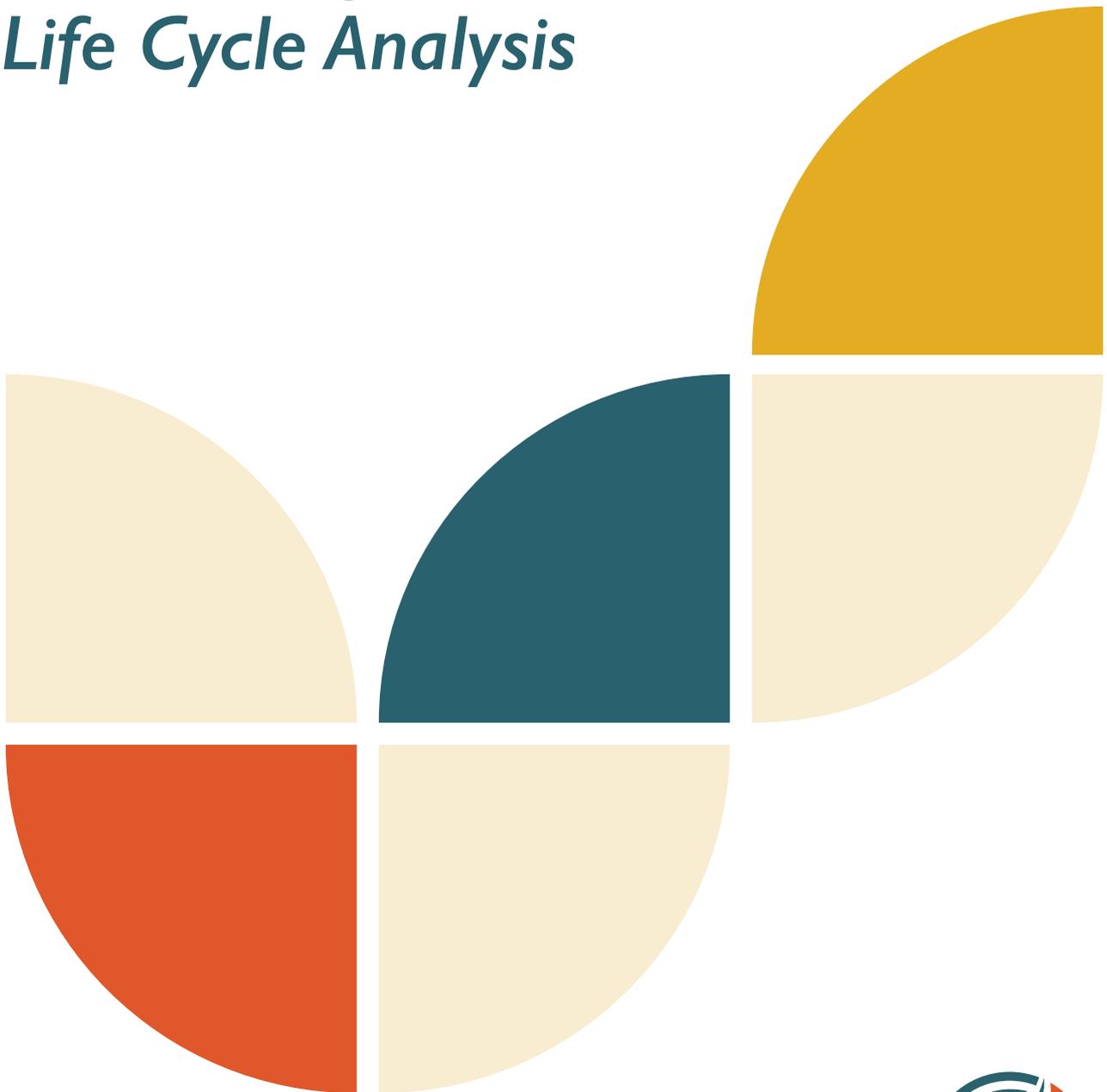


Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode *Life Cycle Analysis*



Puspa Widyarini
2022

**Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel
Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode *Life Cycle Analysis***

Penulis : Puspa Widyarani
Editor : Yuke Ratna Permatasari, Mutmainah Septiani
Desain & Tata Letak : Zulfikar Arief

Cetakan Pertama September 2022

Diterbitkan oleh

Yayasan Transformasi Energi Asia

Plaza Marein Lt. 23 Jl. Jend. Sudirman Kav 76-77 Kuningan, Setiabudi,
Jakarta Selatan – Indonesia.

Telp: 08111907188

Email: info@tractionenergy.asia

Website: <https://tractionenergy.asia/>

**PERBANDINGAN EMISI GAS RUMAH
KACA DARI PRODUKSI BODIESEL
BERBAHAN BAKU CPO DAN UCO
DENGAN METODE *LIFE CYCLE ANALYSIS***

2022

Puspa Widyarini



Kata Pengantar

Pemanasan global merupakan isu lingkungan yang menjadi tantangan besar bagi segala sektor. Pemanasan global terjadi ketika peningkatan gas rumah kaca terus bertambah di atmosfer. Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas yang mengakibatkan efek rumah kaca sehingga sinar matahari yang seharusnya dipantulkan keluar bumi justru tertahan di bumi, membuat suhu permukaan bumi menjadi meningkat. Gas yang termasuk GRK yaitu karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O), dan lainnya.

Indonesia telah berkomitmen dalam *National Determined Contribution* (NDC) untuk mengurangi emisi GRK sebesar 29% dengan upaya sendiri dan 41% melalui kerja sama internasional pada 2030. Masing-masing sektor di Indonesia memiliki target penurunan emisi GRK sendiri. Sektor energi merupakan salah satu sektor yang memiliki target penurunan emisi GRK yang cukup tinggi, yaitu sebesar 11%. Sektor energi juga menjadi sektor utama yang memegang peran penting dalam pencapaian NDC Indonesia setelah sektor kehutanan, yang memiliki target sebesar 17%.

Hasil kajian Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN/Bappenas) mengemukakan bahwa mulai 2022, sektor energi akan menggantikan sektor kehutanan sebagai penyumbang emisi terbesar di Indonesia. Sektor energi dan transportasi akan mendominasi emisi dengan persentase sebesar 50,6% dari total emisi GRK di Indonesia pada 2022.

Salah satu program Pemerintah dalam upaya penurunan emisi GRK pada sektor energi adalah dengan menerapkan program biodiesel. Program biodiesel sudah diberlakukan sejak 2008. Hingga saat ini, kebijakan mandatori biodiesel yang dijalankan di Indonesia masih menggunakan satu jenis bahan baku atau *single feedstock*, yaitu minyak sawit (*Crude Palm Oil/CPO*).

Penggunaan CPO sebagai bahan baku tunggal dalam produksi biodiesel tidak sepenuhnya memberikan dampak positif terhadap target penurunan emisi. Kebijakan ini dapat menimbulkan masalah karena bertentangan dengan tujuan utama, yaitu penggunaan bahan bakar yang ramah lingkungan untuk menurunkan emisi dari penggunaan bahan bakar fosil.

Produksi biodiesel menggunakan bahan baku CPO akan membutuhkan proses yang cukup panjang; dimulai dari proses penanaman, pemeliharaan, pemanenan, pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi CPO, hingga pengolahan CPO menjadi biodiesel. CPO yang diproduksi di Indonesia tergolong berisiko tinggi terhadap penggunaan lahan tidak langsung atau *high-ILUC risk*. Hal itu disebabkan dalam proses produksinya terjadi praktik-praktik konversi dan pembukaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit dengan cara pembakaran hutan atau lahan.

Praktik konversi lahan demi memenuhi pasokan CPO untuk produksi biodiesel tersebut akan berdampak sangat buruk terhadap lingkungan karena emisi GRK yang dihasilkan akan cukup besar. Apabila hal tersebut terus dibiarkan, akan berpengaruh terhadap

meningkatnya temperatur secara global. Padahal, dalam produksinya, masih terdapat jenis bahan baku lain, seperti minyak jelantah atau *Used Cooking Oil* (UCO), yang secara teknis dapat diolah menjadi biodiesel dan memiliki potensi ketersediaan yang cukup tinggi di Indonesia.

Produksi biodiesel berbahan baku UCO hanya akan membutuhkan rantai produksi yang jauh lebih pendek dibandingkan dengan produksi biodiesel berbahan baku CPO. Dengan demikian, produksi biodiesel berbahan baku UCO tidak akan menimbulkan banyak emisi yang terlepas dari hasil produksinya karena UCO merupakan limbah.

Secara teknis, proses pengolahan UCO menjadi biodiesel sudah dapat dilakukan. Hal ini diperkuat dengan beberapa bukti praktik pengolahan UCO menjadi biodiesel yang telah dilakukan oleh sejumlah lembaga dan organisasi masyarakat, seperti PT Bali Hijau Biodiesel, CV Artha Metro Oil, Gen Oil Makasar, dan Badan Usaha Milik Desa Panggung Lestari Bantul. Tidak hanya itu, berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Traction Energy Asia (2021), potensi ketersediaan UCO, yang hanya berasal dari sektor rumah tangga di Indonesia, setidaknya dapat memenuhi 10% kebutuhan biodiesel di Indonesia.

Pemenuhan sebagian kebutuhan biodiesel dalam negeri dengan menggunakan UCO sebagai bahan bakunya, akan menurunkan emisi yang timbul dari produksi CPO untuk biodiesel. Dalam rangka mendorong kebijakan pemanfaatan UCO sebagai bahan baku biodiesel, dengan tujuan mencapai target penurunan emisi di sektor energi, akan memerlukan jumlah/angka potensi emisi yang dapat diturunkan.

Berangkat dari pemikiran tersebut, Traction Energy Asia meluncurkan kajian *Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode Life Cycle Analysis*. Kajian ini merupakan kontribusi untuk menjawab pertanyaan tentang seberapa besar emisi yang dapat diminimalisasi apabila menambahkan UCO sebagai salah satu bahan baku biodiesel di Indonesia. Tentunya, dengan tujuan untuk membantu memenuhi target penurunan emisi di sektor energi. Selain itu, juga untuk mendukung implementasi pembangunan rendah karbon dalam rangka mitigasi dampak perubahan iklim.

Akhir kata, Traction Energy Asia mengucapkan terima kasih dan memberikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada PT Bali Hijau Biodiesel yang telah membantu memberikan data aktivitas dalam proses produksi biodiesel berbahan baku UCO sebagai data primer dalam kajian ini.

Jakarta, Juni 2022
Traction Energy Asia

Ringkasan Eksekutif

Minyak goreng bekas atau yang biasa dikenal dengan minyak jelantah (*used cooking oil/UCO*) merupakan limbah dari aktivitas memasak dengan potensi ketersediaan tinggi. UCO merupakan *feedstock* alternatif biodiesel yang potensial. Secara teknis, perkembangan teknologi telah memungkinkan UCO diolah menjadi bahan bakar nabati termasuk biodiesel. Pemanfaatan UCO sebagai bahan baku biodiesel memberikan beragam manfaat, yaitu dapat mengurangi risiko penyakit akibat mengonsumsi makanan yang dimasak menggunakan UCO, serta mengurangi risiko pencemaran air dan tanah akibat perilaku membuang UCO secara sembarangan.

Pada aspek timbulan emisi, biodiesel berbahan baku UCO diduga memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan jejak karbon dari bahan bakar solar konvensional. Studi dari The Royal Academic Engineering (2017), yang memetakan studi-studi tentang jejak karbon (*carbon footprint*) biodiesel berbahan baku UCO, mencatat bahwa biodiesel yang dicampur dengan *feedstock* UCO memiliki jejak karbon lebih rendah 60% hingga 90% dibandingkan jejak karbon dari solar konvensional. Sementara itu, hasil penelitian Machmud (2009) menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel dengan bahan baku UCO dapat menurunkan emisi CO₂ hingga mencapai 99% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar solar. Selain itu, penelitian dari Setiawan *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa torsi dan daya putar mesin toyota mengalami peningkatan seiring meningkatnya jumlah penambahan persentase UCO pada biodiesel. Ini menunjukkan bahwa biodiesel berbahan baku UCO dapat digunakan dengan baik untuk mesin kendaraan pribadi.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, Traction Energy Asia melakukan kajian "*Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode Life Cycle Analysis*" dengan tujuan:

1. Mengidentifikasi tahapan aktivitas produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO yang menghasilkan timbulan emisi GRK.
2. Menghitung dan membandingkan besaran emisi GRK produksi biodiesel berbahan baku CPO dengan biodiesel yang berbahan baku UCO.
3. Menghitung besaran emisi GRK yang dapat diminimalisasi apabila menambahkan UCO sebagai bahan baku komplementer dalam pengadaan biodiesel nasional.

