Han) dkk

Penulis :  
**Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr.(Han)**  
**Muhammad Iman Hidayat, S.Si.**  
Penulis Koresponden :  
**T. D. Siwi Candra Widiyati, S. E., S. Pd., M. Pd.**

# BIOFUEL : POTENSI DAN ISU SOSIAL SERTA KEBIJAKANNYA



**WINEKA MEDIA**

**BIOFUEL :**  
**POTENSI DAN ISU SOSIAL**  
**SERTA KEBIJAKANNYA**



# **BIOFUEL : POTENSI DAN ISU SOSIAL SERTA KEBIJAKANNYA**

Penulis :

**Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr.(Han)  
Muhammad Iman Hidayat, S.Si.**

Penulis Koresponden :

**T. D. Siwi Candra Widiyati, S. E., S. Pd., M. Pd.**



# **BIOFUEL : POTENSI DAN ISU SOSIAL SERTA KEBIJAKANNYA**

Penulis :

**Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr.(Han)  
Muhammad Iman Hidayat, S.Si.**

Penulis Koresponden :

**T. D. Siwi Candra Widiyati, S. E., S. Pd., M. Pd.**

ISBN 978-623-437-038-6



Cetakan Pertama : Februari 2024

**Penerbit**



**WINEKA MEDIA**

Anggota IKAPI No.115/JTI/09

Jl. Palmerah XIII N29B, Vila Gunung Buring,  
Malang 65138

Website <http://www.winekamedia.net>

E-mail : [winekamedia@gmail.com](mailto:winekamedia@gmail.com)

WA : 0812 3485 7381

# **KATA PENGANTAR**

Buku ini merupakan hasil dari penulis mempelajari dampak dari biofuel, dengan cara penyajian materi disusun dalam bahasa yang lebih mudah dipahami, setiap pokok bahasan dipertajam pembahasannya.

Buku ini memuat materi yang lengkap, dimulai dengan konsep dasar biofuel, potensinya, serta isu social dan kebijakannya.

Akhirnya sebagai karya manusia, penyusun menyadari banyak kekurangan dan kelemahan yang terdapat di dalam buku ini. Untuk itu penyusun terbuka terhadap kritik dan saran dari pembaca.

Wassalam

Batu, Januari 2024

**Penyusun**

# PRAKATA

Penggunaan sistem produksi biofuel untuk mengatasi dilema energi dunia telah menimbulkan pertanyaan kontroversial mengenai keberlanjutan sistem tersebut pada tingkat ekologi, termodinamika, sosial, politik, dan ekonomi. Meskipun sektor kelapa sawit menghasilkan biomassa dalam jumlah besar setiap tahunnya, sangat sedikit biomassa yang digunakan untuk menghasilkan bioproduk yang memiliki nilai tambah seperti suplemen makanan dan biofuel. Namun, pengurangan besar-besaran di sisi permintaan dengan peningkatan konservasi dan peningkatan efisiensi proses harus menjadi tujuan pengembangan energi dan sumber daya berkelanjutan.

Keberlanjutan sosial industri biofuel kelapa sawit menekankan perlunya menghasilkan dampak sosial dan distribusi yang positif yang akan bermanfaat bagi generasi mendatang, seperti lapangan kerja, ketahanan pangan, pelestarian budaya, pembagian yang adil di antara pihak-pihak yang terlibat, kemajuan teknologi, dan pelatihan. Pertumbuhan industri bahan bakar nabati kelapa sawit sebagai respons terhadap upaya mitigasi perubahan iklim mengharuskan sektor ini untuk memprioritaskan keberlanjutan sosial, lingkungan, dan politik dari produksi bahan baku kelapa sawit.

Permasalahan keberlanjutan utama yang muncul selama produksi biofuel dan bioproduk bernilai tambah lainnya dari biomassa kelapa sawit dievaluasi dan dibahas dalam buku ini, **Biofuel : Potensi dan Isu Sosial serta Kebijakannya**.

Demikian gambaran singkat isi buku ini, Penulis berharap isi buku ini dapat memberikan gambaran serta pengetahuan kepada pembacanya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang baik langsung atau tidak langsung yang banyak membantu penulis mengerti dan memahami dunia pemrograman. Kepada dosen senior yang telah mengajarkan banyak hal, kepada teman-teman yang memberikan saran dan pencerahan, dan kepada penerbit yang telah menerbitkan buku ini.

# DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b>	i
<b>KATA PENGANTAR</b>	ii
<b>DAFTAR ISI</b>	iii
<b>DAFTAR TABEL</b>	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	v
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	1
<b>BAB II. TEKNOLOGI BIOFUEL</b>	7
2.1 Jenis Biofuel	9
2.2 Teknologi Produksi Biofuel	15
2.3 Teknologi Produksi Bioetanol	17
2.3.1 Jalur Kimia	18
2.3.2. Jalur Biokimia	18
2.4 Generasi Biofuel	19
<b>BAB III. KEBERLANJUTAN BIOFUEL DAN KEBIJAKAN-KEBIJAKAN</b>	24
3.1 Inisiatif Keberlanjutan dan Sertifikasi Biofuel	24
3.2 Permasalahan Utama Keberlanjutan Biofuel	26
3.3 Tantangan dalam Mengadopsi Sertifikasi Produksi Biofuel Berkelanjutan	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	35
<b>BIODATA PENULIS</b>	36



# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakterisasi Bahan Baku untuk Produksi Biofuel	12
Tabel 2.2. Perbandingan Beberapa Sumer Bahan Biodiesel	15

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Sintesis Biodiesel	12
Gambar 2.2. Negara dengan emisi karbon dioksida tinggi	20
Gambar 2.3. Klasifikasi biofuel tiap generasi berdasarkan bahan yang digunakan	21
Gambar 2.4. Pemanfaatan biogas padat dan cair dalam beberapa tahun terakhir di seluruh dunia untuk pembangkit listrik.	22
Gambar 2.5. Pasokan biomassa domestik secara global	23
Gambar 2.6. Perbandingan keuntungan dan kerugian dari berbagai generasi biofuel	23

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Bahan bakar adalah bahan kimia yang digunakan untuk menghasilkan energi ketika dibakar. Dalam banyak kasus, mungkin lebih layak untuk melakukan satu atau lebih tahap pemrosesan pada bahan bakar sebelum membakarnya. Hal ini dapat dilakukan untuk meningkatkan hasil bahan bakar dari sumbernya, meningkatkan kinerja bahan bakar selama pembakaran, atau mengurangi potensi masalah lingkungan yang terkait dengan penggunaannya. Proses untuk meningkatkan hasil bensin dari minyak bumi, meningkatkan kinerja bensin di mesin, dan mengubah batubara padat menjadi bahan bakar gas atau cair yang lebih bersih adalah contohnya. Gas alam dan minyak bumi, khususnya, merupakan bahan baku yang signifikan untuk industri kimia organik, yang menghasilkan berbagai bahan yang berguna. Bahan bakar dapat dibakar secara langsung untuk melepaskan energi panas, diubah secara kimiawi menjadi bentuk bahan bakar yang lebih bersih atau lebih nyaman, atau diubah menjadi senyawa atau bahan non-bahan bakar. Aplikasi ini mungkin tampak agak berbeda pada pandangan pertama, namun semuanya melibatkan pembentukan dan pemutusan ikatan kimia serta modifikasi struktur molekul. Kandungan kimia dan struktur molekul bahan bakar terkait erat dengan cara kita menggunakannya dan perilakunya selama proses konversi atau penggunaan.

Penggunaan sistem produksi biofuel untuk mengatasi dilema energi dunia telah menimbulkan pertanyaan kontroversial mengenai keberlanjutan sistem tersebut pada tingkat ekologi, termodinamika, sosial, politik, dan ekonomi. Meskipun sektor kelapa sawit menghasilkan biomassa dalam jumlah besar setiap tahunnya, sangat sedikit biomassa yang digunakan untuk menghasilkan bioproduk yang memiliki nilai tambah seperti suplemen makanan dan biofuel. Namun,

pengurangan besar-besaran di sisi permintaan dengan peningkatan konservasi dan peningkatan efisiensi proses harus menjadi tujuan pengembangan energi dan sumber daya berkelanjutan.

Keberlanjutan sosial industri biofuel kelapa sawit menekankan perlunya menghasilkan dampak sosial dan distribusi yang positif yang akan bermanfaat bagi generasi mendatang, seperti lapangan kerja, ketahanan pangan, pelestarian budaya, pembagian yang adil di antara pihak-pihak yang terlibat, kemajuan teknologi, dan pelatihan. Pertumbuhan industri bahan bakar nabati kelapa sawit sebagai respons terhadap upaya mitigasi perubahan iklim mengharuskan sektor ini untuk memprioritaskan keberlanjutan sosial, lingkungan, dan politik dari produksi bahan baku kelapa sawit.

Permasalahan keberlanjutan utama yang muncul selama produksi biofuel dan bioproduk bernilai tambah lainnya dari biomassa kelapa sawit dievaluasi dan dibahas dalam buku ini, Keberlanjutan Produksi Biofuel dari Biomassa Kelapa Sawit.

Penggunaan sistem produksi biofuel untuk mengatasi dilema energi dunia telah menimbulkan pertanyaan kontroversial mengenai keberlanjutan sistem tersebut pada tingkat ekologi, termodinamika, sosial, politik, dan ekonomi. Meskipun sektor kelapa sawit menghasilkan biomassa dalam jumlah besar setiap tahunnya, sangat sedikit biomassa yang digunakan untuk menghasilkan bioproduk yang memiliki nilai tambah seperti suplemen makanan dan biofuel. Namun, pengurangan besar-besaran di sisi permintaan dengan peningkatan konservasi dan peningkatan efisiensi proses harus menjadi tujuan pengembangan energi dan sumber daya berkelanjutan.

Keberlanjutan sosial industri biofuel kelapa sawit menekankan kebutuhan untuk menghasilkan dampak sosial dan distribusi yang positif yang akan bermanfaat bagi generasi mendatang, seperti lapangan kerja, ketahanan pangan, pelestarian budaya, pembagian yang adil di antara pihak-pihak yang terlibat, kemajuan teknologi, dan pelatihan. Pertumbuhan industri bahan bakar nabati (biofuel) kelapa sawit sebagai respons terhadap upaya mitigasi perubahan iklim

menjadikan sektor ini perlu melakukan hal tersebut memprioritaskan keberlanjutan sosial, lingkungan, dan politik dari produksi bahan baku kelapa sawit.

Permasalahan keberlanjutan utama yang muncul selama produksi biofuel dan bioproduct bernilai tambah lainnya dari biomassa kelapa sawit dievaluasi dan dibahas dalam buku ini, Keberlanjutan Produksi Biofuel dari Biomassa Kelapa Sawit.

Penggunaan biodiesel sebagai bahan referensi memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perluasan layanan metrologi di industri energi, bahkan di luar kerangka metrologi internasional yang rumit dan kaitannya dengan praktik global. Fakta ini mempunyai dampak langsung terhadap matriks energi nasional. Setiap hari, pasar bahan bakar semakin menuntut, sehingga mendorong laboratorium dan perusahaan nasional untuk mengambil tindakan metodis terhadap ketertelusuran dan keandalan pengukuran sambil menghindari potensi hambatan yang tidak terkait dengan pajak yang dikenakan pada produk dalam negeri. Penting untuk dicatat bahwa komersialisasi produk-produk berbasis dasar minyak bumi mempengaruhi berbagai sektor ekonomi, terutama transportasi, yang menjamin penyediaan layanan yang luar biasa atau pertumbuhan ekonomi yang sama sekali tidak memadai.

Konsep keberlanjutan dan pembangunan berkelanjutan sudah ada sejak awal tahun 1990an, ketika permasalahan pengelolaan sumber daya yang dihadapi oleh sebagian besar negara termasuk kerusakan lingkungan, perekonomian yang tidak stabil, masyarakat yang tidak berfungsi, dan lain-lain. Meskipun pembangunan berkelanjutan mencakup berbagai topik yang pada akhirnya mengarah pada transisi dari "sampah" menjadi "kekayaan", pendekatan ini dengan tegas menekankan produksi dan konsumsi berkelanjutan sebagai jalan menuju lingkungan yang sehat, ekonomi yang kuat, kemajuan sosial, dan kesetaraan—semuanya dalam batas-batas sumber daya alam yang ada di bumi.

Definisi "keberlanjutan" dan "pembangunan berkelanjutan" sangat beragam, namun semuanya berfokus pada penggunaan sumber daya secara bijaksana demi masa depan yang lebih baik sambil mempertimbangkan kualitas hidup generasi mendatang. Penggunaan sumber daya secara efisien, pelestarian lingkungan, pelestarian standar tinggi dan pertumbuhan ekonomi yang stabil, serta kemajuan sosial yang memenuhi kebutuhan seluruh anggota masyarakat merupakan komponen penting dari keberlanjutan. Semua elemen ini berasal dari keberhasilan penerapan undang-undang dan penerapan undang-undang tersebut secara efektif untuk mendorong keberlanjutan dan pembangunan berkelanjutan.

Meskipun istilah "keberlanjutan" dan "pembangunan berkelanjutan" memiliki arti yang serupa, namun keduanya saling mempengaruhi. Keberlanjutan adalah langkah penting menuju pembangunan berkelanjutan. Pencapaian pembangunan berkelanjutan merupakan tujuan jangka panjang yang sangat bergantung pada keberlanjutan. Karena pembangunan berkelanjutan mencakup spektrum kemajuan yang luas atau perbaikan bermanfaat yang tidak selalu mudah dicapai, keberlanjutan mungkin tidak selalu sama dengan pembangunan berkelanjutan.

Secara umum, keberlanjutan mempertimbangkan penggunaan sumber daya dan penciptaan produk secara efektif, sehingga menghasilkan pembangunan berkelanjutan. Mengurangi konsumsi sumber daya, melindungi lingkungan, dan meningkatkan gaya hidup manusia adalah tujuan utama keberlanjutan. Sebaliknya, pembangunan berkelanjutan berkonsentrasi pada serangkaian peningkatan spesifik terhadap perluasan umat manusia yang berkelanjutan dengan membangun infrastruktur dan fasilitas yang signifikan.

Produksi berkelanjutan belum tentu berarti "tanpa limbah" atau "tanpa emisi" karena suatu produk tidak dapat dibuat atau diproduksi tanpa dihasilkannya produk sampingan. Oleh karena itu, produksi atau manufaktur berkelanjutan melibatkan pemanfaatan bahan-bahan terbarukan dan aman secara efisien untuk menciptakan produk yang hemat biaya melalui teknologi aman yang tidak merusak lingkungan.

Keberlanjutan menjadi batal jika sisi penawaran (produksi) berkelanjutan sedangkan sisi permintaan (konsumsi) tidak berkelanjutan. Produk-produk seperti pangan, bahan bakar, pakaian, dan lain-lain, dapat dikirimkan dan dikonsumsi dengan cara yang efisien sehingga dapat mengurangi daya dukung ekosistem. Pencapaian konsumsi produk yang berkelanjutan sangat bergantung pada perilaku konsumen yang menentukan cara pemanfaatan produk tersebut secara efisien atau tidak. Praktik "dividen ganda" konsumsi berkelanjutan yang diusulkan oleh Jackson (2005) yang mengadopsi tren gaya hidup sederhana dan altruistik yang mengonsumsi lebih sedikit bahan dan energi (Brown dan Kasser 2005). Misalnya, bahan bakar yang diproduksi secara berkelanjutan (misalnya biodiesel) dapat dikonsumsi secara berkelanjutan sedemikian rupa sehingga hanya dapat digunakan untuk jarak tertentu, sedangkan sepeda dapat digunakan untuk jarak pendek.