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan tipe penelitian *cross sectional*, dalam hal ini menghitung serta membandingkan timbulan emisi GRK atas tahapan produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO dari empat produsen Biodiesel CPO dan satu produsen Biodiesel UCO. Kajian dilakukan menggunakan teknik *desk research* dan wawancara mendalam terhadap sumber data yang dijabarkan lebih lanjut pada subbab sumber data. Sumber data yang digunakan produsen CPO berasal dari sumber data sekunder. Sementara itu, sumber data produsen biodiesel UCO berasal dari sumber data primer. Selengkapnya, bisa dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Objek Kajian LCA

No	Perusahaan	Bahan Baku Biodiesel	Sumber Data
1	Asian Agri	CPO	<i>Sustainability Report Asian Agri, 2016</i>
2	Golden Agri Resources (GAR)	CPO	<i>Sustainability Report GAR, 2017</i>
3	Musim Mas	CPO	<i>Sustainability Report Musim Mas, 2017</i>
4	Wilmar International	CPO	<i>Sustainability Report Wilmar International, 2017</i>
5	Bali Hijau Biodiesel	UCO	Wawancara Mendalam dengan PT Bali Hijau Biodiesel, 2022

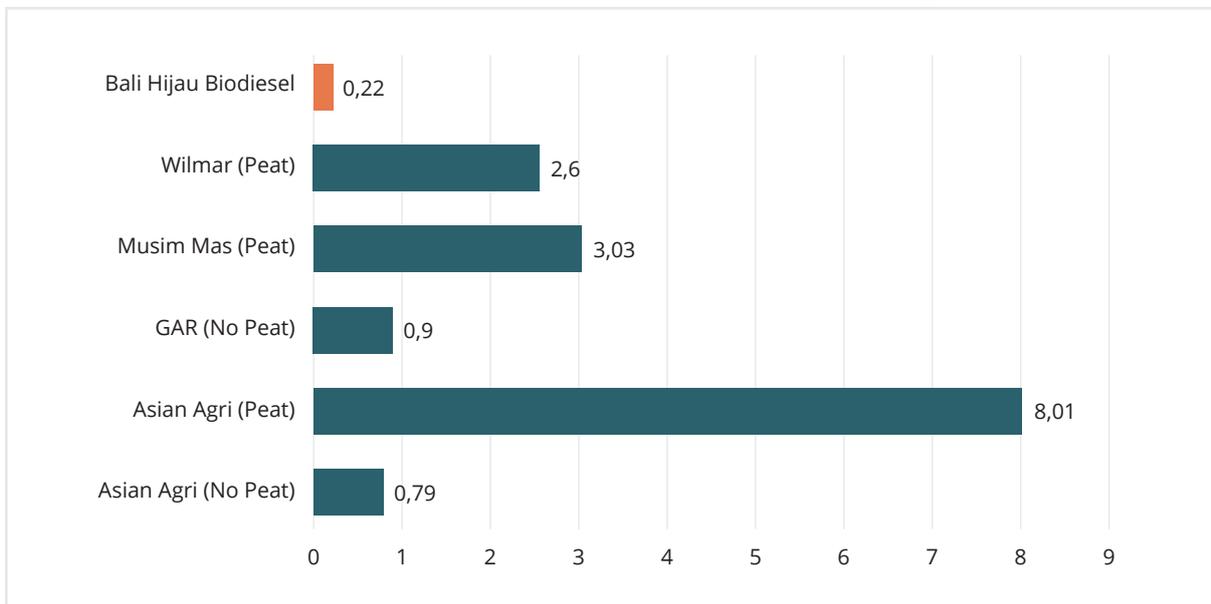
Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Kajian “Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode Life Cycle Analysis” menghasilkan temuan sebagai berikut:

Jumlah Emisi GRK yang Dihasilkan dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku UCO dan CPO

Emisi GRK dari produksi biodiesel berbahan baku CPO oleh perusahaan **Asian Agri**, yang melakukan penanaman pada **lahan gambut**, ditemukan dengan jumlah **terbanyak**, yaitu sebesar **8,01 kg CO₂eq/L Biodiesel**. Sementara itu, emisi GRK terendah ditemukan pada produksi biodiesel berbahan baku **UCO dari PT Bali Hijau Biodiesel** yang hanya sebesar **0,22 kg CO₂eq/L Biodiesel**.

Gambar 1 Perbandingan Jumlah Emisi dari Produksi Biodiesel (kg CO₂ eq/ L Biodiesel)



Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Emisi GRK dari produksi biodiesel berbahan baku CPO paling besar ditemukan pada tahap produksi CPO di perkebunan. **Tahap perkebunan memberikan kontribusi emisi sebesar 80%-94%**. Pada kasus perkebunan, perusahaan yang memperhitungkan parameter

pembukaan lahan, di antaranya Asian Agri, Musim Mas, dan Wilmar, memperoleh angka emisi dalam produksi B30 sebesar **2,43 Kg CO₂ eq/ L B30 hingga 4,60 Kg CO₂ eq/ L B30**. Emisi GRK yang dihasilkan dari perusahaan GAR sebesar **2,47 Kg CO₂ eq/ L B30**. Sementara itu, emisi GRK yang dihasilkan dari produksi B30 berbahan baku UCO sebesar **2,26 Kg CO₂ eq/ L B30**.

Produksi B30 Berbahan Baku UCO dan CPO

1. Penambahan UCO sebagai bahan baku produksi biodiesel dapat meminimalisasi sebagian emisi yang dihasilkan dari produksi biodiesel yang hanya menggunakan satu bahan baku saja, yaitu CPO. Emisi yang dihasilkan akan bergantung dari jenis produksi yang dibuat. Kajian ini membahas emisi yang akan dihasilkan dari dua pilihan proses produksi biodiesel, di antaranya:
 - a. Proses produksi dilakukan dengan memisahkan UCO dan CPO selama produksinya sehingga akan menghasilkan 2 jenis biodiesel (Skenario 1).
 - b. Proses produksi dilakukan dengan langsung mencampurkan UCO dan CPO. Dengan demikian, akan menghasilkan 1 jenis biodiesel (Skenario 2).
2. Perbandingan antara emisi biodiesel CPO dengan emisi biodiesel UCO berlandaskan asumsi sebagai berikut:
 - a. Angka emisi GRK Biodiesel CPO mengambil kasus biodiesel yang pasokan CPO-nya berasal dari perkebunan di lahan gambut (PT Asian Agri).
 - b. Angka emisi GRK Biodiesel UCO dihitung dengan asumsi jarak transportasi terjauh antara titik kelurahan simpul pengepulan UCO dengan SPBU PT Pertamina sebagai titik akhir pengepulan.
Kedua asumsi tersebut diambil berdasarkan pertimbangan nilai maksimal emisi GRK yang dapat timbul dari produksi biodiesel CPO dan UCO. Dengan demikian, hasil perbandingan nilai emisi dapat membantu mengantisipasi kemungkinan timbulan emisi GRK tertinggi akibat dari produksi biodiesel CPO dan UCO.

Produksi B30 dengan Memisahkan Jenis Bahan Baku (Skenario 1) dan Menyatukan Jenis Bahan Baku (Skenario 2)

1. Pada skenario 1 (produksi B30 berbahan baku CPO dan UCO dengan proses produksi yang dipisah), penambahan **10% UCO** dibandingkan dengan *single feedstock* berbahan baku CPO menghasilkan penurunan jumlah emisi sebesar **2,19 juta ton CO₂ eq**. Apabila menambahkan jumlah biodiesel berbahan baku UCO sebesar **20%, 30%, 50%, dan 100%**, masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar **4,30 juta ton CO₂ eq, 6,59 juta ton CO₂ eq, 10,92 juta ton CO₂ eq, dan 21,98 juta ton CO₂ eq**.
2. Pada skenario 2 (produksi B30 berbahan baku CPO dan UCO dengan proses produksi yang disatukan), penambahan **10% UCO** dibandingkan dengan *single feedstock* berbahan baku CPO akan menghasilkan penurunan jumlah emisi sebesar **7,32 juta ton CO₂ eq**. Selanjutnya, apabila menambahkan jumlah UCO sebesar **15%, 20%, dan 30%**, masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar **10,99 juta ton CO₂ eq, 14,65 juta ton CO₂ eq, dan 21,98 juta ton CO₂ eq**.

3. Dalam **skenario 1** (produksi B30 yang memisahkan bahan baku CPO dan UCO sebagai penambahan *feedstock* biodiesel sebanyak 10%-100%), pemerintah dapat menurunkan emisi sebanyak **2,4-24%** dari total target Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) dalam penurunan emisi pada 2022. Sementara itu, dalam **skenario 2** (produksi biodiesel yang menyatukan bahan baku CPO dan UCO sebagai penambahan *feedstock* biodiesel sebanyak 10%-30% dalam produksi B30), maka pemerintah dapat menurunkan emisi sebanyak **8%-24%** dari total target Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) dalam penurunan emisi pada 2022.

Strategi penambahan UCO ke dalam *feedstock* biodiesel dapat membantu kesuksesan Pemerintah Indonesia dalam mencapai target penurunan emisi GRK. Kelebihan dari penggunaan UCO untuk biodiesel, yaitu harga bahan baku yang murah karena tergolong sebagai limbah konsumsi minyak goreng, stok ketersediaan yang melimpah, dan proses pengolahannya yang hanya membutuhkan dua tahap, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi (Julianus, 2006). Berbeda bila dibandingkan dengan penggunaan CPO untuk biodiesel, yang dapat menghasilkan emisi tambahan dari proses pembukaan lahan (10,44-13,48 kg CO₂e/tTBS), emisi dari proses pemupukan (14,87 kgCO₂eq/tTBS), dan dapat menghasilkan emisi dari limbah cair (373,9-390 kgCO₂e/tCPO) (Traction Energy Asia, 2019).

Penggunaan UCO sebagai bahan baku biodiesel juga tidak memiliki riwayat jejak emisi karena tergolong sebagai limbah dari konsumsi produk minyak goreng. Dengan demikian, penggunaan biodiesel berbahan baku UCO dapat berperan signifikan dalam menurunkan emisi GRK di sektor energi, tanpa menimbulkan eksese timbulan emisi di sektor-sektor lainnya.

Daftar Isi

Kata Pengantar	ii
Ringkasan Eksekutif	iv
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	ix
Daftar Singkatan	x
Daftar Istilah	xi
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Maksud dan Tujuan	6
1.3 Sasaran	6
1.4 Sistematika Penulisan	6
BAB II METODE PENELITIAN	7
2.1 Pendekatan Penelitian	7
2.2 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	7
2.3 Sumber data	9
2.4 Kalkulasi emisi GRK	11
2.5 Analisis Data	12
BAB III HASIL DAN DISKUSI	13
3.1 Perhitungan Emisi Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO	13
3.1.1 Asian Agri	13
3.1.2 Golden Agri Resources (GAR)	14
3.1.3 Musim Mas	16
3.1.4 Wilmar International	17
3.1.5. Perhitungan Emisi GRK pada Tahap Penyulingan dan <i>Blending</i> Biodiesel Berbahan Baku CPO	19
3.2 Produksi Biodiesel Berbahan Baku <i>Used Cooking Oil</i> (UCO)	21
3.2.1 Emisi GRK dari Kegiatan Pengumpulan UCO	21
3.2.2 Penyulingan dan <i>Blending</i> Biodiesel Berbahan Baku UCO	22
3.3 Perbandingan Total Emisi GRK Produksi Biodiesel CPO dan UCO	24
3.4 Produksi B30 Berbahan Baku CPO dan UCO	27
3.4.1 Produksi B30 dengan Memisahkan Jenis Bahan Baku (Skenario 1)	28
3.4.2 Produksi B30 dengan Menyatukan Jenis Bahan Baku (Skenario 2)	30
BAB IV PENUTUP	32
4.1 Kesimpulan	32
4.2 Rekomendasi	33
DAFTAR PUSTAKA	34

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Objek Kajian LCA	10
Tabel 3.1 Emisi GRK Produksi CPO Asian Agri.....	14
Tabel 3.2 Emisi GRK Produksi CPO Golden Agri Resources.....	14
Tabel 3.3 Penurunan GRK dari <i>Methane Capture</i> GAR 2017	15
Tabel 3.4 Ringkasan Emisi GRK Perusahaan	19
Tabel 3.5 Material untuk Produksi 1 Liter Biodiesel.....	20
Tabel 3.6 Faktor Emisi Material Penyulingan dan <i>Blending</i>	20
Tabel 3.7 Faktor Konversi CPO dan Biodiesel	20
Tabel 3.8 Jarak Simpul Pengepul Terhadap Distribusi Lokasi SPBU Pertamina.....	21
Tabel 3.9 Jumlah Emisi dari Kegiatan Transportasi Pengangkut UCO	22
Tabel 3.10 Material untuk produksi 1 Liter Biodiesel.....	23
Tabel 3.11 Faktor Emisi Material Penyulingan dan <i>Blending</i>	23
Tabel 3.12 Emisi GRK Produksi Biodiesel Berbahan baku CPO dan UCO.....	24
Tabel 3.13 Jumlah Kebutuhan Biodiesel dan Diesel untuk B30 Bahan Baku Dipisah	29
Tabel 3.14 Emisi dari Produksi B30 UCO dan B30 CPO dari Perusahaan Asian Agri	29
Tabel 3.15 Jumlah Kebutuhan Biodiesel dan Diesel untuk B30 Bahan Baku Disatukan.....	30
Tabel 3.16 Emisi dari Produksi B30 UCO dan CPO dari Perusahaan Asian Agri	31