Energi telah menjadi kekuatan pendorong utama perekonomian dunia, yang menentukan keberhasilan gerakan menuju keberlanjutan dan pembangunan berkelanjutan. Sumber energi yang digunakan serta jumlah yang dikonsumsi selama suatu proses mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap lingkungan, masyarakat dan perekonomian secara luas. Misalnya, siklus hidup bahan bakar fosil mulai dari produksi minyak mentah hingga pengolahan hingga konsumsi dan pembuangan limbah sangat buruk bagi masyarakat. Dengan demikian, akses terhadap layanan energi yang ramah lingkungan, memadai, dan terjangkau akan membantu memberikan dampak terhadap kesejahteraan sosial masyarakat (IAEA et al. 2005). Namun, kenaikan harga minyak mentah saat ini ditambah dengan dampak buruknya terhadap lingkungan telah meningkatkan permintaan terhadap biofuel. Oleh karena itu, produksi biofuel telah mendapat banyak perhatian akhir-akhir ini sebagai salah satu cara produksi energi yang berkelanjutan. Namun, meskipun ada promosi intensif mengenai produksi dan konsumsi berkelanjutan, sebagian besar industri di banyak negara di dunia masih mengonsumsi sumber daya dalam jumlah besar untuk menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Salah satu industri tersebut adalah industri biofuel, yang mengonsumsi lebih

banyak bahan bakar fosil, yang pada akhirnya menurunkan kualitas lingkungan sehingga merusak keseimbangan karbon yang dihasilkan biofuel selama pembakaran. Meskipun biofuel merupakan bahan bakar terbarukan (atau ramah lingkungan), proses produksinya mungkin menjadikannya tidak berkelanjutan karena penggunaan sumber daya yang tidak efisien, bahan baku yang tidak aman bagi lingkungan, desain proses yang tidak optimal dan buruk, dll., yang pada akhirnya menghasilkan produk yang mahal. Di banyak negara maju dan berkembang, konsumsi sumber daya dan produksi produk di industri tidak berkelanjutan karena banyaknya penggunaan sumber daya tak terbarukan (misalnya bahan bakar fosil). Sekali lagi sebagian besar industri seperti industri kelapa sawit menghasilkan limbah yang lebih bermanfaat namun tidak dimanfaatkan seperti daun kelapa sawit, limbah pabrik kelapa sawit, dan lain-lain, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap masyarakat. Agar produksi biofuel dapat berkelanjutan, faktor-faktor seperti biaya, masalah lingkungan, sosial, dan politik mengenai produksi yang efisien serta kebutuhan penduduk lokal, regional, nasional, dan global harus dipenuhi. Produksi biofuel yang berkelanjutan sangat bergantung pada produksi bahan mentah khususnya biomassa; oleh karena itu, perlunya mengatasi keberlanjutan produksi biofuel mulai dari tahap ekstraksi bahan baku.

Proses produksi biofuel mempunyai berbagai dampak terhadap aktivitas tertentu seperti produksi pangan, kualitas air, keanekaragaman hayati, dll., sehingga pilihan bahan baku, teknologi perkebunan dan pemanenan, desain proses produksi, metode pengiriman produk, dll., sangat menentukan keberlanjutannya. Oleh karena itu, penerapan teknologi ramah lingkungan sangat penting dalam mendorong sistem produksi biofuel menuju pembangunan berkelanjutan.



# **BAB 2**

## **TEKNOLOGI BIOFUEL**

Karena gangguan signifikan terhadap ekosistem yang disebabkan oleh beragam aktivitas manusia, planet ini telah menghadapi kesulitan produksi dan konsumsi sumber daya sejak awal waktu. Entah sumber daya tidak dikelola secara memadai selama produksi atau tidak dikonsumsi dengan cara yang tepat, menyebabkan konsekuensi sosial yang besar. Aktivitas manusia telah berdampak pada kehidupan orang-orang di Bumi sampai-sampai diperlukan upaya ekstra untuk memberikan barang dan jasa yang lebih baik yang ramah lingkungan dan masyarakat secara keseluruhan. Efek dari praktik pertanian tertentu pada ekosistem, seperti pembakaran semak, penggundulan hutan, penggunaan pestisida yang tinggi, dan pupuk buatan, meninggalkan banyak hal yang diinginkan. Hilangnya keanekaragaman hayati, penipisan ozon stratosfer, dan polusi dalam segala bentuk (tanah, air, udara, kebisingan, dll.) yang mendatangkan malapetaka pada ekosistem semuanya menakutkan. Semua tindakan ini konsisten dengan pernyataan Hawken (1993) bahwa "kita menghabiskan sumber daya yang membutuhkan waktu jutaan tahun untuk menghasilkan untuk menambah permintaan saat ini." Kecuali jika pandangan manusia dan tindakan teknis tertentu tentang sumber daya berubah, dampak negatif pada ekosistem akan tetap ada, dan tujuan mengurangi kemiskinan, penyakit, dan kelaparan dalam waktu dekat akan terhenti sejak awal. Perlindungan sumber daya alam yang bersih dengan demikian memerlukan upaya bersama di semua sektor ekonomi (termasuk industri, sektor pertanian, dan sebagainya), institusi, dan sebagainya, untuk mendefinisikan dan menerapkan konsep keberlanjutan, yang akan menjadi lebih mudah jika ada adalah pilihan kebijakan yang ramah tentang investasi, perdagangan, subsidi, dan perpajakan, untuk beberapa nama. Keberlanjutan dan pembangunan berkelanjutan muncul sebagai hasil perjuangan untuk

mencapai ekologi yang tenang untuk masa tinggal manusia yang menyenangkan.

Banyak negara saat ini memberlakukan kebijakan keberlanjutan yang pada akhirnya akan mengarah pada pembangunan berkelanjutan (Norton dan Toman 1997), namun implementasinya terbukti sulit.

Konsep keberlanjutan dan pembangunan berkelanjutan, yang membahas degradasi lingkungan, ketidakstabilan ekonomi, disfungsi sosial, dan masalah lainnya, berasal dari awal 1990-an, ketika sebagian besar negara bergulat dengan masalah pengelolaan sumber daya. Meskipun pembangunan berkelanjutan mencakup berbagai topik, yang semuanya berkontribusi pada pergeseran dari "limbah" ke "kekayaan", ini menekankan produksi dan konsumsi berkelanjutan sebagai jalan menuju lingkungan, ekonomi, kemajuan sosial, dan kesetaraan yang sehat dalam batasan dari sumber daya alam dunia. Ringkasnya, keberlanjutan adalah efisiensi penggunaan barang dan jasa yang memenuhi kebutuhan dasar sekaligus meningkatkan kehidupan masyarakat dalam masyarakat dengan mengurangi penggunaan sumber daya alam, bahan beracun, dan emisi dari limbah dan polutan sepanjang siklus hidup mereka sehingga tidak membahayakan kebutuhan generasi mendatang (Kementerian Lingkungan Norwegia 1994). Penggunaan sumber daya alam melalui proses teknis yang menghasilkan barang tambahan yang tidak segera bermanfaat bagi manusia dan dapat mengakibatkan kondisi kehidupan yang mengerikan bagi manusia, di sisi lain, menuju ke jalan yang tidak berkelanjutan.

Ada banyak definisi berbeda untuk "keberlanjutan" dan "pembangunan berkelanjutan", yang semuanya diarahkan pada penggunaan sumber daya secara bijaksana untuk masa depan yang lebih cerah sambil mempertimbangkan kualitas hidup di masa depan. Aspek kunci dari keberlanjutan adalah penggunaan sumber daya yang efisien, perlindungan lingkungan, kualitas dan pertumbuhan ekonomi yang stabil, dan peningkatan sosial yang memenuhi kebutuhan setiap orang di masyarakat, yang semuanya terkait dengan berlakunya undang-undang dan kebijakan yang efektif yang mempromosikan keberlanjutan dan pembangunan.

Terlepas dari kenyataan bahwa istilah "keberlanjutan" dan "pembangunan berkelanjutan" memiliki arti yang sama, efek dari satu mengarah ke yang lain. Keberlanjutan tidak dapat dihindari di jalan menuju pembangunan jangka panjang. Pembangunan berkelanjutan merupakan tujuan jangka panjang yang sangat bergantung pada pencapaian keberlanjutan. Keberlanjutan tidak selalu berarti pembangunan berkelanjutan, karena yang terakhir mencakup berbagai kemajuan atau perbaikan bermanfaat yang mungkin tidak datang dengan mudah. Namun, mencapai keberlanjutan secara sistematis mengarah pada pembangunan jangka panjang. Buku ini berfokus pada keberlanjutan sebagai komponen kunci dari pengembangan jangka panjang industri biofuel kelapa sawit.

Secara umum, keberlanjutan mempertimbangkan pembuatan produk yang efisien serta penggunaan sumber daya yang efisien, yang menghasilkan pengembangan jangka panjang. Tujuan dari keberlanjutan adalah untuk mengurangi penggunaan sumber daya, menyelamatkan lingkungan, dan meningkatkan gaya hidup manusia. Pembangunan berkelanjutan, di sisi lain, berfokus pada peningkatan spesifik yang berbeda dalam pertumbuhan jangka panjang manusia melalui pembangunan infrastruktur dan layanan utama.

## **2.1. Jenis Biofuel**

Batubara, minyak mentah, dan bahan bakar fosil lainnya, yang telah menjadi sumber energi utama dunia sejak akhir 1930-an, kini menyumbang sekitar 82–86% dari konsumsi energi keseluruhan (IEA 2010; Dorian et al. 2006). Bahan bakar nabati menyediakan sekitar 2% (sekitar 55 mtoe) 1 dari total bahan bakar transportasi dunia pada tahun 2011, menurut EIA, dengan penanaman bahan baku yang menyertainya yang mengklaim sekitar 2% dari total lahan pertanian dunia (Perang Dunia I 2006). Pengembangan biofuel telah mendapat banyak perhatian dalam dekade terakhir, karena efek lingkungan yang berbahaya dari bahan bakar konvensional (terutama bahan bakar fosil). Fitur paling berbahaya dari penggunaan bahan bakar fosil adalah hampir habisnya dan volatilitas harga di seluruh dunia. Karena biofuel dapat diperbarui, mereka menyediakan jangka panjang, relatif

murah (yaitu, ketika bahan bakar fosil praktis habis dan harga meroket) dan pasokan energi yang aman. Produksi dan konsumsi bahan bakar berbasis fosil yang sedang berlangsung tidak akan memungkinkan pembangunan berkelanjutan global, yang memerlukan promosi pertanian berkelanjutan yang mendesak, yang akan mengarah pada produksi dan konsumsi bahan bakar nabati dalam skala global.

Kapasitas produksi biofuel telah meningkat secara dramatis di seluruh dunia. Sejak tahun 2000, Amerika Serikat, Brasil, Uni Eropa (UE), Cina, Malaysia, dan India telah menjadi kontributor utama (IEA 2010). Bahan baku yang tumbuh subur di iklim tropis, seperti jarak pagar, kelapa sawit, dan lain-lain, diharapkan produksi tiga kali lipat di negara-negara Asia di masa depan. Meskipun budidaya bahan baku tertentu dan penggunaan teknologi produksi bahan bakar nabati yang tidak efisien mungkin memiliki konsekuensi negatif pada tanah, air, dan keanekaragaman hayati, satu manfaat lingkungan yang penting dari penggunaannya telah muncul. Kontribusi mereka terhadap emisi gas rumah kaca (GRK) selama pembakaran terbukti dapat diabaikan. Namun, keseimbangan energi dan GRK yang efektif diperlukan diintensifkan sepanjang siklus hidupnya untuk menciptakan energi yang berkelanjutan. Bab ini membahas efek prospektif dari berbagai jenis bahan bakar nabati di pasar global, serta keadaan produksi dan konsumsi global saat ini. Hampir semua benua di dunia, terutama Amerika Utara, Amerika Serikat, Uni Eropa, Asia, dan sebagian Afrika, baru-baru ini memprioritaskan biofuel sebagai bahan bakar transportasi dan bekerja keras untuk mengurangi sebagian besar kerugian signifikan yang terkait dengan produksinya. Terlepas dari kenyataan bahwa beberapa dari negara-negara ini (terutama yang berkembang) belum mengadopsi Undang-undang energi terbarukan, yang memerlukan subsidi dan insentif bagi produsen bahan bakar nabati, telah memicu minat baru dalam pengembangan bahan bakar nabati.

Biofuel adalah bahan bakar cair, padat, atau gas yang diproduksi dengan mengubah biomassa (bahan organik). Energi biomassa diperoleh dari proses fotosintesis, yang menggunakan energi matahari untuk memancarkan elektron dari molekul air. Terlepas dari

kenyataan bahwa bahan bakar fosil terbuat dari bahan organik, mereka tidak dianggap sebagai bahan bakar nabati karena planet ini membutuhkan jutaan tahun (setidaknya 20 juta tahun) untuk mengubah bahan organik mati menjadi bahan bakar fosil (yang tidak dapat diperbarui). Biofuel, di sisi lain, adalah bahan bakar terbarukan yang bahan bakunya, tidak seperti bahan bakar fosil, tidak membutuhkan waktu lama untuk tumbuh atau matang untuk dipanen. Biofuel, di sisi lain, tidak dianggap netral karbon karena bahan bakar fosil banyak dikonsumsi selama budidaya bahan baku mereka (misalnya, peralatan irigasi, traktor, dll) dan proses konversi menjadi biofuel. Selain itu, seiring dengan berkembangnya bisnis bahan bakar nabati dari tahun ke tahun, pembuatan bahan mentah terus menghabiskan keanekaragaman hayati dengan membutuhkan tanah, air, dan sumber daya lain yang seharusnya digunakan untuk budidaya tanaman pangan. Terlepas dari ini dan kerugian lainnya, biofuel masih lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil. Biofuel dikategorikan berdasarkan jenis bahan bakar yang diproduksi dan jenis bahan baku yang digunakan. Jenis biomassa atau bahan baku yang paling umum digunakan dalam produksi biofuel tercantum dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Karakterisasi Bahan Baku untuk Produksi Biofuel**

No	Tipe Bahan Baku	Klasifikasi	Sumber
1	Generasi pertama	1. Tanaman pangan	kedelai, biji bunga matahari, kanola, camelina, buah sawit, inti kelapa, biji kapas, gandum, barley, tebu, singkong, jagung
		2. Lemak hewani	Lemak babi, usus hewan, bagian hewan
2	Generasi kedua	1. Residu agrikultural	bahan gnoselulosa seperti jerami, rumput, daun, pelepah palem, sekam padi, kayu putih, semak berdaun lebar, dll.
		2. Residu hutan	Bahan lignoselulosa seperti serpihan kayu, cabang, dedaunan, akar, dll
		3. Limbah hewani dan minyak jelantah	Kotoran hewan, lemak, lemak ayam, minyak ikan, dan minyak jelantah
		4. Tanaman energi	Biji jarak, biji mahua ( <i>Madhuca indica</i> ), biji beech/pongame India ( <i>Pongamia pinnata</i> ), biji karanj, Rami, Carapa procera, dll
		5. Aliran limbah bio	limbah padat perkotaan (misalnya, limbah dapur/rumah tangga, limbah kayu konstruksi, limbah kemasan, dll.), lumpur limbah, limbah cair industri
3	Generasi ketiga	1. Ganggang mikro	botryococcus, Chlamydomonas, chlorella, spirulina, dll
		2. Ganggang makro	Cladophora, Spirogyra, Hydrodictyon, Batracho spermum, Halimeda, Maiden's Hair, Caulerpa, dll

Biofuel dapat berbentuk cair (bioethanol, biodiesel, dan minyak pirolisis), padat (kayu bakar, wood pellet, cangkang sawit, ampas tebu, dan sebagainya), atau gas (biogas, syngas, dan biohydrogen, misalnya). Bahan bakar padat, juga dikenal sebagai biofuel primer, tidak diproses dan dapat dibakar langsung untuk menghasilkan energi untuk memasak, memanaskan, dan menghasilkan listrik. Bioetanol, biodiesel, biogas, arang, hidrogen, dan bahan bakar nabati lainnya yang terbuat dari bahan baku olahan (biasa disebut sebagai bahan bakar nabati sekunder) sebagian besar digunakan untuk transportasi dan keperluan industri bersuhu tinggi. Produk sampingan, produk sampingan, serat, dan bahan lignoselulosa yang terbentuk selama pembuatan produk makanan semuanya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Black liquor, limbah sawit seperti pelepah kelapa sawit, cangkang sawit, sekam kopi, dan bahan lainnya, misalnya, merupakan sumber bahan bakar yang langsung dibakar untuk menghasilkan energi (dalam bentuk panas dan listrik) di banyak negara di dunia.

Biofuel diklasifikasikan sebagai biofuel generasi pertama, kedua, atau ketiga tergantung pada sumber bahan baku untuk produksi (Larson 2008). Biofuel generasi pertama (FGB), juga dikenal sebagai biofuel 'konvensional', adalah biofuel yang dibuat dari bahan baku generasi pertama (FGF) seperti tanaman pangan (misalnya, gula, pati, minyak sayur, lemak hewan, dll.) yang telah berhasil meletakkan dasar untuk biofuel generasi kedua dan ketiga karena teknologi dan pengembangannya yang sederhana. Potensi dampak FGB terkait erat dengan pertumbuhan bahan baku yang efisien, yang membutuhkan tanah, air, pupuk, dan bahan lainnya, yang berpotensi mengakibatkan bahaya lingkungan dan, yang paling penting, kerawanan pangan. Kerugian ini dan lainnya telah menjadi topik perdebatan hangat dalam beberapa tahun terakhir ketika menyangkut penggunaan FGF dalam produksi biofuel di seluruh dunia.

Metode konversi biokimia dan termokimia adalah dua teknologi proses utama yang digunakan untuk memproduksi biofuel. Pembakaran, pirolisis, gasifikasi, torrefaction, co-firing, operasi gabungan panas dan daya (CHP), dan proses konversi termokimia lainnya menggunakan panas (dan seringkali katalis) untuk mengubah

biomassa kering menjadi biofuel (Pramanik 2003). Kondisi proses seperti penggunaan oksigen dan tingkat panas yang digunakan membedakan proses ini. Biomassa basah juga ideal untuk prosedur termokimia seperti pemrosesan hidro dan peningkatan hidrotermal. Enzim, di sisi lain, digunakan dalam proses biokimia untuk memecah biomassa menjadi biofuel. Pencernaan anaerobik, fermentasi, pengomposan, dan transesterifikasi adalah contoh dari proses tersebut.