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Persentase Pasokan Energi Primer 2020	3
Gambar 2.1 Cakupan LCA Pengolahan CPO Menjadi Biodiesel.....	8
Gambar 2.2 Cakupan LCA Pengolahan UCO Menjadi Biodiesel	9
Gambar 3.1 Perbandingan Emisi GRK dengan <i>Methane Capture</i> (MC) di GAR	15
Gambar 3.2 Persentase Emisi Sumber Produksi CPO Musim Mas.....	16
Gambar 3.3 Sumber Emisi GRK Musim Mas	17
Gambar 3.4 Sumber Emisi GRK Wilmar International 2017	18
Gambar 3.5 Perbandingan Jumlah Emisi dari Produksi Biodiesel (kg CO ₂ eq/ L Biodiesel)....	26
Gambar 3.6 Perbandingan Jumlah Emisi dari Produksi B30 (kg CO ₂ eq/L B30).....	26

Daftar Singkatan

BAU	: <i>Business as Usual</i>
BBM	: Bahan Bakar Minyak
BBN	: Bahan Bakar Nabati
BPS	: Badan Pusat Statistik
BU	: Badan Usaha
CO ₂ eq	: <i>Carbon Dioxide Equivalent</i>
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
ER	: <i>Emission Reduction</i>
FAME	: <i>Fatty Acid Methyl Esters</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acids</i>
FOLU	: <i>Forestry and Other Land Use</i>
GRK	: Gas Rumah Kaca
IPCC	: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISCC	: <i>International Standard for Carbon Certification</i>
LCA	: <i>Life Cycle Analysis</i>
LUC	: <i>Land Use Change</i>
MT CO ₂ eq	: <i>Metric Tonnes Carbon Dioxide Equivalen</i>
MT	: <i>Million Tonnes</i>
NO ₂	: <i>Nitrogen Dioxide</i>
NDC	: <i>National Determined Contribution</i>
Perpres	: Peraturan Presiden
PKS	: Pabrik Kelapa Sawit
PLN	: Pembangkit Listrik Negara
POME	: <i>Palm Oil Mill Effluent</i>
RSPO	: <i>Roundtable Sustainable Palm Oil</i>
SPBU	: Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum
TBS	: Tandan Buah Segar
UCO	: <i>Used Cooking Oil</i>

Daftar Istilah

Biodiesel

Bahan bakar nabati yang berasal dari bahan minyak nabati setelah melewati proses kimia, yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Biodiesel plant

Pabrik atau bangunan industri yang mengolah bahan baku minyak nabati untuk dijadikan bahan bakar biodiesel.

Biofuel

Semua bahan bakar yang berasal dari biomassa, yaitu bahan tumbuhan atau ganggang atau kotoran hewan.

Biogas plant

Pabrik atau bangunan industri yang menghasilkan suatu gas dari aktivitas atau kegiatan *anaerobic* atau fermentasi dari bahan-bahan organik.

Feedstock biodiesel

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan bahan bakar nabati yang dapat berupa tanaman, alga, dan sumber minyak lainnya (seperti minyak goreng bekas).

Methane capture

Teknologi penangkap gas metana yang kemudian dijadikan semacam biogas.

Minyak jelantah

Minyak goreng yang telah digunakan untuk memasak.

Transesterifikasi

Proses yang digunakan untuk memodifikasi struktur ester dengan gugus alkil alkohol. Reaksi ini akan membutuhkan katalis asam atau basa untuk mengurangi energi aktivasi reaksi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena pemanasan global saat ini menjadi perhatian hampir seluruh bangsa dan para pemimpin negara di dunia. Sebab, apabila tidak segera ditangani, dampaknya dapat mengancam kelangsungan hidup seluruh makhluk yang ada di muka bumi, tidak terkecuali manusia. Pemanasan global adalah proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Fenomena ini dipicu oleh peningkatan intensitas kegiatan manusia, terutama yang berkaitan dengan penggunaan bahan bakar fosil dan kegiatan alih fungsi lahan.

Secara teoritis, pemanasan global terjadi karena terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (gelombang panas atau infra merah) yang dipancarkan ke bumi oleh berbagai macam jenis gas rumah kaca (GRK).

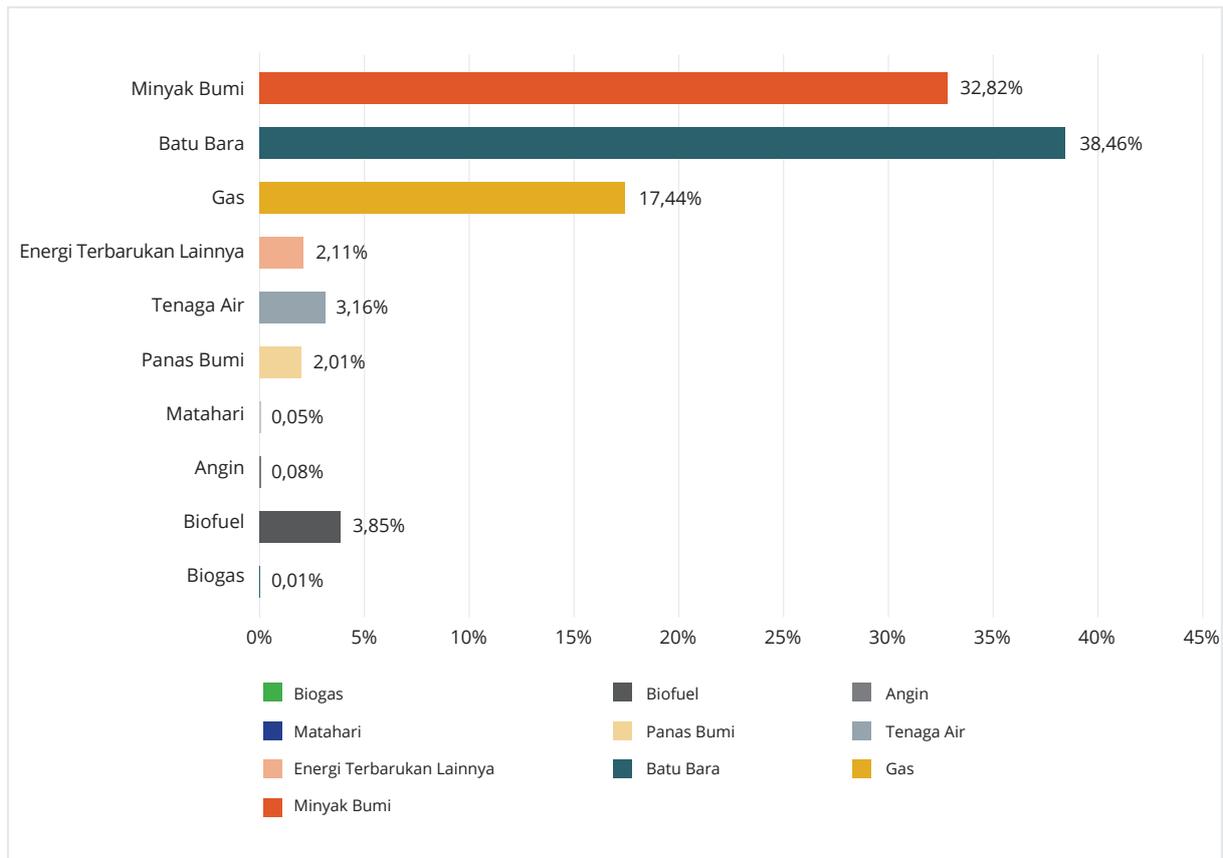
Peningkatan GRK dapat berasal dari berbagai macam sektor, seperti gas karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari sektor industri, sektor energi pembangkit listrik, dan sektor transportasi, gas metana (CH₄) yang dapat dihasilkan dari sektor pertanian akibat dari limbah yang tidak diproses, serta gas dinitrogen oksida (N₂O) yang dapat berasal dari kegiatan pemupukan dan aktivitas mikroba di tanah mineral ataupun gambut (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Berdasarkan hasil laporan inventarisasi sumber emisi dari Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup, sektor penghasil emisi GRK terbesar di Indonesia adalah sektor kehutanan dan alih fungsi lahan serta sektor energi. Oleh karena itu, sangat relevan apabila skenario target kebijakan penurunan emisi diarahkan pada sektor kehutanan dan alih fungsi lahan serta sektor energi.

Kementerian PPN/Bappenas mengungkapkan bahwa sektor energi akan menggantikan sektor kehutanan sebagai penyumbang emisi terbesar di Indonesia. Sektor energi, termasuk sektor transportasi, akan mendominasi jumlah emisi GRK dengan persentase sebesar 50,6% dari total emisi di Indonesia pada 2022.

Salah satu upaya Indonesia dalam menghadapi permasalahan pemanasan global, dengan menurunkan total emisi GRK yang dihasilkan pada sektor energi, adalah dengan meningkatkan bauran energi terbarukan. Caranya dengan menetapkan target setidaknya sebesar 23% pada 2025 dan sebesar 31% pada 2050 (PP Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional). Pada gambar 1.1 terlihat bahwa persentase energi terbarukan mencapai 11,31% dengan *biofuel* menempati persentase terbesar, sebanyak 3,85% (Kementerian ESDM, 2020).

Gambar 1. 1 Persentase Pasokan Energi Primer 2020



Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) (2020).

Biofuel atau bahan bakar nabati (BBN) telah menjadi salah satu prioritas dalam pengembangan energi terbarukan karena memiliki potensi sumber daya bahan baku yang sangat besar. Dalam rangka pengembangan bioenergi, Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan serangkaian kebijakan dan peraturan yang bertujuan mendukung pengembangan biofuel, mulai dari target penggunaan wajib (mandatori) biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit hingga mekanisme pengadaan BBN dengan skema pembiayaan dari dana minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil (CPO) fund*.

Saat ini, kebijakan program pengembangan BBN jenis biodiesel di Indonesia menggunakan strategi bahan baku tunggal (*single feedstock*), yaitu dari CPO. Penggunaan CPO sebagai bahan baku tunggal sangat rentan terhadap tekanan eksternal. Salah satunya adalah fluktuasi harga CPO yang mengikuti harga pasar dunia. Selain itu, meskipun biodiesel dengan bahan baku CPO diklaim sebagai energi terbarukan, sepanjang rantai proses produksinya masih banyak menggunakan bahan *agro-chemical* dan sumber energi yang tidak terbarukan. Kondisi ini mengungkapkan bahwa produksi biodiesel sesungguhnya masih mencemari lingkungan. Namun, seberapa besar nilai pencemarannya harus dianalisis dan dihitung, sehingga dapat dibandingkan dengan nilai pencemaran lingkungan dari bahan bakar fosil. Dengan demikian, akan diketahui bahwa emisi yang dihasilkan dari proses produksi biodiesel berbahan baku CPO tidak benar-benar rendah dibandingkan dengan solar konvensional.

Apabila penghitungan emisi menggunakan kerangka analisis daur hidup (*Life Cycle Analysis/ LCA*), produksi biodiesel yang menggunakan bahan baku CPO dapat menghasilkan emisi yang tinggi, bahkan dapat melampaui timbulan emisi dari penggunaan energi solar konvensional. Hal ini disebabkan oleh perluasan perkebunan kelapa sawit yang merambah hutan dan lahan gambut, serta limbah yang dihasilkan dari sistem produksi yang tidak berkelanjutan di perkebunan kelapa sawit, pabrik CPO, kilang CPO, pabrik biodiesel, dan stasiun pencampuran biodiesel (Traction Energy Asia, 2019).

UNI Eropa melalui EU RED (*Renewable Energy Directive*) menilai biodiesel berbahan baku CPO di Indonesia tidak mencapai nilai dasar penghematan emisi GRK (*GHG Emission saving default values*) sebesar 35% sebagai syarat produksi ramah lingkungan. Begitu pula Amerika Serikat yang menghadang penetrasi pasar CPO di Indonesia dengan tidak memperkenankan penggunaan CPO Indonesia sebagai bahan baku biodiesel di Amerika Serikat mulai 2020. Hal itu terjadi sebab Amerika Serikat menilai produk CPO Indonesia tidak memenuhi *GHG Emission saving default value*, yaitu sebesar 20%, untuk disebut sebagai produk ramah lingkungan.

Permasalahan timbulan emisi GRK dari produksi biodiesel berbahan baku CPO adalah pada tahap produksi di bagian hulu, utamanya di perkebunan. Dilihat pada sisi perkebunan selama proses produksi CPO, perkebunan kelapa sawit mewakili sekitar 15% dari total emisi nasional dan mayoritas berasal dari oksidasi lahan perkebunan gambut, pembukaan lahan, dan limbah cair pabrik minyak sawit (*palm oil mill effluent/POME*). Produksi CPO yang berlebihan akan berisiko deforestasi lebih lanjut. Selain itu, produksi CPO sebagai bahan baku biodiesel memiliki kelemahan lain, yaitu memerlukan waktu untuk masa panen, memerlukan lahan yang subur dan luas, serta dapat meningkatkan harga bahan pangan akibat kompetisi dengan kebutuhan pangan (Mata *et al.* 2010).

Gunarso *et al.* (2013) menyampaikan bahwa diperkirakan 33,5% perkebunan sawit di Indonesia berasal dari hutan (termasuk hutan gambut), 26,3% dari semak (termasuk semak gambut), dan 34,1% dari *agroforestry*. Sedangkan, Indonesia juga memiliki banyak alternatif lainnya untuk bahan campuran produksi biodiesel yang emisi dari rantai produksinya diduga lebih rendah dari CPO. Salah satunya adalah minyak goreng bekas.

Minyak goreng bekas atau biasa dikenal dengan sebutan minyak jelantah atau *used cooking oil* (UCO) merupakan limbah dari aktivitas memasak dengan potensi ketersediaan yang tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya konsumsi minyak goreng di Indonesia. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, rata-rata konsumsi minyak goreng sawit rumah tangga per kapita per tahun sebesar 11,58 liter pada 2020. Angka tersebut meningkat dari angka 10,33 liter per kapita per tahun pada 2015 (BPS, 2021). Sementara itu, perkembangan rata-rata konsumsi minyak goreng sawit di tingkat rumah tangga di Indonesia selama periode 2015-2020 mengalami peningkatan sebesar 2,32 persen per tahun (BPS, 2021).

Berdasarkan hasil ekstrapolasi berbahan baku temuan survei perilaku konsumsi minyak goreng pada segmen konsumen rumah tangga diperkirakan potensi ketersediaan minyak goreng sekitar 1,2 juta kilo liter per tahun dari sektor rumah tangga (Traction Energy Asia, 2022). Potensi ketersediaan tersebut diproyeksikan paling tidak dapat memenuhi sekitar 10% dari total alokasi BBN pada 2020 (Kementerian ESDM, 2020).

Secara teknis, pengolahan UCO menjadi biodiesel juga sudah sangat mungkin untuk dilakukan. Hal ini dibuktikan dengan telah ditemukannya beberapa perusahaan yang memproduksi biodiesel menggunakan bahan baku UCO, di antaranya adalah CV Artha Metro Oil, PT Bali Hijau Biodiesel, Gen Oil Makasar, Badan Usaha Milik Desa Panggung Lestari Bantul, dan lain sebagainya. Pemanfaatan UCO sebagai bahan baku biodiesel juga dapat mengurangi risiko penyakit akibat konsumsi makanan yang dimasak menggunakan UCO serta mengurangi risiko pencemaran air dan tanah akibat perilaku membuang UCO secara sembarangan.

Pada aspek timbulan emisi, jejak karbon dari biodiesel berbahan baku UCO diduga lebih rendah dibandingkan jejak karbon dari bahan bakar solar konvensional dan biodiesel berbahan baku CPO. Studi dari The Royal Academic Engineering (2017), yang memetakan studi-studi tentang jejak karbon biodiesel berbahan baku UCO, mencatat bahwa biodiesel yang dicampur dengan *feedstock* UCO memiliki jejak karbon lebih rendah 60% hingga 90% dibandingkan jejak karbon dari solar konvensional. Sementara berdasarkan hasil penelitian Machmud (2009), menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel dengan bahan baku UCO, dapat menurunkan emisi CO₂ hingga mencapai 99% bila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar solar. Selain itu, jika dilihat pada aspek visibilitasnya terhadap mesin, berdasarkan penelitian dari Setiawan *et al.* (2017), juga menunjukkan bahwa torsi dan daya putar mesin Toyota mengalami peningkatan, seiring meningkatnya jumlah penambahan persentase UCO pada biodiesel. Ini menunjukkan bahwa biodiesel berbahan baku UCO dapat digunakan dengan baik untuk mesin kendaraan pribadi.

Berdasarkan uraian tersebut, guna memperkuat argumen teknokratik bahwa pemanfaatan UCO sebagai *feedstock* komplementer biodiesel dapat menurunkan emisi GRK, diperlukan studi perbandingan emisi GRK yang dihasilkan selama proses produksi biodiesel berbahan baku CPO dan biodiesel berbahan baku UCO menggunakan analisis daur hidup (LCA).

1.2 Maksud dan Tujuan

Studi ini bermaksud menghitung dan membandingkan besaran emisi GRK produksi biodiesel berbahan baku CPO dan produksi biodiesel berbahan baku UCO.

Adapun tujuan studi ini:

1. Mengidentifikasi tahapan aktivitas produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO yang menghasilkan timbulan emisi GRK.
2. Menghitung dan membandingkan besaran emisi GRK produksi biodiesel berbahan baku CPO dan dengan biodiesel yang berbahan baku UCO.
3. Menghitung besaran emisi GRK yang dapat diminimalisasi apabila menambahkan UCO sebagai bahan baku komplementer dalam pengadaan biodiesel nasional.

1.3 Sasaran

Sasaran penelitian ini adalah terdapatnya rumusan argumentasi manfaat aspek lingkungan berupa besaran timbulan emisi yang dapat diminimalisasi dari strategi kebijakan menempatkan UCO sebagai *feedstock* komplementer biodiesel.

1.4 Sistematika Penulisan

Laporan studi *Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO dan UCO dengan Metode Life Cycle Analysis* terdiri atas susunan bab sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan**, bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan kajian, serta sasaran kajian.
2. **Bab 2 Metode Penelitian**, bab ini berisi metode penelitian yang digunakan, sumber data, serta teknik analisis data
3. **Bab 3 Hasil dan Pembahasan**, bab ini membahas hasil temuan perhitungan emisi GRK per objek penelitian produsen biodiesel CPO dan UCO, perbandingan timbulan emisi GRK biodiesel CPO dan UCO serta perhitungan potensi penurunan emisi GRK jika UCO menjadi bahan baku komplementer biodiesel dalam dua skenario *blending* biodiesel.
4. **Bab 4 Penutup**, bab ini berisi kesimpulan hasil temuan kajian serta rekomendasi kebijakan berdasarkan hasil temuan kajian.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan tipe penelitian *cross sectional*, dalam hal ini menghitung serta membandingkan timbulan emisi GRK atas tahapan produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO dari empat produsen Biodiesel CPO dan satu produsen Biodiesel UCO. Kajian dilakukan dengan teknik *desk research* dan wawancara mendalam terhadap narasumber produsen biodiesel berbahan baku UCO untuk memperoleh sumber data.

Pengukuran emisi GRK yang dihasilkan dari proses produksi biodiesel berbahan baku CPO dan biodiesel berbahan baku UCO menggunakan metode *Life Cycle Analysis* (LCA ISO 14040). Berdasarkan ISO 14040, metode LCA merupakan perhitungan seberapa besar input yang diperlukan untuk menghasilkan sebuah output dalam satuan tertentu dan potensi dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan pada daur hidup suatu sistem produk.

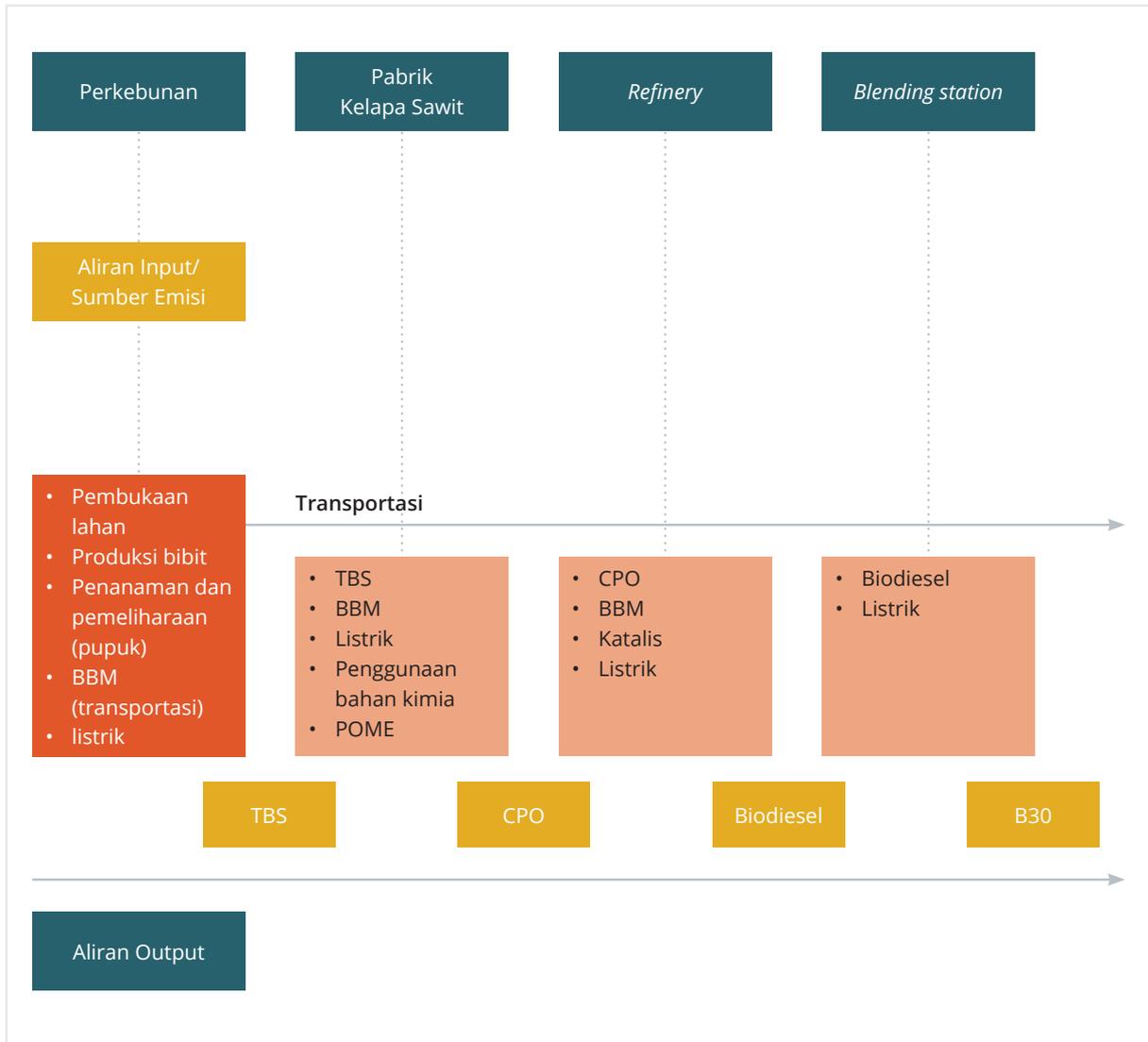
2.2 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Kajian ini mengidentifikasi dan menghitung timbulan emisi GRK dari produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO yang diakumulasikan dari setiap tahapan. Gambar 2.1 menunjukkan ruang lingkup dan batasan kajian analisis timbulan emisi GRK dari tahapan pengolahan CPO menjadi biodiesel.

Berdasarkan gambar 2.1, ruang lingkup analisis LCA pada produksi biodiesel berbahan baku CPO yang terdiri atas:

1. Sektor Hulu:
 - a. Perkebunan Kelapa Sawit: pada tahap ini, analisis LCA mengidentifikasi dan menghitung timbulan emisi mulai dari tahap pembukaan lahan, produksi bibit, penanaman dan pemeliharaan (pupuk), transportasi hasil panen tandah buah sawit segar (TBS), serta energi listrik yang digunakan.
 - b. Pabrik Kelapa Sawit: pada tahap ini, analisis LCA mengidentifikasi dan menghitung timbulan emisi pada tahap pengolahan TBS menjadi CPO, termasuk penggunaan BBM dan energi listrik yang digunakan.