Biodiesel adalah biofuel cair berwarna coklat tua atau coklat keemasan yang terdiri dari mono-alkil ester rantai panjang asam lemak yang terbuat dari minyak berbasis biomassa atau lemak hewani yang dapat dicampur dengan PD atau digunakan sendiri (tergantung pada jenis alkohol yang digunakan untuk pembuatannya). Biodiesel dapat dibuat melalui berbagai proses termokimia, termasuk pirolisis, serta reaksi kimia lipid dengan alkohol dengan adanya katalis. Biodiesel, tidak seperti minyak nabati mentah, dapat digunakan dalam bentuk murni (100% biodiesel, B100) atau dicampur dengan PD dalam mesin diesel yang sedikit dimodifikasi menjadi bahan bakar mesin diesel. B5 (5% biodiesel, 95% PD), B10 (10% biodiesel, 90% PD), B20 (20% biodiesel, 80% PD), dan B80 (20% biodiesel, 80% PD) adalah beberapa campuran biodiesel sekarang digunakan di seluruh dunia (80% biodiesel, 20% PD). Dibandingkan dengan B5 dan B20, B100 dan campuran biodiesel tingkat tinggi lainnya (dari B25 hingga B95) tidak banyak digunakan karena harganya lebih mahal, seringkali memerlukan modifikasi mesin tertentu, dan biasanya tidak tercakup oleh subsidi atau insentif peraturan kebijakan lainnya.

Kelangsungan jangka panjang produksi biodiesel tergantung pada sejumlah faktor, termasuk:

- a. Sumber bahan baku (misalnya, tanaman yang dapat dimakan, minyak limbah, minyak pirolisis dari biomassa, dll.)
- b. Jenis bahan baku berdasarkan jumlah asam lemak bebas (FFA) dalam bahan baku (misalnya, lemak hewani, minyak nabati (baik yang disuling atau tidak dimurnikan, dll.)).



## 2.2. Teknologi Produksi Biodiesel

Fatty Acid Methyl Esters (FAME) biodiesel adalah biofuel sintetis, bersih, tidak beracun, dan berkualitas tinggi yang terbuat dari monoalkil ester asam lemak rantai panjang yang diperoleh dari sumber triasilgliserida seperti sisa minyak nabati sektor makanan dan lemak hewani. Dalam proses pembakaran, emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) lebih rendah untuk yang terbuat dari bahan nabati daripada yang terbuat dari bahan bakar fosil. Kualitas biodiesel bervariasi tergantung pada bahan bakunya; di antara yang paling menonjol dan menarik adalah biodegradabilitas dan non-toksitasnya.

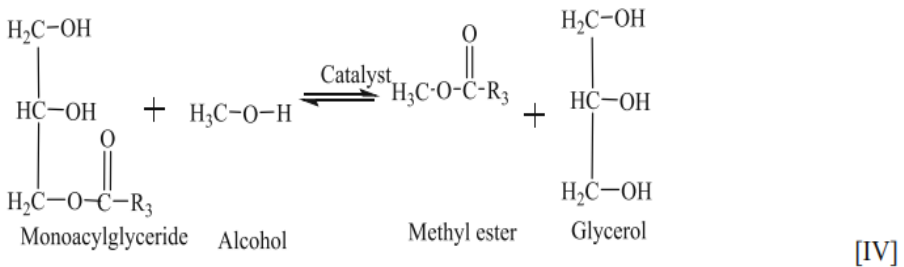
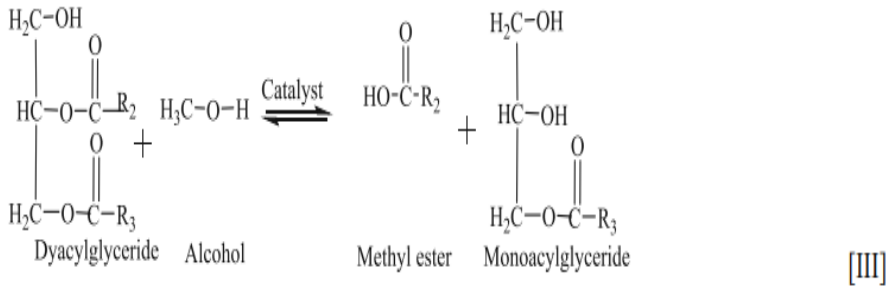
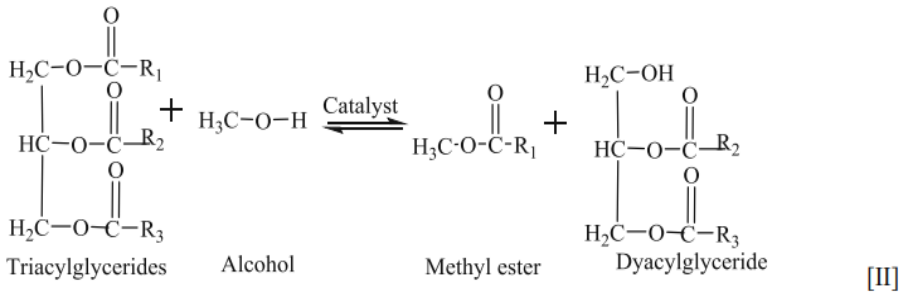
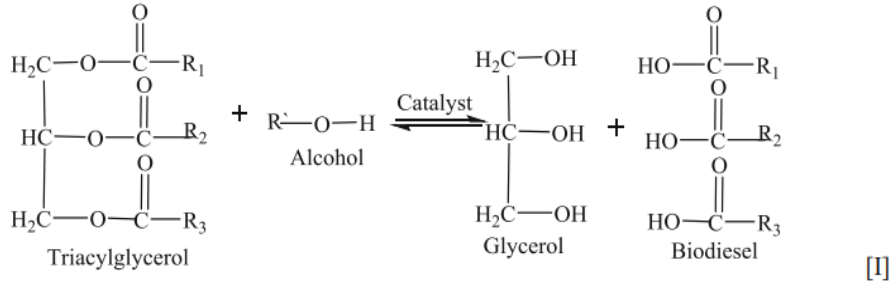
Biodiesel memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan solar: Karena keadaannya yang teroksigenasi, ia menghasilkan lebih sedikit polutan (karbon dioksida, sulfur oksida, nitrogen, dan logam) selama pembakaran; (3) memiliki sifat pelumas yang mengurangi keausan mesin; dan (4) aman untuk penyimpanan dan penanganan karena volatilitasnya yang rendah dan titik nyala yang tinggi (100-170°C).

Teknik produksi biodiesel telah dikenal di Amerika Serikat selama lebih dari 50 tahun, dan sebagian besar terbuat dari minyak kedelai. Sumber biodiesel lain di dunia antara lain minyak canola, lemak hewani, minyak sawit, minyak jagung, minyak canola, minyak jarak pagar, minyak kelapa, minyak jelantah, dan minyak alga, yang semuanya berpotensi menggantikan solar berdasarkan hasil minyaknya. dan luas permukaan yang diperlukan (Tabel 2.2)

**Tabel 2.2. Perbandingan Beberapa Sumer Bahan Biodiesel**

<b>Tanaman</b>	<b>Minyak Yang Dihasilkan (L/hektar)</b>	<b>Luas Permukaan Yang Dibutuhkan (m ha)</b>
Jagung	172	1540
Kedelai	446	594
Canola	1190	223
Jatropha	1892	140
Kelapa	2689	99
Kelapa Sawit	5950	45

Biodiesel dibuat dengan mengubah triasilgliserida menjadi metil ester asam lemak (FAMES) dengan adanya alkohol (metanol atau etanol) dan asam, dengan katalis basa yang paling umum, gliserol, diperoleh sebagai produk sampingan (lihat Gambar 2.2).



**Gambar 2.1. Proses Sintesis Biodiesel**

Diasilgliserida dibuat dari triasilgliserida pada reaksi awal [II], diikuti oleh monoasilgliserida [III], dan akhirnya gliserin [IV]. Tiga molekul metil ester terbentuk dari kelebihan alkohol selama proses untuk mengalihkan reaksi dari pembentukan metil ester.

Variabel berikut memiliki dampak terbesar pada transesterifikasi: kemurnian dan kualitas reagen, rasio molar alkohol/minyak, jenis alkohol, jenis dan jumlah katalis, suhu, agitasi, dan waktu. Akibatnya, sangat penting untuk menjaga faktor-faktor ini tetap terkendali.

### **2.3. Teknologi Produksi Bioetanol**

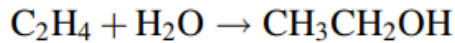
Fermentasi etanol adalah proses biologis yang mengubah karbohidrat seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa menjadi energi seluler sekaligus menghasilkan etanol dan CO<sub>2</sub>. Dengan tidak adanya oksigen, ragi mengalami konversi anaerobik. Satu molekul glukosa terpecah menjadi dua piruvat selama produksi etanol. Reaksi eksotermik ini melepaskan energi, yang digunakan untuk mengikat fosfat anorganik Adenosin di fosfat (ADP) dan mengubah Nicotinamide Adenine Dinucleotide (NAD<sup>+</sup>) menjadi Nicotinamide Adenine Dinucleotide Hydrogen (NADH). Kedua piruvat tersebut kemudian dipecah menjadi dua asetaldehida, yang masing-masing mengeluarkan dua CO<sub>2</sub>. Menggunakan an ion-H dari NADH, kedua asetaldehida diubah menjadi dua etanol, mengubah NADH menjadi NAD<sup>+</sup>.

Banyak peneliti mengembangkan dan mengoptimalkan model matematika non-linier dari fermentasi etanol dengan memanfaatkan berbagai mikrobiologi. Baltes dkk. (1994) juga menunjukkan analisis sensitivitas beberapa parameter selama produksi. Tao dkk. (2005) menyelidiki sintesis etanol oleh *Zymomonas mobilis* yang tahan asam di lingkungan yang tidak steril. Hasil potensial etanol dari glukosa ditemukan menjadi 0,488 g/g. Secara umum, sebagian besar model kinetik non-linier yang dikembangkan dari pengamatan eksperimental batch untuk menganalisis profil konsentrasi untuk proses fermentasi mungkin tidak sepenuhnya akurat. Menggunakan *Saccharomyces diastaticus* dalam fermentor 5 L, Wang dan Sheu (2000) menggunakan optimasi multi-tujuan untuk memperkirakan parameter model kinetik

dari proses fermentasi batch dan fed-batch untuk produksi etanol. Mereka menemukan bahwa evolusi diferensial hibrida dari parameter digunakan agar sesuai dengan model yang diperkirakan.

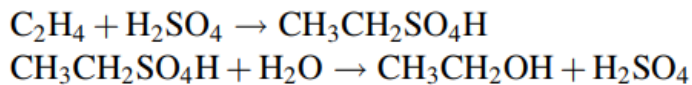
### 2.3.1 Jalur Kimia

Etanol untuk digunakan sebagai bahan baku industri atau pelarut (juga dikenal sebagai etanol sintetik) dibuat terutama melalui hidrasi etilen yang dikatalisis asam dari bahan baku petrokimia:



Teknik ini menggunakan asam fosfat sebagai katalis, yang diadsorpsi pada pendukung berpori seperti silika gel atau tanah diatom. Pada tahun 1947, Shell Oil Company adalah yang pertama menggunakan katalis ini dalam skala luas untuk memproduksi etanol. Reaksi berlangsung pada 300°C (572°F) dengan adanya uap bertekanan tinggi, dengan rasio etilen-ke-uap 1,0 : 0,6. Metode ini pernah digunakan oleh Union Carbide Corporation dan perusahaan lain di Amerika Serikat, tetapi sekarang hanya digunakan secara komersial oleh Lyondell Basell.

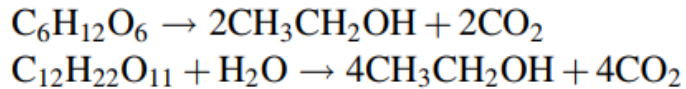
Dalam teknik yang lebih lama, etilena dihidrasi secara tidak langsung untuk membentuk asam sulfovinat (etil sulfat) dengan menggabungkannya dengan asam sulfat (konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), yang kemudian dihidrolisis untuk menghasilkan etanol sementara asam sulfat diregenerasi. Teknik ini awalnya digunakan secara industri oleh Union Carbide pada tahun 1930, namun sekarang benar-benar ketinggalan jaman.



### 2.3.2. Jalur Biokimia

Fermentasi menghasilkan etanol, yang digunakan dalam minuman beralkohol dan sebagai bahan bakar. Gula dimetabolisme oleh beberapa spesies ragi (misalnya, *Saccharomyces cerevisiae*) untuk

membuat etanol dan karbon dioksida. Konversi ini digambarkan secara rinci dalam persamaan kimia di bawah ini:



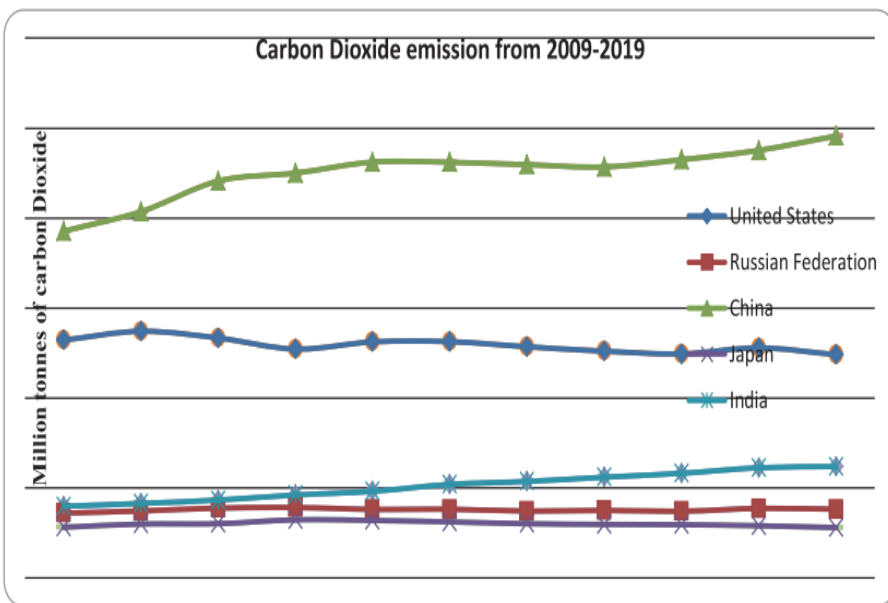
Fermentasi adalah proses menumbuhkan ragi di lingkungan yang terkendali untuk membuat alkohol. Prosedur ini dilakukan pada suhu 35–40°C (95–104°F). Toksisitas etanol terhadap ragi membatasi jumlah etanol yang dapat diperoleh melalui fermentasi. Akibatnya, konsentrasi yang lebih besar memerlukan distilasi atau fortifikasi. Strain ragi yang paling toleran terhadap etanol dapat bertahan hingga konsentrasi etanol 18%. Untuk membuat etanol dari bahan bertepung seperti biji-bijian sereal, pati terlebih dahulu harus diubah menjadi gula. Ini secara tradisional telah dicapai dalam pembuatan bir dengan membiarkan biji-bijian atau malt berkecambah, menghasilkan sintesis enzim amilase. Amilase mengubah pati yang tersisa menjadi gula ketika biji yang berkecambah dihancurkan.

## 2.4. Generasi Biofuel

Biofuel adalah bahan bakar yang dikembangkan dan dibuat dari bahan organik seperti tanaman dan residunya, tanaman pertanian, dan produk sampingan yang dapat digunakan sebagai alternatif yang layak untuk bahan bakar berbasis minyak bumi. Dengan kemajuan teknologi mutakhir, telah terjadi peningkatan yang signifikan dalam permintaan energi, yang mengakibatkan konsumsi bahan bakar fosil yang berlebihan. Akibatnya, energi terbarukan sedang dieksplorasi sebagai pengganti yang memungkinkan, dan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungannya mendapatkan daya tarik di seluruh dunia. Konsep penggunaan biofuel sudah ada sejak lama. Sumber daya biologis digunakan untuk produksi energi lebih awal dalam sejarah manusia. Namun, peradaban memilih bahan bakar fosil daripada sumber daya tanaman sebagai sumber energinya karena kemudahan ketersediaan dan kelayakan ekonomi.

Biofuel dapat digunakan sebagai aditif bahan bakar atau sebagai sumber bahan bakar murni. Biofuel selanjutnya dibagi menjadi dua kategori: bioetanol dan biodiesel.

Di sektor transportasi, biofuel cair dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar konvensional, terhitung sekitar 18% dari total penggunaan energi primer. Dalam hal kandungan oksigen, biofuel berbeda dari bahan baku minyak bumi lainnya. Dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi, yang tidak mengandung oksigen, mereka memiliki kadar oksigen berkisar antara 10% hingga 45%. Jika dibandingkan dengan sumber minyak bumi, biofuel memiliki kadar sulfur dan nitrogen yang lebih rendah. Gambar 2.2. menggambarkan data statistik dari 2009 hingga 2019 untuk lima negara teratas dengan emisi karbon dioksida tertinggi. Emisi karbon dioksida meningkat pada tingkat yang mengkhawatirkan, dan jika terus meningkat pada tingkat ini, kekhawatiran besar akan muncul.

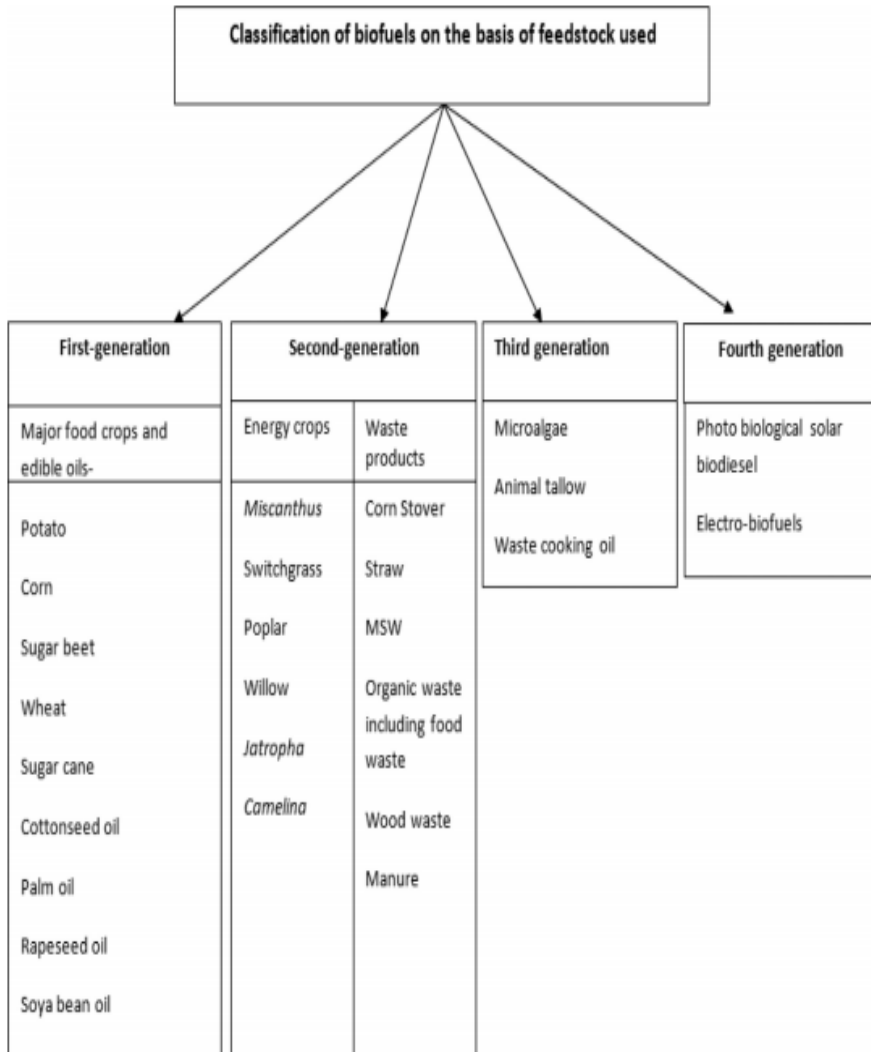


**Gambar 2.2. Negara dengan emisi karbon dioksida tinggi**

Biofuel cair dikategorikan menurut bahan baku yang digunakan dalam produksinya. Mereka diklasifikasikan sebagai berikut tergantung pada bahan baku:

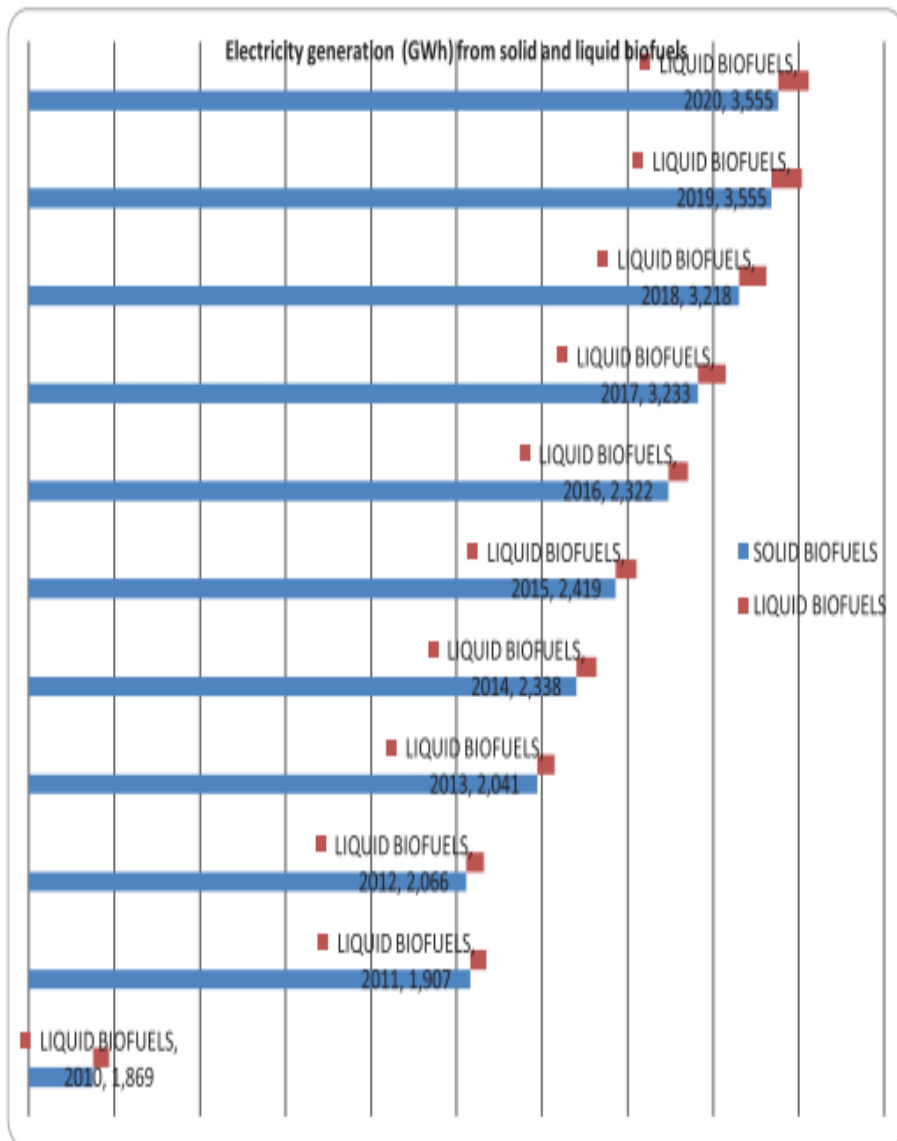
- A. Biofuel generasi pertama
- B. Biofuel generasi kedua
- C. Biofuel generasi ketiga
- D. Biofuel generasi keempat

Gambar 2.3. menjelaskan klasifikasi generasi biofuel berdasarkan bahan yang digunakan.



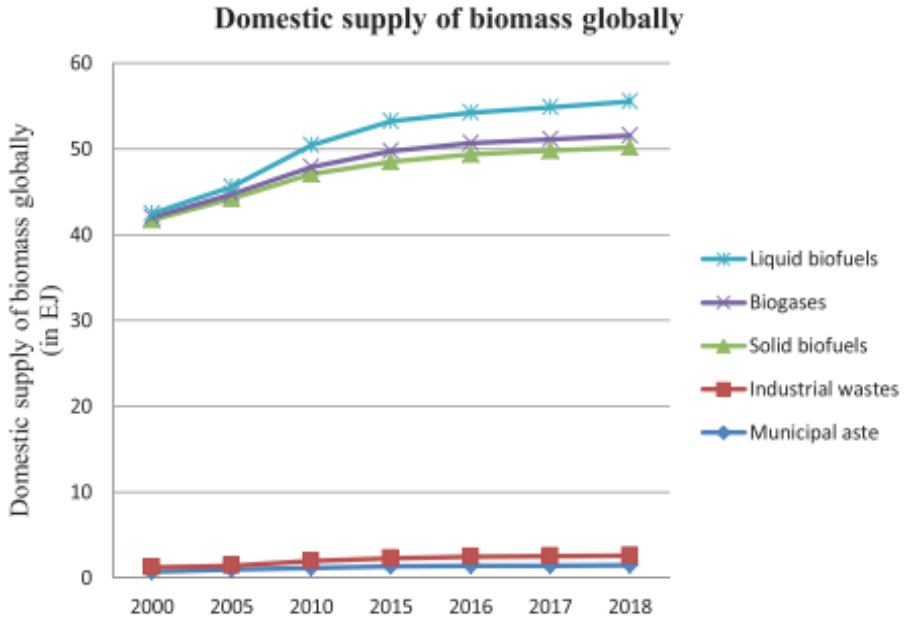
**Gambar 2.3. Klasifikasi biofuel tiap generasi berdasarkan bahan yang digunakan.**

Gambar 2.4. menjelaskan pemanfaatan biogas padat dan cair dalam beberapa tahun terakhir di seluruh dunia untuk pembangkit listrik dan Gambar 2.5. menjelaskan pasokan biomassa domestik secara global. Dalam kata lain tiap waktu kebutuhan biomassa atau biofuel semakin dibutuhkan dari waktu ke waktu.



**Gambar 2.4. Pemanfaatan biogas padat dan cair dalam beberapa tahun terakhir di seluruh dunia untuk pembangkit listrik.**





**Gambar 2.5. Pasokan biomassa domestik secara global**

Gambar 2.6. menjelaskan Perbandingan keuntungan dan kerugian dari berbagai generasi biofuel

Topic	First-generation biofuels	Second-generation biofuel	Third-generation biofuel	Fourth-generation biofuel
Feedstock	Easily available crops, Edible oil and starch	Non-food crops	Non-food crops	Non-food crops
Land footprint	Arable land	Arable land/ forest	Non-arable land	Non-arable land
Major benefits	Simple conversion process	Doesn't affect the food chain supply with less production costs	Raw material can be obtain from cheap sources such as waste food oil, waste and sea water	Increased lipid content, carbon dioxide absorbing, high energy with better growth rate
Manufacturing cost	Economically feasible	Economically less effective due to complicated conversion technology	Oil extraction processes are expensive	Initial investment and pilot setup are expensive
Water footprint	Required portable water for generation of biofuels	Required portable water for generation of biofuel	Can use waste, saline and non portable water for generation of biofuel	Can use waste, saline and non portable water for generation of biofuel
Nutrient requirements	Dependant on fertilizers and pesticides	Not dependant on any fertilizer treatment	Dependant majorly on carbon and nitrogen sources. Nutrients can be recycled and solar energy can be also used.	Dependant majorly on carbon and nitrogen sources. Nutrients can be recycled and solar energy can be also used.
Chemical fertilizers and pesticides	Principally used	Not consumed	Not consumed	Not consumed
Environmental risk	Usage of pesticides and fertilizers are threat for environment	Major risk is deforestation	Major risk is marine eutrophication	GMO release in environment can be threat.
Harvesting	Its done by machine or hand picking	Its done by machine or hand picking	Microalgae harvesting is complicated and financially expensive	Microalgae harvesting is complicated and financially expensive

**Gambar 2.6. Perbandingan keuntungan dan kerugian dari berbagai generasi biofuel**

# **BAB 3**

## **KEBERLANJUTAN BIOFUEL DAN KEBIJAKAN-KEBIJAKAN**

### **3.1. Inisiatif Keberlanjutan dan Sertifikasi Biofuel**

Meskipun subsidi bahan bakar nabati berkontribusi terhadap pertumbuhan dan perkembangan perekonomian, permasalahan keberlanjutan dan sertifikasi merupakan isu utama yang penting bagi masyarakat yang stabil dan berkelanjutan. Verdonk dkk. (2007) telah membahas secara rinci beberapa sertifikasi biofuel berkelanjutan dan menguraikan berbagai studi kasus. Agar dapat menerapkan inisiatif dan sertifikasi keberlanjutan secara efektif, harus ada badan yang berwenang secara internasional seperti Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC) yang akan memutuskan bagaimana mengalokasikan kredit karbon dan membantu menerapkan standar keberlanjutan.

Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB) adalah inisiatif internasional yang dikonsolidasikan oleh Pusat Energi di Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL) pada tahun 2007, yang bertujuan untuk mempertemukan petani, perusahaan, organisasi non-pemerintah (LSM), pemerintah, dan lembaga-lembaga lainnya. lembaga antar pemerintah yang peduli dengan produksi biofuel yang berkelanjutan. Melalui proses multi pemangku kepentingan, RSB telah mengembangkan sistem sertifikasi pihak ketiga untuk standar keberlanjutan bahan bakar nabati yang menggabungkan prinsip dan kriteria lingkungan, sosial, ekonomi, dan kebijakan. Rancangan prinsip dan kriteria keberlanjutan produksi biofuel di seluruh dunia yang disebut “Versi Nol” dirilis oleh RSB pada tahun 2008, sedangkan rancangan resmi pertama dikeluarkan pada tahun 2009

(RSB2008). Tujuan utama dari prinsip dan kriteria ini adalah untuk menguraikan dengan jelas skenario konseptual yang akan diikuti oleh orang-orang yang terlibat dalam produksi biofuel.

Budidaya kelapa sawit untuk dijadikan bahan bakar nabati (biofuel) merupakan tahapan penting dalam seluruh siklus hidup bahan bakar nabati (biofuel) kelapa sawit, oleh karena itu perlunya budidaya dan ekstraksi yang berkelanjutan minyak kelapa sawit. Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) juga merupakan organisasi multi pemangku kepentingan internasional dan skema sertifikasi untuk produksi minyak sawit berkelanjutan, yang dimulai pada tahun 2004 oleh berbagai organisasi yang terlibat dalam seluruh rantai pasokan minyak sawit. RSPO memiliki sekitar 400 anggota dan afiliasinya yang terlibat dalam produksi minyak sawit berkelanjutan Tujuan utama mereka adalah memastikan bahwa produksi minyak sawit layak secara ekonomi, aman bagi lingkungan, dan dapat diterima secara sosial. Pada bulan November 2007, RSPO berhasil menghasilkan 8 prinsip dan 39 kriteria untuk produksi minyak sawit berkelanjutan, yang kemudian ditinjau pada tahun 2012 (RSPO 2007).

Program penerapan kebijakan sebagai cara untuk memerangi praktik-praktik tidak berkelanjutan pada kelapa sawit dan produksi minyak sawit sudah berjalan. Di Malaysia, misalnya, karena meningkatnya kemiskinan dan krisis sosial yang dihadapi oleh sebagian besar petani kecil kelapa sawit, kebijakan ekonomi baru (NEP) ditetapkan untuk memastikan pengurangan kemiskinan dan memperbaiki kesenjangan pendapatan. Dengan tantangan lingkungan dan sosial yang ditimbulkan oleh industri kelapa sawit, pemerintah Malaysia memandang perlunya mengatasi masalah ini melalui Undang-Undang Kualitas Lingkungan tahun 1974 (Braden dan Khalid 1993; Vinsensius 1993), yang mengarah pada pembentukan badan pengatur dan perizinan yang disebut Departemen Lingkungan Hidup (DOE). Biaya izin untuk pabrik kelapa sawit yang bervariasi menurut kelas pabrik, lokasi, jumlah limbah yang dihasilkan dan polutan yang dibuang serta tingkat polusi lingkungan telah dikenakan oleh badan ini. Metode “membuang lebih banyak, membayar lebih banyak” telah menjadi pilihan penerapan kebijakan ini sehingga mendorong

sebagian besar pabrik untuk mengolah limbah mereka dengan cara yang layak secara ekonomi dan teknis. Pabrik minyak yang tidak mematuhi peraturan ini diberi mandat untuk menutup pabrik mereka, yang merupakan mata pencaharian para petani kelapa sawit.

Inisiatif lain untuk produksi biofuel berkelanjutan adalah forum pemangku kepentingan produksi dan konsumsi kedelai yang disebut Roundtable on Responsible Soy (RTRS), yang bertujuan untuk mengembangkan prinsip-prinsip dan mempromosikan kriteria produksi kedelai berkelanjutan. RTRS dimulai pada tahun 2005 oleh World Wildlife Fund (WWF) dan jaringan supermarket Swiss COOP dengan fokus utama pada pengenalan kedelai yang “bertanggung jawab” (berkelanjutan) yang akan memenuhi standar sosial, lingkungan dan ekonomi masyarakat (RTRS) 2007). Prinsip-prinsip utama produksi kedelai berkelanjutan yang dijabarkan dalam RTRS meliputi:

- Tidak ada deforestasi di hutan asli
- Tidak menggunakan pekerja anak atau pekerja paksa.
- Penggunaan pestisida yang aman dan diatur.