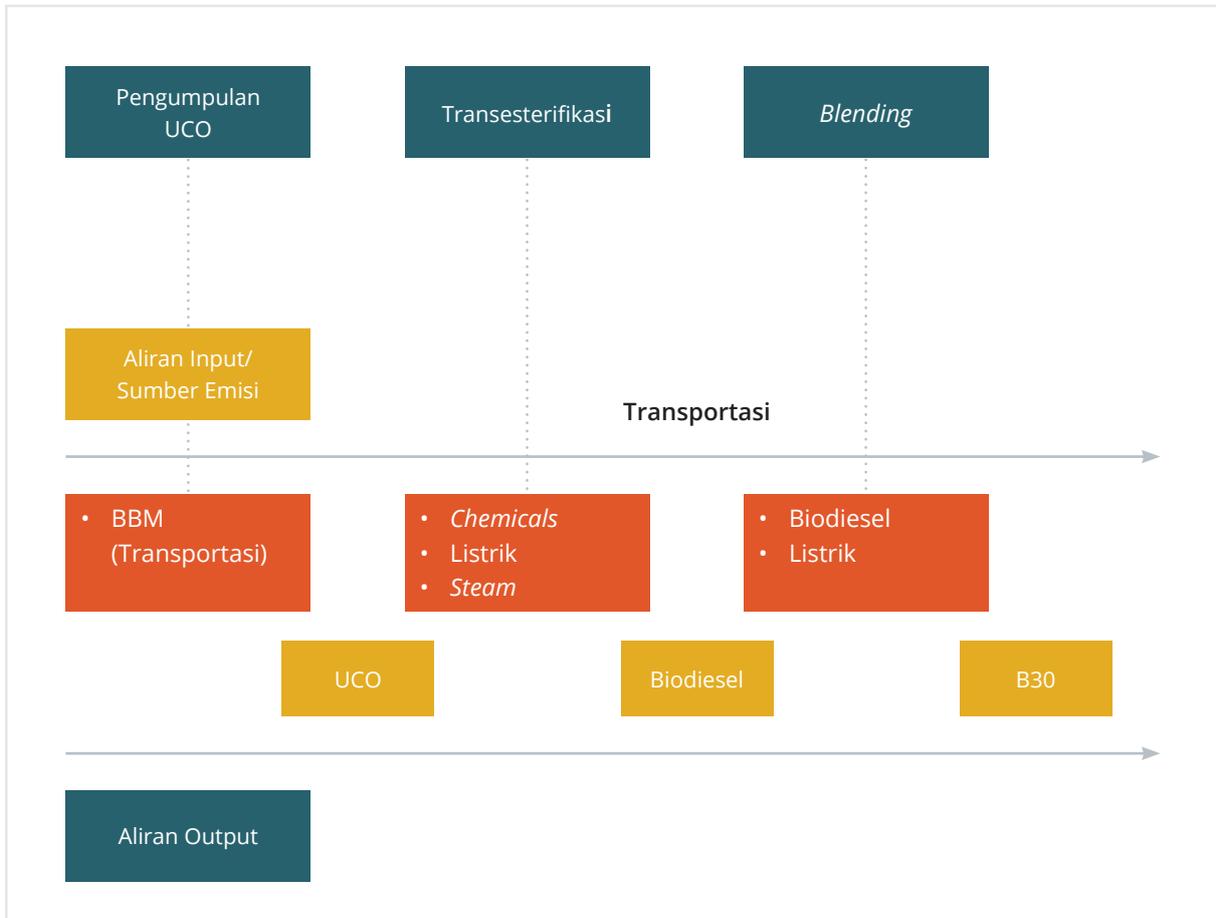
Gambar 2.1 Cakupan LCA Pengolahan CPO Menjadi Biodiesel



2. Sektor Hilir

- c. *Refinery*: pada tahap ini, analisis LCA mengidentifikasi dan menghitung timbulan emisi pada tahap pengolahan CPO menjadi biodiesel B100, termasuk penggunaan BBM dan energi listrik yang digunakan.
- d. *Blending*: pada tahap ini, analisis LCA mengidentifikasi dan menghitung timbulan emisi pada tahap *blending* Biodiesel B100 dengan bahan bakar solar menjadi Biodiesel B30.

Gambar 2.2. Cakupan LCA Pengolahan UCO Menjadi Biodiesel



Gambar 2.2 menunjukkan ruang lingkup analisis LCA pada produksi biodiesel berbahan baku UCO yang terdiri atas:

1. Kegiatan Pengumpulan UCO: mencakup kegiatan pengumpulan UCO dari rumah tangga dan unit usaha penghasil, termasuk penggunaan bahan bakar untuk pengangkutan UCO.
2. Transesterifikasi: mencakup proses transesterifikasi untuk mengolah UCO menjadi biodiesel B100, termasuk penggunaan bahan kimia, energi listrik, dan proses penguapan yang dilakukan.
3. *Blending*: mencakup proses blending B100 berbahan baku UCO dengan bahan bakar solar menjadi B30, termasuk energi listrik yang digunakan.

2.3 Sumber data

Kajian ini dilakukan dengan *desk study* untuk mengumpulkan data sekunder dan wawancara mendalam untuk memperoleh data primer. Proses pengumpulan data dilakukan pada Februari-Maret 2022. Objek penelitian terdiri atas produsen biodiesel CPO dan produsen biodiesel UCO. Kriteria objek penelitian produsen biodiesel berbahan baku CPO terdiri atas:

1. Perusahaan memproduksi CPO untuk produksi biodiesel.
2. Tersedianya pelaporan emisi GRK dalam *annual sustainability report* perusahaan tersebut.
3. Perhitungan emisi GRK menggunakan alat penghitungan *Roundtable Sustainable Palm Oil* (RSPO) Palm GHG Calculator atau ISCC.

Sementara itu, kriteria objek penelitian produsen biodiesel berbahan baku UCO terdiri atas:

1. Perusahaan memproduksi UCO untuk produksi biodiesel.
2. Perhitungan emisi GRK menggunakan metode ISCC.

Tabel 2.1 menunjukkan sumber data dari masing-masing produsen biodiesel. Sumber data produsen biodiesel CPO berasal dari sumber data sekunder. Sementara itu, sumber data produsen biodiesel UCO berasal dari sumber data primer.

Tabel 2.1 Objek Kajian LCA

No	Perusahaan	Bahan Baku Biodiesel	Sumber Data
1	Asian Agri	CPO	<i>Sustainability Report</i> Asian Agri, 2016
2	Golden Agri Resources (GAR)	CPO	<i>Sustainability Report</i> GAR, 2017
3	Musim Mas	CPO	<i>Sustainability Report</i> Musim Mas, 2017
4	Wilmar International	CPO	<i>Sustainability Report</i> Wilmar International, 2017
5	Bali Hijau Biodiesel	UCO	Wawancara Mendalam dengan PT Bali Hijau Biodiesel, 2022

Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Hasil analisis data GRK produksi Biodiesel berbahan baku CPO dari perusahaan didapatkan dari hasil penelitian Traction Energy Asia pada 2019, yang berjudul "*Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel di Indonesia Berdasarkan Analisis Daur Hidup (Life Cycle Analysis)*", dengan data yang berasal dari *Sustainability Report* perusahaan. Sementara itu, data GRK produksi biodiesel berbahan baku UCO didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak perusahaan yang telah memproduksi biodiesel dari UCO.

Terdapat keragaman parameter yang digunakan dalam pengukuran emisi dari masing-masing perusahaan biodiesel berbahan baku CPO. Keragaman tersebut terjadi karena perbedaan jenis lahan dalam penanaman kelapa sawit, serta tahun dilakukannya konversi lahan. Hal ini mengikuti ketentuan dari RSPO yang mengatur untuk memasukan parameter perhitungan konversi lahan, apabila pembukaan lahan dilakukan setelah tahun 2005.

Sementara itu, data primer yang telah diperoleh melalui wawancara mendalam dengan pihak PT Bali Hijau Biodiesel dianalisis secara deskriptif. Caranya yaitu dengan membuat tabulasi distribusi dari setiap variabel yang diperlukan dalam perhitungan GRK. Data tersebut meliputi input produksi dari perusahaan yang ditabulasi secara kuantitatif untuk selanjutnya digunakan dalam analisis LCA.

2.4 Kalkulasi emisi GRK

Perhitungan emisi GRK mengacu pada metode yang ditetapkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) dalam IPCC *Guidelines* 2006. Penerapan metodologi ini telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.73/MenLHK/Setjen/Kum.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. Secara garis besar, perhitungan emisi GRK diperoleh melalui perkalian data aktivitas dengan faktor emisi, atau dengan persamaan sederhana sebagai berikut:

$$\sum \text{Emisi} = \text{DA} \times \text{EF}$$

(persamaan 1)

Keterangan:

\sum Emisi = jumlah emisi

DA = Data aktivitas selama satu waktu tertentu (jumlah input penghasil emisi)

EF = Faktor emisi

2.4.1. Perhitungan emisi dari biodiesel berbahan baku CPO

Jumlah total emisi dalam satu periode tertentu merupakan penjumlahan dari semua emisi yang dapat dihasilkan selama proses produksi biodiesel berbahan baku CPO, dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum \text{Emisi} = \sum E_{\text{Pembukaan Lahan}} + \sum E_{\text{Pemupukan}} + \sum E_{\text{Bahan bakar}} + \sum E_{\text{POME}} + \dots + \sum E_{\text{Energi}}$$

(persamaan 2a)

Keterangan:

$\sum E_{\text{Pembukaan Lahan}}$ = Total emisi dari alih fungsi lahan (*land use change*)

$\sum E_{\text{Pemupukan}}$ = Total emisi dari aktivitas penggunaan pupuk

$\sum E_{\text{Bahan bakar}}$ = Total emisi dari penggunaan bahan bakar

$\sum E_{\text{POME}}$ = Total emisi dari limbah cair kelapa sawit (POME)

$\sum E_{\text{Energi}}$ = Total emisi dari penggunaan energi (listrik dan *steam*)

2.4.2. Perhitungan emisi dari biodiesel berbahan baku UCO

Jumlah total emisi dalam satu periode tertentu merupakan penjumlahan dari semua emisi yang dapat dihasilkan selama proses produksi biodiesel berbahan baku UCO dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum \text{Emisi} = \sum E_{\text{Pengumpulan UCO}} + \sum E_{\text{Transesterifikasi}}$$

(persamaan 2b)

Keterangan:

$\sum E_{\text{Pengumpulan UCO}}$ = Total emisi dari kegiatan pengumpulan UCO

$\sum E_{\text{Transesterifikasi}}$ = Total emisi dari kegiatan Transesterifikasi

Intensitas emisi yang dihasilkan dari produksi biodiesel dilakukan dengan membagi total emisi dalam satu periode dengan total unit output yang dihasilkan yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Intensitas Emisi GRK} = \frac{\sum \text{Emisi}}{\sum \text{Output}} \text{ (persamaan 3)}$$

Keterangan:

\sum Emisi = Total emisi dalam satu periode (tCO₂eq/tahun)

\sum Output = Total output dalam satu periode (tCO₂eq/tahun, liter biodiesel/tahun/MJ/tahun)

Tier data yang digunakan adalah Tier 1, baik pada produksi biodiesel berbahan baku CPO maupun pada produksi biodiesel berbahan baku UCO.

2.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan pada periode Maret 2022 dengan tahapan berikut:

1. Penghitungan emisi GRK setiap tahapan produksi dari masing-masing produsen biodiesel.
2. Analisis perbandingan emisi GRK dari masing-masing produsen biodiesel.
3. Analisis potensi pengurangan emisi GRK dilakukan dengan penggunaan bahan baku CPO dan UCO secara terpisah dalam proses *blending* biodiesel pada pengadaan biodiesel nasional (**Skenario 1**). Skenario ini dikelompokkan menjadi dua kluster berdasarkan jumlah pemanfaatan UCO sebagai bahan baku produksi B30, yaitu skenario kluster moderat (penggunaan UCO 10-30%) dan kluster optimis (penggunaan UCO 50-100%).
4. Analisis potensi pengurangan emisi GRK dilakukan dengan skenario penggunaan bahan baku CPO dan UCO secara bersamaan dalam proses *blending* biodiesel pada pengadaan biodiesel nasional (**Skenario 2**). Skenario ini dikelompokkan menjadi dua kluster berdasarkan jumlah pemanfaatan UCO sebagai bahan baku produksi B30, yaitu skenario kluster moderat (penggunaan UCO 10%) dan kluster optimis (penggunaan UCO 15-30%).