### **3.2. Permasalahan Utama Keberlanjutan Biofuel**

Kerangka kerja kelestarian lingkungan untuk bahan bakar nabati (misalnya biodiesel, bioetanol, biogas, dll.) membahas isu-isu yang berkaitan dengan keanekaragaman hayati, penggunaan lahan, air dan tanah, konservasi, dll. Sebagai langkah pertama, kerangka kerja yang menguraikan prinsip-prinsip, kriteria dan indikator untuk bahan bakar nabati berkelanjutan produksi diatur. Biasanya, prinsip keberlanjutan bahan bakar nabati menekankan pada "kehati-hatian" selain "membayar polusi yang dihasilkan." Secara global, semua inisiatif produksi bahan bakar nabati berkelanjutan mempertimbangkan "faktor penghindaran" dalam kaitannya dengan pencemaran lingkungan serta kriteria dan indikator khusus. dilampirkan untuk implementasi yang lebih baik.

Keberlanjutan ekonomi merupakan prasyarat produksi biomassa berkelanjutan untuk aplikasi energi termasuk keperluan transportasi. Isu pembangunan lokal tidak hanya relevan dari sudut pandang keberlanjutan sosial, namun juga dari sudut keberlanjutan ekonomi. Selain itu, kelangsungan ekonomi masing-masing operator harus dipastikan. Beberapa indikator keberlanjutan ekonomi yang umum mencakup PDB, komponen pengeluaran PDB dan tabungan pribadi, struktur ekonomi, inflasi, tingkat lapangan kerja, utang dan pengeluaran perusahaan, pengeluaran dan pendapatan konsumen, pengeluaran pengurangan polusi, kematian bayi, harapan hidup, dll.

Keberlanjutan biofuel sosial mencerminkan bagaimana produksi biofuel untuk aplikasi transportasi, produksi energi, dan lain-lain, mempengaruhi pembangunan masyarakat. Secara khusus, keberlanjutan sosial bertujuan untuk memastikan bahwa hak asasi manusia, hak atas tanah, dan hak penggunaan tanah dihormati. Namun, juga dibicarakan mengenai isu-isu yang berkaitan dengan standar ketenagakerjaan dan standar keselamatan di dalam perusahaan dan masyarakat pada umumnya.

Dalam kondisi apapun, produksi biofuel mengarah pada keberlanjutan dengan penerapan program penerapan kebijakan yang mendukung. Keberlanjutan politik merupakan isu utama dalam produksi berkelanjutan sehingga mempunyai pengaruh yang kuat terhadap efisiensi sistem produksi. Di Amerika Serikat, misalnya, tujuan produksi biofuel berkelanjutan dari sumber daya pertanian tercermin dalam serangkaian kebijakan AS baru-baru ini seperti Undang-Undang Penelitian dan Pengembangan Biomassa tahun 2000, Undang-Undang Kebijakan Energi tahun 2005, dan Kemandirian dan Keamanan Energi. Undang-Undang (EISA) tahun 2007, dll. Kerangka kerja yang diadopsi oleh EISA berdasarkan Standar Bahan Bakar Terbarukan (RFS) mengamanatkan bahwa pada tahun 2022, sekitar 36 miliar galon biofuel harus diproduksi setiap tahunnya dan dari kapasitas produksi ini, diharapkan sekitar 16 miliar galon berasal dari bahan baku selulosa (Schnepf dan Brent2012). Undang-Undang Pangan, Konservasi, dan Energi tahun 2008 (P.L. 110246, RUU Pertanian 2008) juga mencakup insentif dan program untuk

mempercepat produksi bahan baku selulosa serta produksi dan pemurnian biofuel selulosa. Namun, kriteria dan sertifikasi keberlanjutan yang tidak diberikan secara rinci namun hanya menekankan pada keputusan jangka pendek untuk produksi biofuel selulosa dapat menghambat kemajuan menuju produksi biofuel berkelanjutan (Robertson et al. 2008).

Secara umum, pergerakan menuju keberlanjutan dan pembangunan berkelanjutan pada industri biofuel tidak dapat dicapai tanpa beberapa indikator dasar keberlanjutan biofuel. Keberlanjutan biofuel sawit secara ekonomi, lingkungan hidup, sosio-politik, dan termodinamika dibahas pada bab-bab berikutnya dengan referensi dari McBride dkk. (2011), RSB (2008) dan RSPO (2007).

Sumber daya utama yang digunakan dalam industri biofuel terdiri dari bahan (terdiri dari semua jenis bahan kecuali bahan bakar dan air) dan sumber daya energi yang sebagian besar merupakan sumber daya tak terbarukan. Pasokan bahan baku khususnya bahan baku dan sumber energi untuk produksi biofuel tidak boleh bersaing dengan lahan untuk produksi tanaman pangan tetapi harus dengan harga yang kompetitif dan bersumber dari sumur terbarukan untuk mengurangi dampak buruk penggunaannya terhadap lingkungan dan masyarakat. tingkat yang dapat diterima. Untuk mencapai hal ini, limbah dapat digunakan kembali atau didaur ulang dan desain proses dapat ditingkatkan untuk efisiensi sumber daya. Misalnya, bioetanol dapat diproduksi dari limbah lignoselulosa seperti limbah kelapa sawit dibandingkan dengan menanam jagung dan tebu untuk tujuan tersebut. Sekali lagi, katalis ramah lingkungan dapat dihasilkan dari limbah seperti batang kelapa sawit, dll., untuk mengurangi beban pada ekosistem yang disebabkan oleh penggunaan bahan kimia beracun sebagai bahan perantara. Selain itu, jumlah pupuk, pestisida, air dan penggunaan energi selama budidaya bahan baku biofuel harus diminimalkan untuk menjamin produksi biofuel yang berkelanjutan. Pupuk organik dan pestisida dapat menjadi alternatif, sementara pengumpulan air hujan untuk irigasi dapat didorong untuk mengurangi penggunaan air dari saluran air nasional. Kriteria kualitas dan kuantitas air dapat diukur dengan indikator seperti suspensi mineral, penggunaan energi (MJ),

konsentrasi mineral (mg/l), dll. Kriteria lain yang relevan untuk memastikan penggunaan sumber daya yang efisien dalam industri biofuel mencakup pengurangan penggunaan bahan bakar fosil, meningkatkan penggunaan sumber daya material dan energi terbarukan, mengurangi konsumsi energi primer dan final, mengurangi konsumsi sektor industri dan komersial, menurunkan harga bahan bakar, dll. Hal ini dapat diukur dengan alat penilaian termoekonomi dan dipromosikan melalui rencana implementasi kebijakan yang efektif seperti subsidi harga biofuel.

Faktor utama yang diperlukan untuk menyeimbangkan tuntutan persaingan akan terbatasnya jumlah lahan yang tersedia untuk budidaya bahan baku adalah dengan meminimalkan hilangnya lahan hutan guna melestarikan keanekaragaman hayati. Bahan baku seperti *Jatropha curcas* L. dapat dibudidayakan pada lahan marginal yang tidak ditempati oleh pemukiman. Karena perdebatan saat ini mengenai persaingan biofuel dengan tanaman pangan dalam memperebutkan lahan, salah satu kriteria umum untuk produksi biofuel berkelanjutan adalah melindungi tanah sebagai sumber daya terbatas untuk produksi pangan dan produk lainnya serta sebagai ekosistem bagi organisme vital. Indikator umum yang sesuai untuk kualitas tanah mencakup konsentrasi bahan organik (total kandungan karbon organik dalam mg/l), keasaman dan konsentrasi (mg/l) unsur hara tanah (total fosfor yang dapat diekstraksi, total nitrogen, dan kalium) pada lapisan atas tanah pertanian, kepadatan curah, dan konsentrasi logam berat (mg/l) di lapisan atas tanah pertanian. Potensi dampak lingkungan mencakup perubahan iklim, kelembapan udara, kapasitas menahan air, potensi eutrofikasi, potensi pengasaman, dll. Pemilihan varietas tanaman yang sesuai, pengolahan tanah, penggunaan pupuk, metode pemanenan, dll., merupakan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap dampak-dampak ini dan oleh karena itu harus ditangani dengan benar.

Salah satu kriteria utama kelestarian lingkungan dalam produksi biofuel adalah emisi GRK, yang mungkin berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Penggunaan bahan bakar fosil merupakan kontributor utama perubahan iklim sehingga pengurangan penggunaan bahan bakar hayati sepanjang siklus hidup biofuel

merupakan hal yang penting. Indikator yang relevan adalah tingkat emisi gas rumah kaca, perubahan suhu global, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan emisi setara nitrogen oksida, emisi nitrogen oksida transportasi jalan raya, pengukuran emisi karbon dioksida pembangkit listrik, dll. Semua indikator ini memiliki gram CO<sub>2</sub> setara dengan satuan pengukurannya. Penggunaan pupuk dan pestisida, pengolahan tanah, penggunaan bahan bakar fosil, praktik pengelolaan, dan lain-lain, merupakan faktor-faktor utama yang berpengaruh terhadap kriteria ini, yang mengarah pada potensi perubahan iklim, ekotoksitas, dan potensi pengasaman/eutrofikasi.

Pengendalian polusi udara untuk mengurangi risiko dampak buruk terhadap ekosistem alam, kesehatan manusia, dan kualitas hidup selama produksi biofuel merupakan kriteria keberlanjutan yang utama. Indikator pemeliharaan kualitas udara selama produksi biofuel meliputi konsentrasi karbon monoksida (mg/l), total partikel berdiameter kurang dari 2,5  $\mu$ m (PM<sub>2.5</sub> diukur dalam  $\mu$ g/m<sup>3</sup>), total partikel dengan diameter kurang dari 10  $\mu$ m (PM<sub>10</sub> diukur dalam  $\mu$ g/m<sup>3</sup>), konsentrasi ozon troposfer ( $\mu$ g/l), emisi senyawa organik yang mudah menguap (mg/l), pengeluaran untuk pengurangan polusi udara (US\$), dll. Penggunaan bahan bakar fosil, pembakaran biofuel, penggunaan pestisida dan pupuk, praktik pengelolaan, variasi tanaman yang dipilih untuk produksi, dll., merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap kriteria keberlanjutan ini, yang pada akhirnya mengakibatkan hilangnya visibilitas, penyakit kronis, potensi pengasaman/eutrofikasi, dll.

Produksi biofuel melepaskan sejumlah besar air limbah ke lingkungan. Namun, untuk menjaga produksi berkelanjutan, kualitas air dan lingkungan perairan harus dilindungi. Kriteria seperti pengelolaan pembuangan air limbah dibuat untuk memastikan sumber daya air yang memadai dengan kualitas yang memadai dan memfasilitasi penggunaan air untuk rekreasi jika diperlukan. Indikator seperti kebutuhan oksigen kimia dan biologis (mg/l) pada kualitas air tawar, konsentrasi polutan minyak dan mineral (mg/l), konsentrasi pupuk dan pestisida (mg/l) di badan air, pengeluaran untuk pengolahan limbah, insiden pencemaran air, pengeluaran untuk



penyediaan dan pengolahan air, dll., digunakan untuk mengukur kriteria produksi biofuel berkelanjutan. Indikator lain dari kriteria keberlanjutan ini adalah konsentrasi nitrat di sungai, total padatan tersuspensi (mg/l) di sungai, konsentrasi total fosfor (mg/l), laju konsumsi air (m<sup>3</sup>/ha/hari), puncak arus badai (l/s). Faktor-faktor seperti jumlah limbah yang dihasilkan, penggunaan pestisida dan pupuk, pengolahan tanah dan pilihan varietas tanaman mempengaruhi keberlanjutan produksi biofuel berdasarkan kriteria ini. Dampak lingkungan seperti eutrofikasi, degradasi habitat bentik akibat pendangkalan, ekotoksitas, erosi, infiltrasi, pemuatan sedimen, dan lain-lain, diakibatkan oleh praktik pengelolaan yang buruk ini.

Selama persiapan lahan untuk budidaya bahan baku, pembakaran hutan dan pembukaan lahan hutan menghancurkan berbagai jenis spesies satwa liar dan habitatnya. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa spesies yang dieksploitasi secara komersial dikelola secara berkelanjutan, indikator-indikator seperti keanekaragaman tanaman, luas lahan yang dibuka (ha), fragmentasi habitat, populasi mamalia atau taksa, dll., digunakan sebagai alat pengukuran. Indikator-indikator ini dipengaruhi oleh pemilihan varietas tanaman, praktik pengelolaan, dan lain-lain, yang dapat mengakibatkan penipisan ekosistem atau hilangnya keanekaragaman hayati.

### **3.3. Tantangan dalam Mengadopsi Sertifikasi Produksi Biofuel Berkelanjutan**

Mencapai keberlanjutan biofuel merupakan proses bertahap dengan banyak tantangan bagi produsen skala kecil, menengah, dan besar. Salah satu tantangan dalam menerapkan standar keberlanjutan biofuel adalah keterbatasan dalam memperoleh investasi modal, biaya transaksi yang tinggi, pembeli yang tidak teratur, biaya teknologi yang tinggi, dan lain-lain, terutama bagi produsen skala kecil dan menengah (Zarrilli 2008; Huertas dkk. 2010; Beuningen dan Knorringa 2009). Misalnya, dengan mempertimbangkan sertifikasi RSPO, produsen kelapa sawit skala komersial lebih baik mengadopsi skema ini dibandingkan dengan produsen kelapa sawit skala kecil dan

menengah. Namun, mungkin ada pengecualian jika produsen swasta berskala kecil didukung oleh produsen swasta berskala komersial dan dalam kasus tersebut, kendala keuangan tidak akan menjadi perhatian utama. Tantangan ini dapat dihilangkan jika indikator dan kriteria keberlanjutan dikembangkan untuk secara khusus mengatasi tantangan yang dihadapi oleh produsen skala kecil. Gugus tugas petani kecil RSPO serta uji coba RSB untuk kepatuhan petani terhadap kriteria keberlanjutan telah dilakukan untuk mengatasi tantangan-tantangan ini (Satuan Tugas Petani Kecil RSPO, 2009; RSB 2008) dimana sekitar 400 petani skala kecil telah dibantu dalam membudidayakan lebih dari 600 ha *Jatropha curcas* L. untuk produksi biodiesel. Bantuan pemerintah dan kemitraan swasta di antara petani dan produksi biofuel skala kecil akan membantu mengatasi hambatan sertifikasi dalam hal keuangan dan teknologi dengan memberikan insentif.

Biaya yang terkait dengan skema sertifikasi biofuel dapat dikelompokkan menjadi biaya kepatuhan, biaya proses sertifikasi (transaksi), dan biaya peluang (biaya yang dikeluarkan petani karena hilangnya peluang) (Bass et al. 2001; Bahaya 2003). Biaya kepatuhan mencakup biaya program pelatihan, teknik manajemen terpadu, dan lain-lain. Biaya inspeksi dan administrasi pihak ketiga selama proses sertifikasi merupakan biaya transaksi, sedangkan biaya peluang timbul ketika praktik berkelanjutan seperti penggunaan minimal pupuk anorganik dan pestisida, dll selesai. Biaya-biaya ini tinggi bagi produsen skala kecil yang jumlahnya besar, sehingga menimbulkan tantangan besar untuk memasukkan mereka ke dalam program sertifikasi. Dukungan donor mungkin dapat mengimbangi sebagian biaya tersebut dengan menyediakan modal untuk sertifikasi awal bagi petani kecil di negara-negara berkembang meskipun dukungan tersebut mungkin tidak berkelanjutan dalam jangka panjang (Neilson 2008).

Tantangan umum lainnya terhadap sertifikasi biofuel berkelanjutan adalah kurangnya pengetahuan mengenai teknologi ramah lingkungan, yang menimbulkan dampak lingkungan yang serius bagi banyak perusahaan. Kurangnya kesadaran dan program pelatihan bagi produsen menimbulkan masalah besar dalam penerapan standar

keberlanjutan (Harris et al. 2001). Produsen dengan latar belakang pendidikan rendah mungkin tidak dapat menerapkan langkah-langkah keselamatan tertentu secara efektif dan menyimpan catatan dengan baik (Beuningen dan Knorringa 2009) sehingga perlu adanya program pelatihan rutin yang dapat memandu dan memfasilitasi perilaku produsen menuju pilihan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. LSM dan organisasi pemerintah dapat membantu mendanai pelatihan tersebut untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Forest Stewardship Council (FSC) adalah koperasi berskala kecil yang bersertifikat, yang telah berhasil menyelenggarakan program pelatihan untuk transfer pengetahuan tentang bagaimana membentuk dewan pemantauan dan pengelolaan, menghitung keuntungan dan membaginya secara tepat kepada para anggota dan bagaimana menetapkan peraturan dalam pengelolaan hutan secara transparan dan demokratis (FSC 2011). Pengembangan kapasitas yang efektif harus fokus pada transfer pengetahuan yang akan memberdayakan produsen untuk meningkatkan keberlanjutan dan profitabilitas usaha mereka (Beuningen dan Knorringa 2009).

Selain LSM dan organisasi pemerintah yang mendukung produsen secara finansial, terdapat badan lain yang terkait langsung dengan rantai produksi seperti pemberi pinjaman, pengolah hilir, importir dan pengecer yang memerlukan persetujuan sebelum bergabung dengan skema sertifikasi (Bass Dankers, 2003; Graffham dkk., 2007). Badan-badan ini memberikan dukungan infrastruktur dan membantu produsen dalam memasarkan produk mereka dan jika badan-badan ini menolak skema sertifikasi, maka upaya menuju produksi berkelanjutan juga akan terhenti atau melambat. Misalnya, pabrik kelapa sawit yang menjadi tempat penjualan buah-buahan petani kecil serta pengecer berada dalam posisi yang baik untuk mendorong praktik berkelanjutan dengan menyediakan akses pasar (Vorley et al. 2009). Sekali lagi, kurangnya dukungan dari masyarakat dapat berdampak besar terhadap produksi biofuel yang berkelanjutan.

Industri biofuel sangat perlu mengadopsi dan memastikan penerapan empat dimensi keberlanjutan untuk pengembangan biofuel berkelanjutan. Inisiatif keberlanjutan bahan bakar nabati seperti RSPO

yang bertanggung jawab menetapkan prinsip dan kriteria yang jelas untuk produksi bahan bakar nabati berkelanjutan saat ini sedang menerapkan sertifikasi pada lebih banyak kelompok dan industri untuk bahan baku dan produksi bahan bakar nabati berkelanjutan. Pemeriksaan rutin terhadap praktik pengelolaan terbaik dan penilaian indikator harus dilakukan untuk memastikan produksi biofuel berkelanjutan.

# **BAB 4**

## **PENGEMBANGAN BAHAN BAKAR NABATI NASIONAL**

### **4.1. Strategi Pemerintah Wujudkan Pemanfaatan Biofuel Yang Berkelanjutan**

Pemerintah menunjukkan keseriusan dalam mewujudkan pemanfaatan biofuel yang berkelanjutan di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan keberhasilan peningkatan pemanfaatan biodiesel dari tahun 2016 hingga 2021, sejak dilaksanakannya program mandatori B20 pada tahun 2016 dan B30 pada tahun 2020. Dalam periode tersebut, biodiesel telah memperbaiki neraca perdagangan migas khususnya *gas oil* yang impornya turun secara signifikan. Sementara meningkatnya harga CPO (*crude palm oil*) telah memperbaiki tingkat kesejahteraan petani.

Keberhasilan pemanfaatan biodiesel tidak terlepas dari program mandatori Bahan Bakar Nabati (BBN) yang dilatarbelakangi besarnya potensi CPO di Indonesia, tahun 2021 berhasil diproduksi sebesar 52,3 juta ton dan tentunya komitmen Pemerintah untuk meningkatkan ketahanan dan kemandirian energi nasional dengan target bauran EBT tahun 2025 sebesar 23%.

Adapun Realisasi B30 tahun 2021 yaitu sebesar 9,3 juta KL, dan penghematannya mencapai Rp 66,54 triliun. Penggunaan minyak sawit tahun 2021 sebesar 65% untuk ekspor, sementara untuk biodiesel hanya sekitar 14%. Populasi kendaraan bermesin diesel berkisar 24% dari total kendaraan bermotor, yang menjadi target program mandatori biodiesel.

Indonesia menjadi pionir dalam pencampuran biodiesel sebesar 30% dalam minyak solar, yang pertama dan terbesar di dunia untuk semua

sektor pada pengguna bahan bakar minyak jenis solar. Arah peningkatan penggunaan biodiesel kedepannya adalah menuju B40 atau akan ditingkatkan lagi.

Tantangan biodiesel ke depan adalah transisi energi menuju *Nett Zero Emmision (NZE)* dengan *advance fuel*, pengembangan B40, D100, Bioavtur, perbaikan sarana dan prasarana, katalis merah putih, pengembangan sawit untuk gasoline (IVO, Bensa, G100) yang dikembangkan bersama BBG dan Electric Vehicle.

Perkiraan *supply demand* kedepannya sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan implementasi B40. Tapi sebelum diimplementasikan B40, perlu adanya kajian yang lebih komprehensif dengan melibatkan stakeholder terkait seperti Pertamina, APROBI dan juga badan-badan litbang yang ada di Kementerian ESDM dan dengan opsi pencampuran FAME 30% dan HVO 10% kemudian solarnya 60%.

Lebih lanjut ia mengungkapkan untuk menuju biofuel yang berkelanjutan, kedepannya Pemerintah mengembangkan BBN dengan strategi antaralain tidak terbatas untuk biodiesel termasuk pengembangan bioetanol, bioavtur, dan HVO; tidak terbatas pada perusahaan skala besar, juga didorong yang berbasis kerakyatan; spesifikasi menyesuaikan dengan kebutuhan konsumen; pemanfaatan *by product* biodiesel; pemanfaatan hasil sawit non-CPO; dan pengembangan *advanced generation* biofuels.

Strategi-strategi tersebut dilaksanakan dengan mengikuti prinsip-prinsip berkelanjutan, melibatkan petani, implementasi standar mutu yang semakin baik, proses yang makin efisien, dan upaya harga stabil dan terkendali.

Kementerian ESDM sudah mengembangkan biofuel yang berkelanjutan yaitu menerapkan *Indonesian Bioenergy Sustainability Indicators (IBSI)*, dimana ada beberapa indikator yang terkait dengan lingkungan sosial dan juga aspek ekonomi yang harus dipenuhi bagi pelaku usaha supaya nanti biodiesel ini bisa berkelanjutan.

## 4.2. Pengembangan Biofuel

Industri/perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor unggulan Indonesia dan kontribusinya terhadap ekspor non migas nasional cukup besar. Dalam enam tahun terakhir keuntungan rata-rata cenderung terus mengalami peningkatan. Ekspor CPO Indonesia setiap tahunnya juga menunjukkan tren meningkat

Sampai dengan tahun 2005 luas perkebunan kelapa sawit yang tertanam di Indonesia adalah 5,6 juta ha, yang terdiri dari: perkebunan rakyat 1,9 juta ha, perkebunan pemerintah 0,7 juta ha, dan perkebunan swasta 3,0 juta ha. Rata-rata pertumbuhan lahan per tahun sebesar 15% atau 200.000 ha per tahun. Sementara itu, produksi kelapa sawit Indonesia di tahun 2005 telah mencapai 17 juta ton meningkat 63,7% dibandingkan tahun 2003 yang mencapai 10,4 juta ton.

Sebagian besar lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia terletak di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan. Dengan adanya rencana pemerintah membangun 850 km perkebunan kelapa sawit di sepanjang perbatasan Indonesia dan Malaysia di Pulau Kalimantan maka pada tahun 2020 diprediksikan luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia akan menjadi 9 juta ha sehingga *share* lahan kelapa sawit di Kalimantan naik sebaliknya Sumatera turun.

Pengembangan perkebunan sawit di Indonesia dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip kesinambungan dimana sebagian besar perkebunan didirikan di atas lahan yang tadinya merupakan lahan HPH, tanah kosong atau dirubah fungsikan dari lahan yang sebelumnya ditanami karet, kopi atau coklat. Pengembangan lahan perkebunan kelapa sawit juga dilakukan dengan memperhatikan berbagai faktor seperti undang-undang dan peraturan pertanahan, kelangsungan keanekaragaman hayati dan satwa liar, pengaturan pembuangan limbah dan tanggung-jawab ekonomi dan social dari perusahaan pengelola perkebunan.

Produktifitas kebun kelapa sawit di Indonesia masih kalah dibandingkan Malaysia. Hal ini lebih disebabkan oleh pemilihan bibit yang kurang baik, sistem pemupukan yang kurang optimal dan kondisi perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang sudah banyak melewati

usia produktif akibat keterterlambatan dalam melakukan regenerasi pohon kelapa sawit.

Kedepan, pengembangan industri kelapa sawit nasional sangat prospektif karena saat ini pemerintah Indonesia sedang menjalankan program pengembangan biofuel (biodisel) yang menggunakan CPO sebagai bahan bakunya. Dengan demikian kapasitas penyerapan CPO akan jauh lebih besar lagi disamping nilai tambahnya juga akan semakin tinggi.

Masalah energi alternatif saat ini sedang menjadi perbincangan yang ramai di masyarakat. Krisis bahan bakar minyak (BBM) saat ini telah menggugah masyarakat bahwa Indonesia sangat bergantung pada minyak bumi. Dilihat dari luas daratan serta tanahnya yang relatif subur, Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan bahan bakar dari tumbuhan atau biofuel. Energi alternatif biofuel yang dapat diperbarui dapat memperkuat ketersediaan bahan bakar. Selain itu biofuel juga ramah lingkungan sehingga bisa meningkatkan kualitas udara di beberapa kota besar di Indonesia.

Sejumlah penelitian yang dilakukan sudah berhasil membuktikan energi yang dihasilkan oleh teknologi ini lebih efisien dari minyak bumi dan relatif lebih ramah lingkungan. Biofuel ini dinilai sangat efisien karena menggunakan bahan-bahan yang melimpah di Indonesia dan dapat diperbarui. Ketersediaan cadangan bahan bakar ini bisa diatur sesuai dengan kebutuhan sehingga menjamin kestabilan neraca minyak dan energi nasional. Dua jenis biofuel yang dikembangkan di Indonesia adalah penggunaan bioethanol dengan produknya gasohol E-10, dan biodiesel dengan produknya B-10.

Pengadaan ethanol dapat dilakukan dari saripati singkong yang dapat ditanam di seluruh wilayah Indonesia, sedangkan untuk pengadaan minyak diesel dapat dilakukan dari pengadaan minyak sawit, minyak buah jarak dan minyak kelapa.

Selain itu keuntungan penggunaan biofuel ini dapat mengatasi pengangguran dan peningkatan kesejahteraan petani. Untuk memproduksi E-10 sebanyak 420.000 kiloliter per tahun diperlukan singkong sekitar 2,5 juta metrik ton. Jumlah ini dapat disediakan



dengan penanaman singkong pada lahan seluas 91.000 hektare (ibid). Jumlah lahan ini masih dapat disediakan tanpa harus membuka hutan-hutan seperti dalam pengadaan batu bara dan minyak bumi, karena masih banyak lahan tidur yang tidak terpakai. Hal yang sama pun bisa dilakukan untuk pengadaan minyak sawit, kelapa, dan jarak.

Sebagai bahan bakar cair, biodiesel sangat mudah digunakan dan dapat langsung dimasukkan ke dalam mesin diesel tanpa perlu memodifikasi mesin. Selain itu, dapat dicampur dengan solar untuk menghasilkan campuran biodiesel yang ber-*cetane* lebih tinggi. Menggunakan biodiesel dapat menjadi solusi bagi Indonesia untuk mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar solar. Biodiesel pun sudah terbukti ramah lingkungan karena tidak mengandung sulfur.

Penelitian tentang bahan bakar alternatif sudah dilakukan di banyak negara, seperti Austria, Jerman, Prancis, dan AS. Negara ini mengembangkan teknologi biodiesel dengan memanfaatkan tanaman yang berbeda-beda. Negara Jerman memakai minyak dari tumbuhan rapeseed, AS menggunakan tanaman kedelai, sedangkan untuk Indonesia tanaman yang paling potensial adalah kelapa sawit.

Di beberapa negara lain, untuk mendukung pemakaian biodiesel dan bioethanol, pemerintahnya mengeluarkan kebijakan pemberian insentif. Pemerintah Austria dan Australia mengeluarkan kebijakan kemudahan untuk membangun pabrik biofuel, sehingga pengusaha pun tertarik untuk membangun industri bahan bakar alternatif. Bahkan di Swedia, harga bioethanol BE-85 (85% ethanol dan 15% bensin) dipatok lebih murah 25% daripada bahan bakar konvensional.

Indonesia bisa belajar dari Brasil yang secara serius mengembangkan teknologi bahan bakar biofuel. Bahkan pabrikan mobil pun sangat antusias untuk mengembangkan teknologi pendukungnya. Contohnya Toyota mulai mengalihkan perhatiannya pada pasar mobil berbahan bakar bensin gasohol untuk Brasil.

### **4.3. Program Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati**

Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar minyak (BBM) impor membuat ekonomi Indonesia rentan terpengaruh gejolak harga minyak. Ketika impor BBM terus meningkat, maka transaksi berjalan tertekan, cadangan devisa tergerus dan nilai tukar rupiah dalam kondisi rawan.

Pemerintah berupaya mencari alternatif bahan bakar pengganti BBM impor yang berbasis fosil. Salah satunya mengembangkan bahan bakar nabati (BBN) berbasis sawit seperti biodiesel dan bahan bakar biohidrokarbon.

Selain pertimbangan pengurangan impor, pengembangan BBN berbasis sawit juga untuk menyediakan bahan bakar baru terbarukan yang lebih ramah lingkungan serta berpengaruh positif terhadap penyerapan produk sawit dan turunannya di dalam negeri.

Dalam Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJMN) 2020–2024, Pembangunan Energi Terbarukan Berbasis Kelapa Sawit menjadi salah satu proyek strategis nasional. Penetapan Program Energi Terbarukan Berbasis Kelapa Sawit ditujukan untuk mendukung peningkatan porsi energi baru terbarukan dalam bauran energi nasional menuju 23% pada tahun 2025.

Salah satu amanat Perpres No. 61/2015 jo. Perpres No.66/2018 adalah dana sawit digunakan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati jenis biodiesel. Dalam hal ini BPDPKS siap menjadi salah satu pelaksana dalam Proyek Strategis Nasional Pembangunan Energi Terbarukan Berbasis Kelapa Sawit yang telah ditetapkan oleh Pemerintah dalam RPJMN 2020–2024. Kesiapan BPDPKS ini termasuk dalam hal dukungan pendanaan, fasilitasi, riset, serta advokasi dan sosialisasi kebijakan.

Program pengembangan dan penggunaan BBN yang telah berjalan adalah program mandatori biodiesel. Program ini mewajibkan pencampuran bahan bakar solar dengan biodiesel berbasis sawit.

Program mandatori biodiesel mulai diimplementasikan pada 2008 dengan kadar campuran biodiesel sebesar 2,5%. Secara bertahap kadar biodiesel meningkat hingga 7,5% pada tahun 2010. Pada periode 2011 hingga 2015 persentase biodiesel ditingkatkan dari 10% menjadi 15%. Selanjutnya pada 2016 ditingkatkan kadar biodiesel hingga 20% (B20) dan pada 23 Desember 2019 Presiden Joko Widodo meresmikan penggunaan B30.

Dukungan dan keterlibatan BPDPKS dalam program mandatori biodiesel termasuk penyediaan dana insentif biodiesel; dukungan pendanaan dan fasilitasi untuk akselerasi dari program B20 ke B30 baik dalam uji coba kendaraan, penyediaan call center, advokasi dan sosialisasi serta dukungan riset.

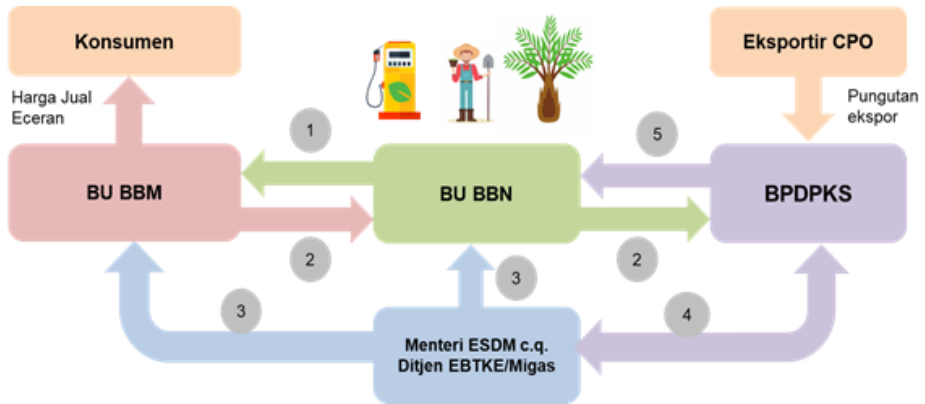
Dalam rangka mempersiapkan implementasi B40 dan campuran yang lebih tinggi, BPDPKS telah memberikan dukungan antara lain dengan memberikan pendanaan penelitian untuk Kajian Penerapan B-40 Melalui Uji Karakteristik, Penyimpanan, Unjuk Kerja dan Ketahanan Mesin Diesel Pada Engine Test Bench Serta Aspek Tekno Ekonomi yang dilakukan oleh Balitbang ESDM.

Program mandatori biodiesel berjalan baik antara lain didukung oleh insentif dari BPDPKS. Insentif ini bukan merupakan subsidi karena dana yang digunakan berasal dari dana sawit, bukan APBN. Insentif disalurkan untuk menutup selisih kurang antara harga indeks pasar (HIP) bahan bakar minyak jenis minyak solar dengan harga indeks pasar bahan bakar nabati jenis biodiesel.