BAB III

HASIL DAN DISKUSI

Bab ini memaparkan hasil temuan perhitungan timbulan emisi GRK dari setiap perusahaan produsen biodiesel CPO dan UCO. Hasil perhitungan emisi GRK diperbandingkan per perusahaan produsen biodiesel. Bab ini ditutup dengan proyeksi penurunan emisi GRK dalam pengadaan biodiesel nasional, dengan skema pemisahan biodiesel CPO dan UCO pada tahap *blending* (skenario 1) dan skema pencampuran biodiesel CPO dan UCO pada tahap *blending* (skenario 2).

3.1 Perhitungan Emisi Produksi Biodiesel Berbahan Baku CPO

Produksi biodiesel berbahan baku CPO menggunakan data perusahaan yang berasal dari empat perusahaan swasta kelapa sawit di Indonesia, di antaranya Perusahaan Asian Agri, Golden Agri Resources (GAR), Musim Mas, dan Wilmar International. Keempat perusahaan tersebut menerbitkan *sustainability report* tahunan yang melampirkan laporan timbulan emisi GRK selama periode pelaporan, sumber-sumber emisi GRK, dan intensitas emisi per *output* produk. Keempat perusahaan tersebut memiliki perkebunan, pabrik kelapa sawit (PKS), dan biodiesel *plant* untuk memproduksi biodiesel dengan bahan baku CPO. Keempat perusahaan ini melaporkan bahwa terdapat perbedaan antara emisi GRK yang memperhitungkan alih fungsi lahan (*Land Use Change/LUC*) dan emisi GRK tanpa memperhitungkan LUC.

3.1.1 Asian Agri

Data emisi GRK dari produksi CPO Asian Agri didapatkan dari *Sustainability Report* Asian Agri Tahun 2016. Dokumen tersebut melaporkan bahwa sumber emisi GRK utama berasal dari konversi lahan, oksidasi gambut, dan emisi metana dari POME. Dalam laporan *Sustainability Report*-nya, Asian Agri juga mengikutsertakan perhitungan emisi yang dihasilkan dari konversi lahan. Emisi GRK dihitung dengan menggunakan RSPO Palm GHG Calculating versi 3.0. Lokasi aktivitas produksi Asian Agri berada pada wilayah Sumatera Utara, Riau, dan Jambi. Timbulan emisi GRK dari aktivitas produksi CPO yang dilaporkan Asian Agri pada 2016 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Emisi GRK Produksi CPO Asian Agri

Lokasi	Emisi GRK (tCO ₂ eq/ tCPO)	
	Tanah mineral	Tanah gambut
Sumatra Utara	0,23	16,04
Riau	0,7	9,38
Jambi	0,56	n/a

Sumber: *Sustainability Report* Asian Agri (2016) dikutip dalam *Traction Energy Asia* (2019).

Data emisi GRK di tiga lokasi tersebut menunjukkan kisaran emisi GRK antara 0,23 hingga 0,7 tCO₂ eq/ tCPO pada tanah mineral, dan 9,38 hingga 16,04 tCO₂ eq/ tCPO pada tanah gambut. Hal ini karena tanah gambut menyimpan karbon lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral. Setiap satu gram gambut kering menyimpan sekitar 190–800 mg karbon, sedangkan setiap satu gram tanah mineral hanya mengandung 5–80 mg karbon. Pada daerah tropis, karbon yang disimpan oleh tanah dan tanaman pada lahan gambut dapat 10 kali lebih banyak dibandingkan dengan tanah dan tanaman pada tanah mineral. Dengan demikian, potensi terjadi pelepasan karbon yang lebih tinggi, yaitu 10 kali lebih tinggi, banyak terjadi di lahan gambut dibandingkan dengan tanah mineral (Agus & Subiksa, 2008).

3.1.2 Golden Agri Resources (GAR)

Dalam *Sustainability Report* GAR (Golden Asian Agri) 2017, GAR tidak mengikutsertakan konversi lahan dalam penghitungan emisi yang dihasilkan dari produksi CPO karena kebun telah dibuka sebelum 2005. Lokasi usaha GAR berada pada wilayah Kalimantan Tengah, Sumatera Utara, dan Riau. Tabel 3.2 menunjukkan ringkasan laporan emisi GRK dari aktivitas usaha GAR di bidang produksi CPO.

Tabel 3.2 Emisi GRK Produksi CPO Golden Agri Resources

Lokasi	Emisi GRK (kg CO ₂ eq/ tCPO)		
	Emisi terverifikasi	Emisi POME (Metode ISCC)	Total Emisi
Sungai Rungau, Kalimantan Tengah	359,00	436,25	795,25
Hanau, Kalimantan Tengah	363,00	436,25	799,25
Sumatera Utara	416,00	436,25	848,53
Riau	475,00	436,25	907,68

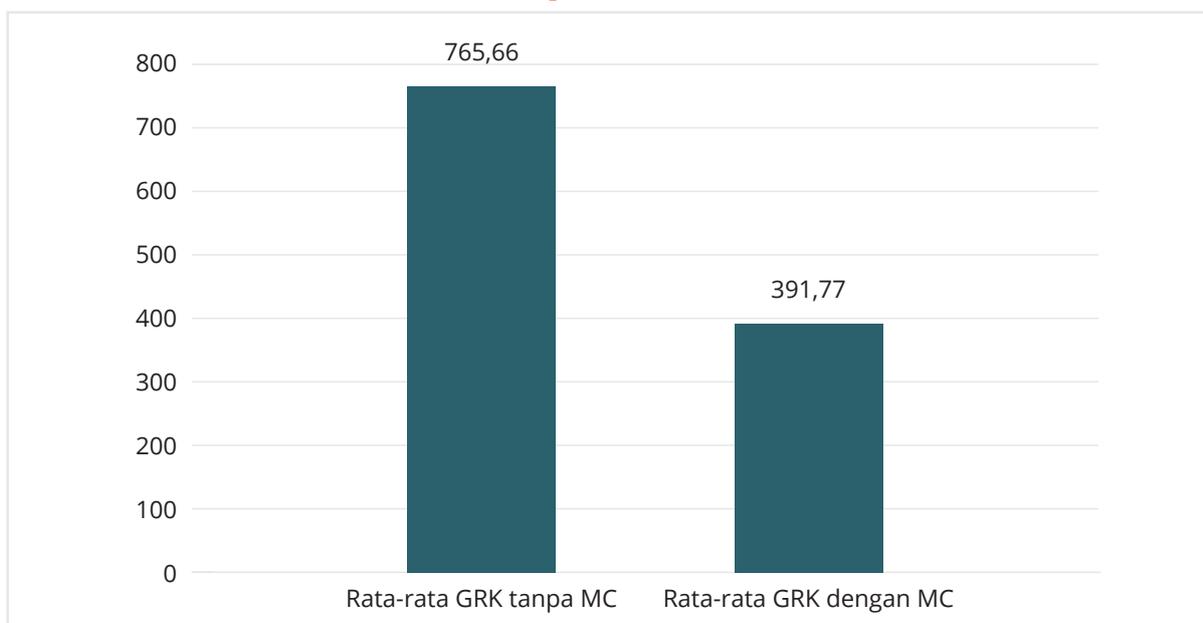
Sumber: *Sustainability Report* GAR (2017) dikutip dalam *Traction Energy Asia* (2019).

Berdasarkan Tabel 3.2, *Sustainability Report* GAR 2017 melaporkan angka emisi GRK dari produksi CPO di Kalimantan Tengah sebesar 795,25 kg CO₂ eq/ tCPO pada lokasi Sungai Rungau dan 799,25 kg CO₂ eq/ tCPO di Hanau. Sementara itu, emisi GRK dari produksi CPO di Sumatera Utara sebesar 848,53 kg CO₂ eq/ tCPO dan 907,68 kg CO₂ eq/ tCPO di Riau. Dengan demikian, kisaran emisi GRK yang dihasilkan GAR di Kalimantan dan Sumatra adalah sebesar 795-907 kgCO₂ eq/tCPO.

Emisi yang dikeluarkan POME di PKS berkontribusi lebih dari 50% terhadap total emisi GRK milik GAR, kecuali emisi GRK di Riau. Rata-rata emisi GRK yang dihasilkan dari keempat lokasi milik

GAR tersebut adalah 837,7 kgCO₂eq/tCPO. Sedangkan, instalasi *methane capture* di PKS GAR memberikan angka penurunan emisi GRK sekitar 40%-55%, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1(GAR, 2018). Gambar 3.1 menunjukkan rata-rata angka emisi GRK dari seluruh perusahaan GAR, tidak hanya dari empat lokasi di atas, mengalami penurunan dari angka 765,7 kgCO₂eq/tCPO menjadi 391,8 kgCO₂eq/tCPO setelah menggunakan *methane capture*. Dengan demikian, diketahui bahwa emisi yang dihasilkan dari PKS utamanya dari POME adalah 373,9 kgCO₂eq/tCPO.

**Gambar 3.1 Perbandingan Emisi GRK dengan Methane Capture (MC) di GAR
(Kg CO₂ eq/dry ton CPO)**



Sumber: GAR (2018).

Methane capture merupakan teknologi yang digunakan untuk menangkap gas metana hasil pembakaran limbah sawit. Dengan teknologi ini, emisi GRK dari pengolahan kelapa sawit dapat diminimalisasi.

GAR telah memasang *methane capture* pada enam PKS miliknya. Tabel 3.3 menunjukkan penurunan emisi yang berhasil dilakukan dari pemasangan *methane capture* pada 2017. Total penurunan yang berhasil diturunkan pada 2017 adalah sebesar 431.160,6 tCO₂ eq.

Tabel 3.3 Penurunan GRK dari Methane Capture GAR 2017

No	Biogas Plant	Emission Reduction (tCO ₂ eq)
1	SRUF Biogas Plant	89.737,0
2	SMLF Plant	96.792,6
3	RRMF Biogas Plant	70.985,7
4	PRDF Biogas Plant	101.001,2
5	PLKF Biogas Plant	23.733,8
6	LIBF Biogas Plant	48.910,3
Total		431.160,6

Sumber: GAR (2018).

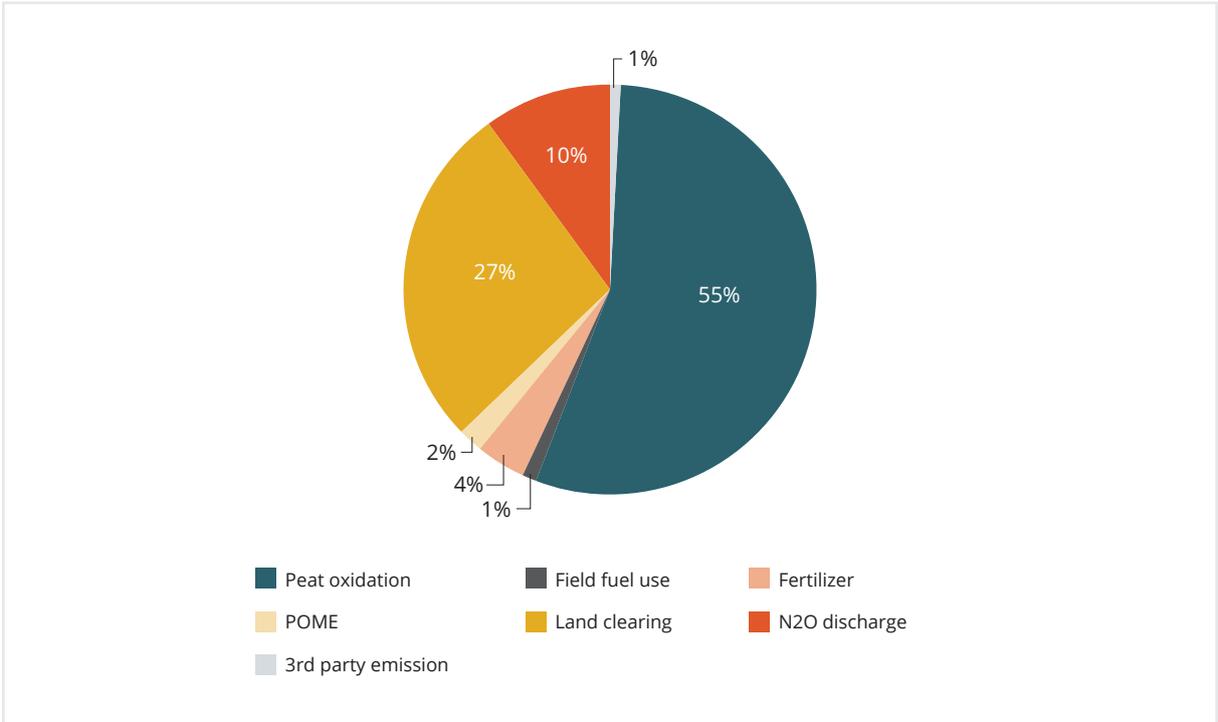
GAR memiliki pabrik biodiesel di Kalimantan dengan kapasitas produksi mencapai 300 ribu ton per tahun. Namun, tidak ada pelaporan emisi GRK dari produksi biodiesel dalam *Sustainability Report* GAR 2017.