Selisih kurang ini berlaku untuk semua jenis bahan bakar minyak jenis minyak solar. Besaran dana untuk kepentingan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati jenis biodiesel, diberikan kepada badan usaha bahan bakar nabati jenis biodiesel, setelah dilakukan verifikasi oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Adapun mekanisme dukungan dana untuk program mandatori Biodiesel sesuai dengan Peraturan Presiden nomor 66 Tahun 2018 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2015 Tentang Penghimpunan Dan Penggunaan Dana Perkebunan Kelapa Sawit dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 41 Tahun 2018

tentang Penyediaan Dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel Dalam Kerangka Pembiayaan Oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, dapat digambarkan sebagaimana alur berikut:



**Gambar 4.1.**  
**Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati**

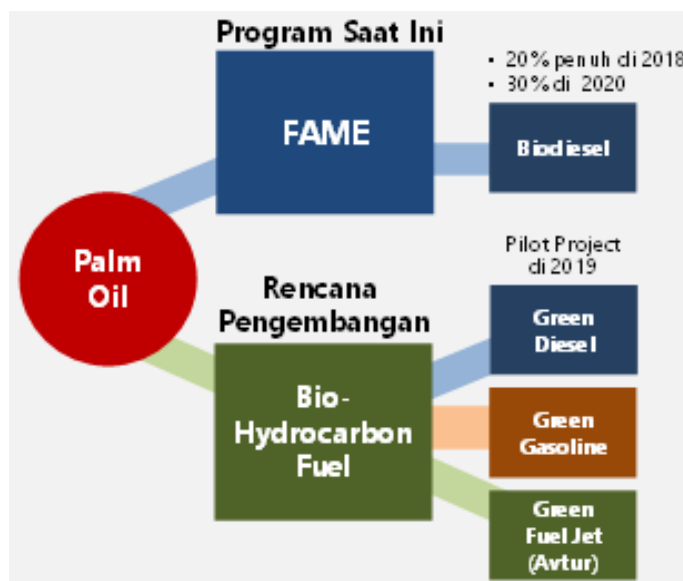
### Program Biohidrokarbon

Untuk meningkatkan pengembangan BBN berbasis sawit, pemerintah juga mengembangkan bahan bakar hijau (*green fuels*) yang merupakan biohidrokarbon. Dukungan dan keterlibatan BPD PKS dalam persiapan program green fuel termasuk dukungan pendanaan dan fasilitasi untuk pengembangan katalis biohidrokarbon atau yang dikenal dengan katalis Merah Putih mulai dari tahap riset sampai tahap uji coba. Penelitian tersebut telah membuahkan hasil positif yang memungkinkan melakukan produksi biohidrokarbon skala industri.

Program biohidrokarbon dari sawit akan memberikan manfaat besar bagi Indonesia, yang difokuskan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Upaya mewujudkan kemandirian dan ketahanan energi nasional, dengan memanfaatkan bahan baku dari sumber daya alam nasional yang besar dari minyak nabati berbasis sawit.
2. Upaya pengurangan impor bahan bakar fosil melalui pembelanjaan domestik bahan bakar nabati berbasis sawit untuk memperkecil celah defisit neraca perdagangan.

3. Upaya pemerataan dan peningkatan kesejahteraan petani melalui program yang tepat untuk menyediakan bahan bakar biohidrokarbon yang berkelanjutan.



Gambar 4.2.  
Program dan Perencanaan Bahan Bakar Nabati

#### 4.4. Tantangan RI Dorong Biofuel Berkelanjutan

Pemerintah dalam hal ini Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) terus mendorong penggunaan energi ramah lingkungan sebagai transisi energi menuju netral karbon atau *net zero emission* (NZE). Salah satunya adalah dengan pengembangan biofuel atau *advance fuel* melalui B40, D100 hingga Bioavtur.

Kementerian ESDM menyampaikan bahwa tantangan biodiesel ke depan salah satunya transisi energi menuju netral karbon dengan *advance fuel*. Perkiraan *supply demand* ke depannya akan mengalami peningkatan untuk memenuhi kebutuhan implementasi B40. Tapi sebelum diimplementasikan B40, perlu adanya kajian yang lebih komprehensif dengan melibatkan stakeholder terkait seperti Pertamina, APROBI dan juga badan-badan litbang yang ada di Kementerian ESDM dan dengan opsi pencampuran FAME 30% dan HVO 10% kemudian solarnya 60%.

Pemerintah akan mengembangkan BBN dengan strategi antarlain tidak terbatas untuk biodiesel termasuk pengembangan bioetanol, bioavtur, dan HVO yang tidak terbatas pada perusahaan skala besar namun juga didorong yang berbasis kerakyatan.

Spesifikasi menyesuaikan dengan kebutuhan konsumen, pemanfaatan *by product* biodiesel, pemanfaatan hasil sawit non-CPO dan pengembangan advanced generation biofuels.

Strategi-strategi tersebut dilaksanakan dengan mengikuti prinsip-prinsip berkelanjutan, melibatkan petani, implementasi standar mutu, proses yang efisien, dan upaya harga stabil dan terkendali.

Kementerian ESDM sudah mengembangkan biofuel yang berkelanjutan yaitu menerapkan Indonesian Bioenergy Sustainability Indicators (IBSI), dimana ada beberapa indikator yang terkait dengan lingkungan sosial dan juga aspek ekonomi yang harus dipenuhi bagi pelaku usaha supaya nanti biodiesel ini bisa berkelanjutan.

Realisasi B30 tahun 2021 sebesar 9,3 juta KL, dan penghematannya mencapai Rp 66,54 triliun. Penggunaan minyak sawit tahun 2021 sebesar 65% untuk ekspor, sementara untuk biodiesel hanya sekitar 14%. Populasi kendaraan bermesin diesel berkisar 24% dari total kendaraan bermotor, yang menjadi target program mandatori biodiesel.

## **4.5. Rencana Strategis Pengembangan Bahan Bakar Nabati Menuju NZE**

Pemerintah terus berupaya mewujudkan komitmen pemanfaatan bahan bakar nabati (BBN) yang berkelanjutan di Indonesia guna mendukung transisi energi menuju *Net Zero Emission (NZE)*. Dengan adanya perubahan target penurunan emisi karbon menjadi 32 persen pada tahun 2030 mendatang, dari target semula sebesar 29 persen, pengembangan biofuel menjadi salah satu program strategis yang diunggulkan dalam upaya mendukung pencapaian target tersebut.

Direktur Jenderal EBTKE mengungkapkan Pemerintah akan mendorong penurunan emisi melalui pengembangan dan pemanfaatan teknologi, serta pelaksanaan program pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan (EBT), serta program pendukungnya menuju NZE, baik dari sisi hulu maupun sisi hilir.

Pergeseran pemanfaatan EBT di dalam negeri, baik dari sisi elektrifikasi maupun Bahan Bakar Nabati/BBN, secara RUPTL akan ada tambahan 20,9 GW dari sisi pembangkit. Dari sisi regulasi, biofuel akan mengisi proses transisi, dimana upaya Pemerintah saat ini sedang menyusun kebijakan B40 dan implementasi pengembangan biogas.

Bioavtur bisa dimanfaatkan sebagai campuran, waktu itu baru 2,4 persen karena ada hambatan dari sisi infrastruktur. Pengembangan bioavtur dengan teknologi *co-processing* saat ini dilakukan melalui pengolahan RBDPKO (Refined, Bleached, and Deodorized Palm Kernel Oil) dilaksanakan di Refinery Unit (RU) IV Cilacap milik PT Pertamina (Persero). J2,4 merupakan campuran bioavtur yang dihasilkan dari bahan baku 2,4% & RBDPKO. Penyebutan “2,4” menandakan persentase pencampuran dari bahan bakar bioavtur pada bahan bakar avtur.

Beberapa proyek strategis nasional *green fuel* antara lain membangun *Green Refinery* di RU III Plaju untuk mengolah CPO dengan kapasitas 20.000 BPD, *Revamping existing* unit TDHT yang sebelumnya mengolah kerosene menjadi biorefinery di RU IV Cilacap, pabrik percontohan diesel biohidrokarbon & Bio-Avtur kapasitas 1300 L bahan baku per hari di RU IV Cilacap dan proyek Katalis Merah Putih yang menggunakan teknologi hasil riset peneliti ITB yang bekerja sama dengan Pertamina.

Strategi dan rencana strategis pengembangan biofuel Indonesia, diantaranya,

- Tidak terbatas untuk biodiesel, termasuk bioethanol, bioavtur dan HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*);
- Tidak terbatas pada perusahaan skala besar, didorong yang berbasis kerakyatan;

- Spesifikasi menyesuaikan dengan kebutuhan konsumen;
- Pemanfaatan *by product* biodiesel;
- Pemanfaatan hasil sawit non-CPO (*Crude Palm Oil*);
- Mengembangkan teknologi terkini bahan bakar nabati.

Salah satu paket kebijakan ekonomi yang diumumkan oleh pemerintah adalah adanya Peraturan Menteri ESDM yang mewajibkan penggunaan biofuel sampai dengan 15%. Kewajiban menggunakan biofuel 15% persen dari sebelumnya 10% itu memberikan implikasi yang luas, bauran energi kita akan semakin mudah dicapai menuju ke porsi yang lebih besar kepada yang lebih baru.

#### **4.5.1. Perkembangan Biodiesel di Indonesia dan Terbesar di Asia**

Mandatori Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Kementerian ESDM telah menetapkan arah kebijakan di sektor energi yang mengedepankan pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan salah satunya melalui pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN). Implementasi kebijakan mandatori berhasil menciptakan pasar BBN di dalam negeri yang tumbuh secara signifikan dari tahun 2009 hingga 2014. Dengan meningkatnya porsi biodiesel selama kurun waktu tahun 2013 dengan implementasi pemanfaatan biodiesel (B-10).

Pemerintah telah berhasil melakukan penghematan devisa sebesar 831 juta USD dengan meningkatkan pemanfaatan biodiesel untuk kebutuhan dalam negeri sebesar 1,05 juta KL (meningkat sebesar 56,62% dari pemanfaatan biodiesel tahun 2012). Hal ini berhasil mengurangi ketergantungan Indonesia pada energi fosil dan memberikan nilai tambah pada perekonomian, mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK), serta untuk mengurangi impor BBM yang semakin meningkat. Pada tahun 2006, produksi biodiesel Indonesia baru mencapai 44 ribu ton, dan berada di bawah Thailand.

Pada tahun 2016, produksi biodiesel Indonesia mencapai 2,5 juta ton, dan berhasil melampaui China. Pertumbuhan biodiesel dunia adalah rata-rata meningkat 14,1 persen per tahun. Sedangkan Asia tumbuh lebih pesat, yakni rata-rata 25 persen per tahun. Rata-rata pertumbuhan China adalah 14.60 persen, India 12.70 persen,



Indonesia 65.40 persen, Korea Selatan 45.40 persen, dan Thailand 39.90 persen. Data di atas menunjukkan keunggulan Indonesia, dengan pertumbuhan yang besar, yakni 65.40 persen dan mengungguli negara-negara Asia lainnya. Keberhasilan ini sekaligus menempatkan posisi Indonesia sebagai negara yang diperhitungkan dalam pasar biodiesel dunia di masa mendatang.

Pada pasar biodiesel global, terlihat bahwa konsumsi biofuel dunia akan meningkat dua kali lipat pada tahun 2020. Uni Eropa akan menjadi pengimpor utama biofuel di masa mendatang, dan hal ini menjadi sinyal yang positif bagi Indonesia untuk terus meningkatkan keberhasilan yang telah dicapai saat ini.

Hingga saat ini Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar berbasis fosil sebagai sumber energi. Data yang didapat dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa dengan persediaan minyak mentah di Indonesia, yaitu sekitar 9 milyar barrel, dan dengan laju produksi rata-rata 500 juta barrel per tahun, persediaan tersebut akan habis dalam 18 tahun. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi dan memenuhi persyaratan lingkungan global, satu-satunya cara adalah dengan pengembangan bahan bakar alternatif ramah lingkungan.

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah/limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik.

Bioethanol sebagai pengganti bensin, dapat diproduksi dari tumbuh-tumbuhan seperti tebu, singkong, ubi, dan jagung yang dapat dengan mudah dikembangkan di negara kita. Salah satu keunggulan dari bioethanol ini adalah tingkat polusi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Biodiesel yang berasal dari minyak tanaman seperti kelapa sawit, jarak, kelapa dll, juga dengan mudah diperoleh di Indonesia. Kedua bahan energi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Tetapi kendala yang utama adalah bagaimana membangun rantai produksi energi tersebut mulai dari petani sebagai pelaku utama dalam penyediaan bahan baku sampai ke distribusi energi yang dihasilkan. Ketersediaan dan keberlanjutannya jangan sampai mengganggu produksi pertanian kita.

#### **4.5.2. Kebijakan Energi Nasional**

Kebijakan Energi Nasional yang dijadikan sebagai landasan untuk pengembangan dan peningkatan kapasitas penyediaan energi ke depan yang disebut dengan energi mix dengan komposisi batubara 32,7%, Gas bumi 30.6%, minyak bumi 26.2%, PLTA 2.4%, panas bumi 3.8% dan lainnya 4.4%. Para pelaku dan pemerhati dalam bidang energi Indonesia, juga melihat masih ada beberapa sumber lainnya, antara lain sumber energi panas bumi yang melimpah, mengingat Indonesia terletak di daerah *ring of fire*, namun saat ini baru sebagian kecil yang dimanfaatkan.

Ketergantungan kita terhadap energi dari bahan bakar fosil akan menjadi ancaman bagi kita sendiri, antara lain: semakin menipisnya sumber-sumber minyak bumi jika tidak ditemukan sumber minyak yang baru, meningkatnya polusi (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan dari penggunaan energi dari bahan bakar fosil tersebut sehingga akan memicu efek rumah kaca.

Pemilihan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif berbasis pada ketersediaan bahan baku. Minyak rapeseed adalah bahan baku untuk biodiesel di Jerman dan kedelai di Amerika. Sedangkan bahan baku yang digunakan di Indonesia adalah crude palm oil (CPO). Selain itu, masih ada potensi besar yang ditunjukkan oleh minyak jarak pagar (*Jathropa Curcas*) dan lebih dari 40 alternatif bahan baku lainnya di Indonesia.

Sampai saat ini, payung hukum yang sudah disediakan oleh pemerintah untuk industri biofuel, dalam bentuk Keputusan Presiden ataupun Peraturan Perundangundangan lainnya, adalah sebagai berikut:

1. Peraturan Presiden No. 5/2006 tentang *Kebijaksanaan Energi Nasional*

2. Instruksi Presiden No. 1/2006 tentang *Pengadaan dan Penggunaan Biofuel sebagai Energi Alternatif*
3. Dekrit Presiden No. 10/2006 tentang *Pembentukan team nasional untuk Pengembangan Biofuel*

Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional menyebutkan pengembangan biodiesel sebagai energi terbarukan akan dilaksanakan selama 25 tahun, dimulai dengan persiapan pada tahun 2004 dan eksekusi sejak tahun 2005. Periode 25 tahun tersebut dibagi dalam tiga fasa pengembangan biodiesel. Pada fasa pertama, yaitu tahun 2005-2010, pemanfaatan biodiesel minimum sebesar 2% atau sama dengan 720.000 kilo liter untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak nasional dengan produk-produk yang berasal dari minyak castor dan kelapa sawit.

Fasa kedua (2011-2015) merupakan kelanjutan dari fasa pertama akan tetapi telah digunakan tumbuhan lain sebagai bahan mentah. Pabrik-pabrik yang dibangun mulai berskala komersial dengan kapasitas sebesar 30.000 – 100.000 ton per tahun. Produksi tersebut mampu memenuhi 3% dari konsumsi diesel atau ekuivalen dengan 1,5 juta kilo liter. Pada fasa ketiga (2016 – 2025), teknologi yang ada diharapkan telah mencapai level *'high performance'* dimana produk yang dihasilkan memiliki angka setana yang tinggi dan *casting point* yang rendah. Hasil yang dicapai diharapkan dapat memenuhi 5% dari konsumsi nasional atau ekuivalen dengan 4,7 juta kilo liter. Selain itu juga terdapat Inpres Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain. Hal-hal ini menunjukkan keseriusan Pemerintah dalam penyediaan dan pengembangan bahan bakar nabati.

Hingga Mei 2007, Indonesia telah memiliki empat industri besar yang memproduksi biodiesel dengan total kapasitas 620.000 ton per hari. Industri-industri tersebut adalah PT Eterindo Wahanatama (120.000 ton/tahun – umpan beragam), PT Sumi Asih (100.000 ton/tahun dengan RBD Stearin sebagai bahan mentah), PT Indo BBN (50.000 ton/tahun – umpan beragam), Wilmar Bioenergy (350.000 ton/tahun dengan CPO sebagai bahan mentah), PT Bakrie Rekin Bioenergy (150.000 ton/tahun) dan PT Musim Mas (100.000 ton/tahun). Selain

itu juga terdapat industri-industri biodiesel kecil dan menengah dengan total kapasitas sekitar 30.000 ton per tahun, seperti PT Ganesha Energy, PT Energi Alternatif Indonesia, dan beberapa BUMN.

#### **4.5.3. Permintaan dan Penawaran Biodiesel Indonesia**

Peluang untuk mengembangkan potensi pengembangan biodiesel di Indonesia cukup besar, mengingat saat ini penggunaan minyak solar mencapai sekitar 40% penggunaan BBM untuk transportasi. Sedangkan penggunaan solar pada industri dan PLTD adalah sebesar 74% dari total penggunaan BBM pada kedua sektor tersebut. Bukan hanya karena peluangnya untuk menggantikan solar, peluang besar biodiesel juga disebabkan kondisi alam Indonesia. Indonesia memiliki beranekaragam tanaman yang dapat dijadikan sumber bahan bakar biodiesel seperti kelapa sawit dan jarak pagar. Pada saat ini, biodiesel (B-5) sudah dipasarkan di 201 pom bensin di Jakarta dan 12 pom bensin di Surabaya.

Walaupun pemerintah Indonesia menunjukkan ketertarikan yang besar terhadap pengembangan biodiesel, pemerintah tetap bergerak pelan dan juga berhati-hati dalam mengimplementasikan hukum pendukung bagi produksi biodiesel. Pemerintah memberikan subsidi bagi biodiesel, bio-premium, dan bio-pertamax dengan level yang sama dengan bahan bakar fosil, padahal biaya produksi biodiesel melebihi biaya produksi bahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan Pertamina harus menutup sendiri sisa biaya yang dibutuhkan. Perkembangan produksi dan konsumsi biodiesel Indonesia disajikan pada Tabel 1 berikut.

Pada tahun 2008, Indonesia berhasil memproduksi 630 ribu kilo liter biodiesel, sedangkan tingkat konsumsi adalah 23 ribu kilo liter, dan sebagian besar produksi biodiesel Indonesia adalah berorientasi ekspor. Setiap tahun produksi biodiesel Indonesia memiliki trend pertumbuhan yang positif. Pada tahun 2017 (salam 1 dekade) , produksi biodiesel Indonesia meningkat pesat atau lebih dari 4 kali lipat menjadi 2.6 juta kilo liter (kl). Seiring dengan meningkatnya konsumsi domestik, dari 23 ribu kl pada tahun 2008, menjadi 2,4 juta

ton pada tahun 2017, menunjukkan laju konsumsi meningkat jauh lebih pesat, yakni 23 ribu kilo liter pada tahun 2008 menjadi 2,4 juta kilo liter pada tahun. Konsekwensinya, kinerja ekspor biodiesel Indonesia menurun dari 3 juta kl pada tahun.

Data menunjukkan kapasitas terpasang biodiesel Indonesia, dimana pada awalnya perusahaan refinery masih sedikit (9-20 persen), namun sejak 2010 meningkat pesat, dan hingga tahun 2017, telah berkembang pesat, menjadi 29 perusahaan. Hal ini menjadi salah satu progress perkembangan negara Indonesia dalam pengembangan biodiesel di Indonesia.

#### **4.5.4. Kondisi Umum dan Capaian Bidang Bioenergi**

Mandatori Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Kementerian ESDM telah menetapkan arah kebijakan di sektor energi yang mengedepankan pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan salah satunya melalui pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN). Untuk mendukung program tersebut telah diterbitkan Instruksi Presiden Nomor 1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Komitmen tersebut dilanjutkan melalui kebijakan mandatori pemanfaatan BBN dengan ditetapkannya Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 tahun 2008 dimana sektor transportasi, industri dan pembangkit listrik diwajibkan untuk mensubstitusi bahan bakar fosil dengan BBN pada persentase tertentu dan secara bertahap. Seiring dengan kondisi defisit Neraca Transaksi Berjalan Indonesia yang sudah berlangsung selama 27 bulan, menjadi salah satu dasar bagi Pemerintah untuk mengeluarkan Paket Kebijakan Ekonomi Nasional dimana peran BBN khususnya biodiesel ditingkatkan penggunaannya dari 7,5% (B-7,5) menjadi 10% (B-10) dengan tujuan untuk mengurangi pengeluaran negara dari meningkatnya nilai impor solar.

Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 kemudian diubah dengan Peraturan Menteri ESDM No. 20 Tahun 2014 yang secara substansi mempercepat pemanfaatan BBN khususnya biodiesel dengan peningkatan target mandatori.

Implementasi kebijakan mandatori yang juga merupakan penciptaan pasar BBN di dalam negeri sebagai salah satu upaya peningkatan konsumsi BBN untuk penyerapan peningkatan produksi dan pemanfaatan BBN di dalam negeri yang tumbuh secara signifikan dari tahun 2009 hingga 2014. Dengan meningkatnya porsi biodiesel selama kurun waktu tahun 2013 dengan implementasi pemanfaatan biodiesel 10% pada minyak solar (B-10) dari sebelumnya hanya B-7,5, Pemerintah telah berhasil melakukan penghematan devisa sebesar 831 juta USD dengan meningkatkan pemanfaatan biodiesel untuk kebutuhan dalam negeri sebesar 1,05 juta KL (meningkat sebesar 56,62% dari pemanfaatan biodiesel tahun 2012). Kebijakan mandatori merupakan upaya Pemerintah untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil khususnya BBM dan mengembangkan industri BBN dalam negeri sehingga memberikan nilai tambah pada perekonomian, mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) akibat pembakaran energi fosil, serta untuk mengurangi impor BBM yang semakin meningkat (penghematan devisa akibat pengurangan impor BBM) menuju ketahanan energi nasional.

Kajian Teknis dan Uji Pemanfaatan BBN (B20)-Uji jalan (*road test*) B-20 dilakukan dalam rangka mendukung Mandatori BBN yaitu implementasi B20 pada tahun 2016 seperti yang tertuang dalam Permen ESDM No. 32 Tahun 2008 sebagaimana telah diubah dengan Permen ESDM No. 20 Tahun 2014. Kegiatan ini merupakan kerja sama antara Kementerian ESDM (Ditjen EBTKE dan Balitbang ESDM), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), PT. Pertamina, Aprobi, Gaikindo, Hino, Aspindo, dan Hinabi. Output dari kegiatan ini adalah tersedianya dokumen teknis penggunaan BBN (B20) pada mesin kendaraan bermotor dan alat besar, serta tersedianya rekomendasi teknis yang diperlukan sehingga pemanfaatan B20 pada tahun 2016 tidak berdampak negatif pada mesin.

Hasil yang diperoleh dari uji B20 ini adalah sebagai berikut:

- Terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar sekitar 3% dan penurunan daya sekitar 2% pada kendaraan berbahan bakar B20 dibandingkan B0,

- Pada kendaraan yang menggunakan B20, terjadi peningkatan daya pada setiap kenaikan 10.000 km,
- Hasil uji pada kendaraan lama sempat terjadi *clogging* penyumbatan pada filter bahan bakar, satu pada KM 5000 dan satunya pada KM 7500, sehingga untukantisipasi implementasi B20 khususnya untuk kendaraan lama yang jumlahnya lebih dari 4 juta unit perlu dilakukan secara bertahap.

#### **4.5.5. Bioenergi di Pasar Global**

Secara umum, bioenergy dibedakan dalam 2 kelompok utama, yakni bioethanol dan biodiesel. Di pasar dunia, perkembangan bioethanol lebih awal dimulai dan telah berkembang hingga saat ini. Hal ini mengakibatkan proporsi (*share bioethanol*) hampir mencapai dua per tiga, sedangkan pengembangan biodiesel masih tergolong proporsinya masih sedikit. Pasar biodiesel terbesar di dunia adalah Uni Eropa, diikuti Amerika Latin, Asia Pasifik dan posisi keempat adalah Amerika Utara. Pasokan diesel akan meningkat dua kali lipat sampai 2020 untuk memenuhi permintaan (*demand*) dunia. Uni Eropa akan tetap menjadi konsumen terbesar dengan pangsa 44%, namun Asia-Pasifik akan mendekati pangsa sebesar 39%, sedangkan Brasil dan Kolombia adalah dua negara yang akan meningkatkan blending biodiesel, dan negara ini berpotensi menjadi eksportir utama biodiesel dunia di masa mendatang.

Hal ini terlihat dari keberhasilan *supply*-nya yang lebih besar dibandingkan dengan konsumsi domestiknya. Namun sebaliknya, dimasa mendatang, Eropa akan menjadi negara pengimpor biodiesel utama dunia. Amerika utara menghadapi hambatan dalam pengembangan biodiesel di masa mendatang, karena terkait dengan persyaratan lingkungan, dimana AS menggunakan biodiesel yang bersumber dari kedele.

Brazil merupakan satu-satunya negara yang akan berada dalam posisi tertinggi untuk memasok pasar etanol global, dimana akan dapat memasok minimal 13 miliar liter (3,5 miliar galon) ke pasar global pada tahun 2020. Pesaing utama untuk etanol Brasil diperkirakan adalah A.S., EU 27, China dan Jepang. Total gabungan permintaan

setidaknya mencapai 15 miliar liter (4 miliar galon). Sedangkan Cina merupakan sebuah kejutan, dimana demand China akan mencapai 8 miliar liter (2 miliar galon) pada tahun 2020, yang meningkat lebih dari dua kali lipat dibandingkan dengan demand tahun 2010.

Hanya 57% kapasitas biodiesel yang ada yang dibutuhkan di Eropa pada tahun 2010 dan 2015 dibandingkan dengan permintaan yang diungkapkan, dengan mempertimbangkan FAME dan kapasitas diesel terbarukan dan proyeksi impor di NAPs.

Pemanfaatan tersebut kemudian dapat meningkat menjadi 66% dari kapasitas pada tahun 2020 karena tidak ada penambahan kapasitas baru di luar tahun 2015. Pada tahun 2010, total impor mencapai 7% permintaan akan meningkat menjadi 20% pada tahun 2015 dan kemudian 35% di 2020 karena tidak ada penambahan kapasitas baru.

Di sisi lain, aspek *sustainability* menjadi isu yang sangat penting berkenaan dengan biofuel, khususnya, perubahan emisi penggunaan lahan secara tidak langsung (ILUC). Salah satu yang sangat menonjol ditekankan di Indonesia adalah asal usul lahan yang tidak berasal dari hutan (namun hal ini masih diperebatkan dalam konteks pembangunan di Indonesia). Masalah ini dapat menjadi hambatan bagi biofuel masa depan atau bahan baku biofuel yang masuk ke UE.

#### **4.5.6. Perkembangan Biodiesel di Asia**

Perkembangan biodiesel di Asia ingin membandingkan kemajuan Indonesia dibandingkan dengan negara di Asia lainnya. Produsen biodiesel yang tergolong besar di Asia antara lain adalah China, India, Indonesia, Korea Selatan dan Thailand.

Perkembangan biodiesel di Asia menunjukkan perkembangan Indonesia yang relatif paling pesat dibandingkan dengan negara lainnya. Pada tahun 2006, produksi biodiesel Indonesia baru mencapai 44 ribu ton, dan berada di bawah Thailand. Namun pada tahun 2016, produksi biodiesel Indonesia mencapai 2,5 juta ton, dan berhasil melampaui China (2 juta ton). Tahun 2015 sempat menurun drastis, seiring dengan adanya kebakaran hutan di Indonesia, namun posisi Indonesia kembali melejit pada tahun 2016.



Perkembangan ini menunjukkan keberhasilan Indonesia, dimana pada tahun 2006, *share* pangsa biodiesel Indonesia di Asia adalah 3.5 persen, dan pada tahun 2016 telah meningkat drastis hingga mencapai 35,4%. (Naik 10 kali lipat dalam 1 dekade). Demikian juga bila dibandingkan *share* biodiesel Indonesia di pasar global, naik pesat dari 0.2% (2016) menjadi 3,0% pada tahun 2016.

Dari sisi pertumbuhan (*annual growth*) juga terlihat, dimana pertumbuhan biodiesel dunia adalah rata-rata meningkat 14,1% per tahun. Sedangkan Asia tumbuh lebih pesat, yakni rata-rata 25% per tahun. Rata-rata pertumbuhan China adalah 14.60%, India 12.70%, Indonesia 65.40%, Korea Selatan 45.40%, dan Thailand 39.90%. Data di atas menunjukkan keunggulan Indonesia, dengan pertumbuhan yang besar, yakni 65.40% dan mengungguli negara-negara Asia lainnya. Keberhasilan ini sekaligus menempatkan posisi Indonesia sebagai negara yang diperhitungkan dalam pasar biodiesel dunia di masa mendatang.

Pada pasar biodiesel global, terlihat bahwa konsumsi biofuel dunia akan meningkat dua kali lipat pada tahun 2020. Uni Eropa akan menjadi pengimpor utama biofuel di masa mendatang, dan hal ini menjadi sinyal yang positif bagi Indonesia untuk terus meningkatkan keberhasilan yang telah dicapai saat ini.

# DAFTAR PUSTAKA

- T. M. Letcher, ed. (2020). *Future energy : improved, sustainable and clean options for our planet (3rd ed.)*. Amsterdam, Netherlands
- Lewandrowski J, Rosenfeld J, Pape D, Hendrickson T, Jaglo K, Moffroid K (2019). *The greenhouse gas benefits of corn ethanol – assessing recent evidence*. *Biofuels*. Informa UK Limited. 11 (3): 361–375.
- Lee, K.T., Ofori-Boateng, C. (2013). *Sustainability of Biofuel Production from Oil Palm Biomass*. Springer-Verlag, Singapore.
- Kumar, S., Rajesh K. (2018). *Biorefining of Biomass to Biofuels Opportunities and Perception*. Springer.
- National Research Council, Koshel, P., McAllister, K. (2010). *Expanding Biofuel Production, Sustainability, and the Transition to Advanced Biofuels : Summary*. The National Academies Press.
- Jeswani, H.K., Chilvers, A., Azapagic, A. (2020). *Environmental Sustainability of Biofuels : a Review*. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 476(2243): 20200351
- <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/15/3085/strategi.pemerintah.wujudkan.pemanfaatan.biofuel.yang.berkelanjutan>
- <https://www.bdp.or.id/Pengembangan-Biofuel>
- <https://www.bdp.or.id/program-pengembangan-dan-pemanfaatan-bahan-bakar-nabati>
- <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220215153228-4-315582/simak-sederet-tantangan-ri-dorong-biofuel-berkelanjutan>
- <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/10/13/3293/rencana.strategis.pengembangan.bahan.bakar.nabati.menuju.nze>
- <https://setkab.go.id/wajib-gunakan-biofuel-15-pemerintah-berharap-bisa-kurangi-impor-solar/>
- <https://setkab.go.id/wajib-gunakan-biofuel-15-pemerintah-berharap-bisa-kurangi-impor-solar/>
- <https://gapki.id/news/2017/09/13/perkembangan-biodiesel-di-indonesia-dan-terbesar-di-asia/>

# BIODATA PENULIS

## **Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr.(Han)**



Pria lahir di Bandung, 29 Januari 1968, Lulus S1 dengan Program Studi Ilmu Administrasi, S2 di Program Studi Ilmu Manajemen, S3 di Program Studi Ilmu Manajemen, dan mengabdikan diri menjadi prajurit TNI Angkatan Darat berpangkat Brigadir Jenderal dan saat ini menjabat sebagai Komandan Poltekad Kodiklatad.

Selain mengajar, menjadi penulis aktif di beberapa kegiatan seperti pelatihan, sekolah kemiliteran, sertifikasi dan penelitian.

## **Muhammad Iman Hidayat, S.Si.**



Pria lahir tahun 1994, Lulus S1 di Program Studi Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Mengabdikan diri menjadi prajurit TNI Angkatan darat dan sebagai Dosen di Poltekad Kodiklatad.

Selain mengajar, penulis aktif di beberapa kegiatan seperti pelatihan, sekolah kemiliteran, sertifikasi dan penelitian.

## **Theresia Dwi Siwi Candra Widiyati, S.E., S. Pd., M. Pd.**



Wanita lahir tahun 1974, Lulus S1 di Program Studi Ekonomi Akutansi Universitas Katolik Widya Karya Malang Tahun, S1 di Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Negeri Malang Tahun, dan S2 di Program Studi Teknologi Pembelajaran Universitas Negeri Malang. Pengalaman kerja sebagai guru SMP, guru SMA, dan sebagai sekretaris di suatu perusahaan cargo terkenal di Surabaya sebelum mengabdikan diri menjadi prajurit TNI Angkatan Darat. Saat ini sebagai Dosen di Poltekad Kodiklatad. Selain mengajar, penulis aktif di beberapa majalah, jurnal ilmiah dan buku, kegiatan lain mengikuti pengembangan diri di bidang seperti pelatihan pengelolaan jurnal, pelatihan dan workshop pengelolaan dan pengembangan perpustakaan serta mengikuti sekolah atau diklat kemiliteran, sertifikasi dan penelitian.