3.1.3 Musim Mas

Data emisi GRK yang dihasilkan dari produksi CPO perusahaan Musim Mas didapatkan dari *Sustainability Report* Musim Mas 2017. Data emisi ini dihitung menggunakan RSPO Palm GHG Calculator. *Sustainability Report* Musim Mas tidak menampilkan timbulan emisi per PKS maupun per lokasi. Data yang dilaporkan adalah intensitas emisi GRK sebagai emisi grup. Data emisi grup menunjukkan adanya perubahan dari 3.330 kgCO₂ eq/ tCPO pada 2016 menjadi 3.390 kgCO₂ eq/ tCPO pada 2017.

Emisi GRK yang dilaporkan Musim Mas mempertimbangkan adanya emisi dari konversi lahan yang dilakukan sesudah 2005 dan emisi dari oksidasi gambut. Oksidasi gambut menyumbang jumlah emisi terbesar dari total emisi, yaitu sebesar 55%, dan emisi terbesar kedua disebabkan oleh konversi lahan sebesar 27%. Emisi dari pupuk turut menyumbang jumlah yang cukup besar, yaitu sebesar 10%. Proporsi emisi selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut.

Gambar 3.2 Persentase Emisi Sumber Produksi CPO Musim Mas

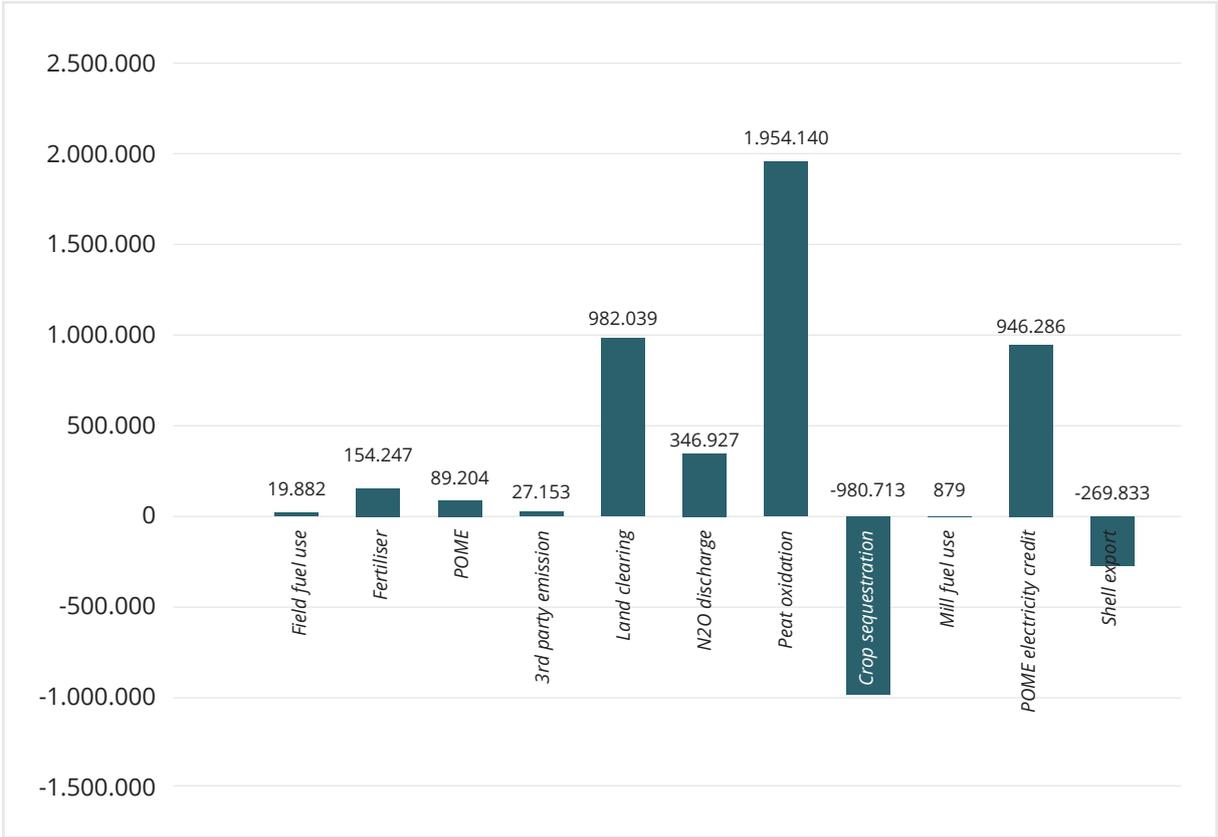


Sumber: *Sustainability Report* Musim Mas (2017) dikutip dalam Traction Energy Asia (2019).

Musim Mas telah memiliki instalasi *methane capture* dan menurunkan emisi GRK dari POME. Dengan demikian, persentase emisi dari POME turun menjadi 2% dari total emisi dan lebih kecil dari emisi pupuk, menurut pelaporannya. Limbah biogas yang dihasilkan dari proses

methane capture telah dimanfaatkan untuk produksi listrik yang ditujukan penggunaan sendiri (*captive power*) dan penjualan kelebihan dayanya ke jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN). Musim Mas memiliki 18 *biofuel plants* termasuk *biodiesel plant*. Namun, *Sustainability Report* Musim Mas tidak melaporkan emisi GRK dari aktivitas produksi biodiesel maupun intensitas emisi biodiesel.

Gambar 3.3 Sumber Emisi GRK Musim Mas



Sumber: *Sustainability Report* Musim Mas (2017) dikutip dalam *Traction Energy Asia* (2019).

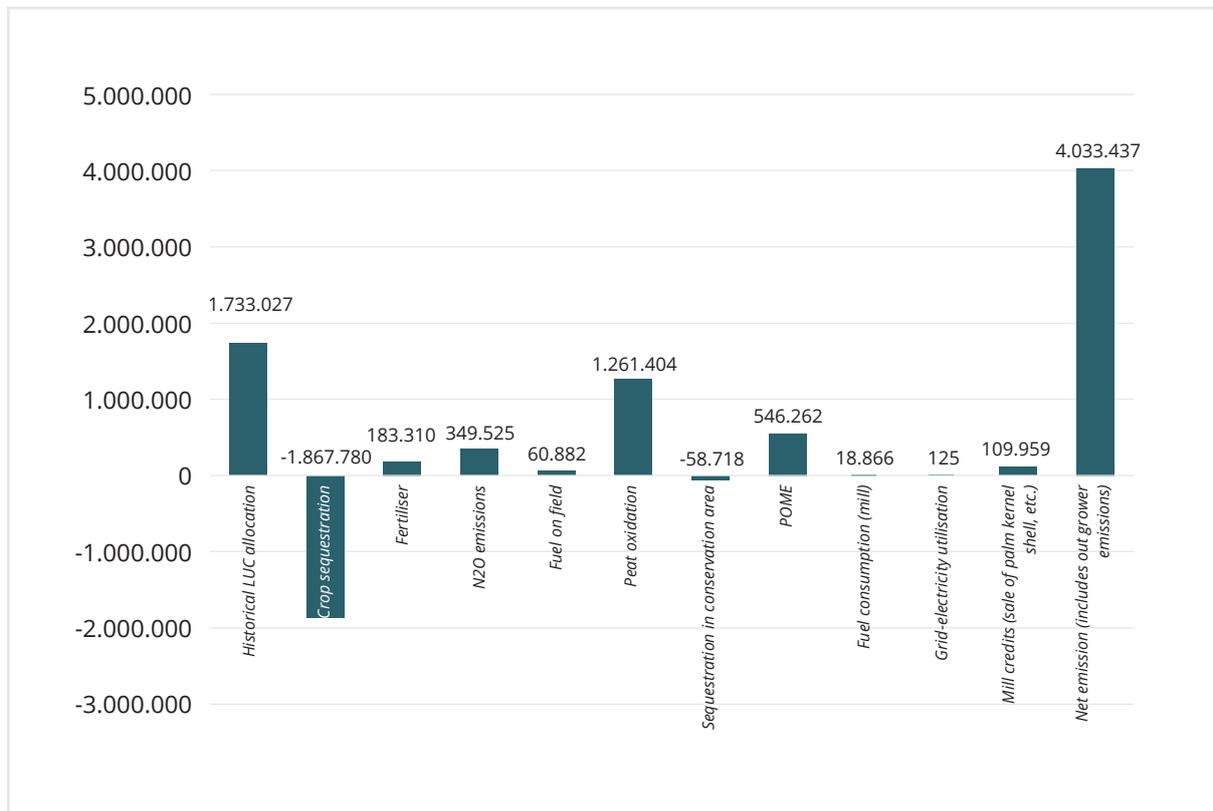
3.1.4 Wilmar International

Data emisi perusahaan Wilmar International didapatkan dari laporan *Sustainability Report* Wilmar 2017. Wilmar melaporkan angka emisi GRK dari produksi CPO sebesar 2,88 ton CO₂ eq/ tCPO dengan memperhitungkan adanya konversi lahan (Wilmar International, 2018). Sektor alih fungsi lahan berkontribusi pada jumlah emisi sebesar 1,73 juta CO₂ eq dan sektor gambut berkontribusi sebesar 1,26 juta CO₂ eq. Lahan gambut memiliki simpanan karbon melimpah. Apabila terjadi proses dekomposisi atau pembakaran lahan untuk konversi lahan, karbon yang tersimpan akan terlepas dan meningkatkan emisi GRK di atmosfer.

Jenis emisi tertinggi yang akan ditemukan pada lokasi gambut adalah CO₂ dan CH₄. Sementara itu, emisi N₂O pada umumnya terjadi pada lahan gambut yang telah dikelola, di mana pemupukan nitrogen (misalnya urea, pupuk kandang, pupuk ZA, dsb.) telah intensif dilakukan (Hoojer *et al.*, 2008). Jumlah emisi yang dikeluarkan dari kegiatan pemupukan Wilmar adalah sebesar 183,3 ribu CO₂ eq.

Penggunaan pupuk selama proses penanaman tidak 100% akan terserap ke dalam akar tanaman, sebagian kandungan pupuk akan tercuci oleh aliran permukaan dan terbawa hingga sungai. Sementara itu, sebagian lainnya akan menguap menjadi gas N₂O. Jumlah emisi terserap dari sektor penyerap karbon (*carbon sequestration*) pada kegiatan konservasi lahan dan tanaman sawit masing-masing sebesar 1,87 juta CO₂ eq dan 58,7 ribu CO₂ eq.

Gambar 3.4 Sumber Emisi GRK Wilmar International 2017



Sumber: *Sustainability Report* Wilmar International (2017) dikutip dalam *Traction Energy Asia* (2019).

Jumlah produksi TBS yang dihasilkan Wilmar sebesar 3.922.904 juta ton dan produksi CPO sebesar 1.742.618 juta ton pada 2017, maka rata-rata produktivitas TBS Wilmar sebesar 19,7 ton/ha. Wilmar International melaporkan emisi GRK menggunakan RSPO Palm GHG calculator. Berdasarkan data yang tertera, emisi rata-rata tahun 2017 sebesar 2.880 kgCO₂ eq/t CPO.

Keempat perusahaan produsen CPO melaporkan emisi GRK yang dihasilkan dengan jumlah, lokasi, dan parameter perhitungan yang berbeda. Ringkasan emisi dari keempat perusahaan produksi CPO dapat dilihat pada tabel 3.4. Pada tabel tersebut, ditunjukkan bahwa rentang emisi GRK yang dihasilkan adalah antara 0,56 tCO₂ eq/ tCPO hingga 16,04 tCO₂ eq/ tCPO. Perbedaan terbesar terjadi pada perusahaan yang memasukkan faktor konversi lahan, sebab kegiatan konversi lahan akan menambah jumlah emisi GRK yang dihasilkan. Perbedaan besar lainnya terjadi pada perusahaan yang memiliki konversi lahan sesudah tahun 2005 dan penanaman yang dilakukan di jenis tanah gambut. Dengan demikian, mengikutsertakan parameter konversi lahan akan meningkatkan jumlah total emisi GRK per satuan produk yang dihasilkan.

Tabel 3.4 Ringkasan Emisi GRK Perusahaan

Perusahaan	Emisi GRK (tCO ₂ eq/ tCPO)	
	Rentang emisi	Rata-rata perusahaan
Asian Agri	0,56 - 16,04	n/a
GAR	0,80 - 0,91	0,84
Musim Mas	n/a	3,39
Wilmar International	0,75 - 16,04	2,88

Sumber: *Sustainability Report* Asian Agri (2016), *Sustainability Report* GAR (2017), *Sustainability Report* Musim Mas (2017), *Sustainability Report* Wilmar International (2017) dikutip dalam *Traction Energy Asia* (2019)

Data emisi yang diberikan oleh perusahaan tidak memberikan semua perincian sumber GRK. Namun, terlihat pola yang serupa dari keempat perusahaan tersebut. Bagi perusahaan yang menyertakan konversi lahan sesudah tahun 2005 dan memiliki kebun di tanah gambut, jumlah emisi terbesar ditemukan pada kegiatan pembukaan lahan dan oksidasi gambut. Kemudian, disusul dengan unsur N₂O yang keluar dari tanah, penggunaan pupuk, dan timbulan limbah POME pada aktivitas produksi CPO.

3.1.5. Perhitungan Emisi GRK pada Tahap Penyulingan dan *Blending* Biodiesel Berbahan Baku CPO

Proses penyulingan dan *blending* akan membutuhkan katalis sebagai proses transesterifikasi. Katalis dibutuhkan karena kandungan alkohol larut dalam minyak. Minyak nabati mengandung *Free Fatty Acid* (FFA) dan *phospholipids*. *Phospholipids* dapat dihilangkan pada proses *degumming* dan FFA dapat dihilangkan pada proses *refining* atau penyulingan. Alkohol digunakan sebagai pereaksi. Jenis alkohol yang umum digunakan adalah *methanol* karena *methanol* memiliki kandungan air yang lebih rendah dibandingkan dengan *ethanol*, *isopropanol* atau *butyl*. Kandungan air yang tinggi dapat mempengaruhi hasil biodiesel dengan kualitas yang lebih rendah karena juga akan mempengaruhi kandungan sabun, FFA, dan trigliserida tinggi.

Katalisator akan meningkatkan daya larut dan mempercepat reaksi yang terjadi pada saat reaksi berlangsung. Umumnya, katalis yang digunakan bersifat basa kuat, yaitu NaOH. Selain itu, hasil dari biodiesel juga akan dipengaruhi oleh tingginya suhu operasi proses produksi, lamanya waktu pencampuran, dan kecepatan pencampuran alkohol.

Penghitungan emisi GRK pada proses penyulingan dan *blending* mengacu pada referensi studi yang dilakukan oleh Nazir & Setyaningsih (2010). Dengan demikian, diperoleh data material yang dipakai untuk pengolahan CPO menjadi biodiesel di pabrik biodiesel dan *blending* biodiesel dengan bahan bakar solar. Penghitungan total emisi GRK biodiesel di tahap ini merujuk pada metode ISCC, yang mana panduan penghitungan GRK dari ISCC memuat daftar faktor emisi GRK produksi biodiesel (ISCC, 2016). Untuk penghitungan konversi CPO menjadi biodiesel, studi dari Silalertruksa & Gheewala (2012) menyatakan bahwa diperlukan 0,832 Kg CPO untuk memproduksi 1 liter biodiesel dengan muatan energi (*energy content*) sebesar 33,5 MJ/L.

Tabel 3.5 Material untuk Produksi 1 Liter Biodiesel

Aktivitas	Material	Nilai	Unit	Nilai GHG (kgCO ₂ eq/kgBiodiesel)	Nilai GHG (kgCO ₂ eq/ L Biodiesel)
Refinery	Methanol	0,09892	Kg	0,12	0,11
	NaOH	0,00998	Kg	0,00	0,00
	Electricity	0,036826	kWh	0,03	0,03
	Steam	0,18	Kg	0,003	0,003
Total refinery				0,17	0,15
Blending	Truck	60	Km		
	Diesel	0,021	Liter	0,07	0,06

Sumber: Nazir & Setyaningsih (2010).

Tabel 3.5 menunjukkan material apa saja yang dibutuhkan dalam produksi setiap satu kg biodiesel berbahan baku CPO. Dari jumlah kebutuhan material yang digunakan kemudian dapat dihitung jumlahnya, melalui perkalian dengan faktor emisi dari *emission factor data base ISCC 2016* yang terlampir di tabel 3.6:

Tabel 3.6 Faktor Emisi Material Penyulingan dan Blending

Material	Nilai	Unit	Sumber rujukan
Methanol	1,25	kgCO ₂ eq/kg	BLE 2010
NaOH	0,47	kgCO ₂ eq/kg	Biograce 2011
Electricity	0,9	kgCO ₂ eq/KWh	Ecoinvent 2010
Steam	0,02	kgCO ₂ eq/KWh	Biograce 2011
Truck	0,49	L/km	BLE 2010
Diesel Oil	3,14	KgCO ₃ eq/L	Biograce 2011

Sumber: ISCC, Greenhouse Gas Emission (2016).

Dengan demikian, didapatkan jumlah emisi yang dihasilkan dari proses produksi B30 di tahap pengolahan CPO menjadi biodiesel sebesar 0,15 kgCO₂ eq/kg biodiesel. Sementara itu, pada tahap *blending*, emisi yang dihasilkan adalah sebesar 0,06 kg kgCO₂ eq/kg biodiesel.

Tabel 3.7 Faktor Konversi CPO dan Biodiesel

Material	Nilai
CPO	0,832 kgkl4e;
Biodiesel <i>density</i>	38,07 Mj/kg
Biodiesel <i>energy content</i>	38,07 Mj.kg
	33,5 Mj/L

Sumber: Silalertruksa & Gheewala (2012).

Kandungan energi biodiesel adalah 38.07 MJ/kg atau 33,5 MJ/L. Angka ini menunjukkan kandungan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak diesel, yaitu 45,6 MJ/kg atau 38,6 MJ/L.

3.2 Produksi Biodiesel Berbahan Baku *Used Cooking Oil* (UCO)

Proses produksi biodiesel berbahan baku minyak jelantah atau UCO memiliki rantai produksi yang jauh lebih pendek dibandingkan dengan produksi biodiesel berbahan baku CPO. Hal ini karena UCO merupakan limbah dari aktivitas memasak menggunakan minyak goreng. Dengan demikian, kajian LCA dalam proses produksi biodiesel berbahan baku UCO dimulai pada kegiatan pengumpulan UCO.

Objek penelitian produsen biodiesel berbahan baku UCO adalah PT Bali Hijau Biodiesel yang beroperasi di wilayah Bali. Sumber data tentang aktivitas produksi biodiesel di PT Bali Hijau Biodiesel diperoleh dari wawancara mendalam pada Maret 2022. Dalam proses produksinya, PT Bali Hijau Biodiesel tidak melakukan perlakuan awal atau *pre-treatment* dengan katalis tertentu terlebih dahulu. Hal itu karena UCO yang didapatkan tidak memiliki kandungan FFA yang melebihi angka 3%. FFA adalah kandungan asam lemak bebas yang terkandung dan tidak lagi memiliki ikatan dengan trigliserida. Kandungan FFA yang tinggi akan menyebabkan kerusakan pada mesin karena terjadinya oksidasi dan korosifitas pada mesin (Rahardja *et al.*, 2019).

3.2.1 Emisi GRK dari Kegiatan Pengumpulan UCO

Emisi GRK dari kegiatan pengumpulan UCO merujuk pada transportasi pengumpulan UCO dari unit penghasil, menuju pabrik pengolahan UCO untuk dijadikan biodiesel milik PT Bali Hijau Biodiesel. Data spesifik jarak pengumpulan UCO yang dilakukan PT Bali Hijau Biodiesel tidak tersedia. Dengan demikian, dalam kajian ini, jarak yang digunakan adalah rata-rata jarak terdekat dan rata-rata jarak terjauh yang didapatkan dari skenario pengumpulan UCO apabila PT Pertamina menjadi *offtaker* produk biodiesel berbahan baku UCO. Jalur pengumpulan disimulasikan dari setiap titik tengah kelurahan di kota sampel wilayah ke lokasi SPBU milik PT Pertamina sebagai titik pengumpulan akhir.

Tabel 3.8 Jarak Simpul Pengepul Terhadap Distribusi Lokasi SPBU Pertamina

No	Sampel Wilayah Kajian	Jarak Terdekat Simpul Pengepul ke SPBU (Meter)	Jarak Terjauh Simpul Pengepul ke SPBU (Meter)
1	Kota Bandung	133	3691
2	Kota Semarang	72	4300
3	Kota Surakarta	88	2082
4	Kota Surabaya	82	3777
5	Kota Denpasar	179	1790
Jarak Rata Rata		110,8	3218

Sumber: Traction Energy Asia (2022).

SPBU Pertamina diproyeksikan sebagai titik pengumpulan akhir UCO karena tersebar di seluruh Indonesia. Dengan demikian, akan memudahkan dalam proses pengumpulannya. Lalu, didapatkan jarak rata-rata terdekat dari simpul pengepul ke SPBU Pertamina di 5 Kota

besar Jawa-Bali adalah 0,11 km, dan terjauh 3,21 km. Angka ini merujuk pada kajian “*Identifikasi Potensi Ketersediaan dan Model Pengumpulan Minyak Jelantah dari Rumah Tangga dan Usaha Mikro untuk Bahan Baku Biodiesel: Studi Lima Kota di Pulau Jawa dan Bali*”, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.8 (Traction Energy Asia, 2022).

Jenis kendaraan yang digunakan selama proses pengumpulan UCO adalah mobil berjenis *pick-up* dengan jenis bahan bakar diesel. Kebutuhan energi per kilomernya merujuk pada hasil penelitian Badan Litbang Perhubungan (2012) yang mengatakan bahwa mobil *pick-up* memiliki kebutuhan energi sebanyak 0,1064 liter/km. Kapasitas muatan mobil *pick-up* milik PT Bali Hijau Biodiesel sendiri, biasa mengangkut 1 ton UCO.

Emisi GRK dari aktivitas transportasi dihitung dengan cara mengalikan total konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk transportasi pengangkut UCO dengan faktor emisi minyak diesel untuk transportasi. Selanjutnya, total emisi GRK dari transportasi dibagi dengan total produksi UCO untuk memperoleh emisi GRK per liter sebagai aktivitas transportasi.

Tabel 3.9 Jumlah Emisi dari Kegiatan Transportasi Pengangkut UCO

Kegiatan	Jumlah kebutuhan bahan bakar (per 1.000 L)		Jumlah emisi (kg CO ₂ eq/ 1.000 L)
Pengangkutan UCO	Rata-rata jarak terdekat	0,011	0,037
	Rata-rata jarak terjauh	0,342	1,075

Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Data Tabel 3.9 menunjukkan total emisi yang didapatkan dalam setiap liter pengangkutan UCO adalah sebesar 0,0000113 kg CO₂ eq/Liter UCO dengan menggunakan skenario rata-rata jarak terdekat dan 0,001075 kg CO₂ eq/Liter UCO dengan skenario jarak terjauh.

Dalam kajian ini, jumlah emisi rata-rata jarak terjauhlah yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai total emisi GRK dari produksi biodiesel berbahan baku UCO. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan jumlah emisi terbesar atau kemungkinan terburuk yang dapat terjadi apabila menggunakan UCO sebagai bahan baku biodiesel. UCO yang telah terkumpul kemudian hanya akan disaring kasar untuk mendapatkan minyak tanpa kandungan bahan lain yang tidak dibutuhkan, barulah selanjutnya dilakukan proses penyulingan dan *blending*.

3.2.2 Penyulingan dan *Blending* Biodiesel Berbahan Baku UCO

Tahap penyulingan biodiesel berbahan baku UCO di PT Bali Hijau Biodiesel menggunakan *methanol* sebagai jenis alkohol dan *Potassium hidroxide* atau kalium hidroksida (KOH) sebagai jenis katalis basa. Penghitungan konversi UCO menjadi biodiesel merujuk pada pernyataan PT Agro Lestari (2021) yang menyatakan diperlukan 1,29 liter UCO untuk memproduksi satu liter biodiesel. Tabel 3.10 menunjukkan hasil perhitungan jumlah emisi dari setiap liter produksi biodiesel berbahan baku UCO.

Tabel 3.10 Material untuk Produksi 1 Liter Biodiesel

Aktivitas	Material	Jumlah	Unit	Nilai GHG (kgCO ₂ eq/ 1.000 L Biodiesel)	Nilai GHG (kgCO ₂ eq/ L Biodiesel)
Refinery	<i>Methanol</i>	102	Liter	127,5	0,12
	KOH	48	Liter	0	0
	<i>Electricity</i>	0,036826	kWh	30	0,03
	<i>Steam</i>	0,18	Kg	0,00	0,00
Total refinery				157,5	0,157
Blending	<i>Truck</i>	60	Km		
	<i>Diesel</i>	0,021	Liter	600	0,06

Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Pada tabel 3.11, ditunjukkan jenis material yang dibutuhkan dalam memproduksi satu liter biodiesel berbahan baku UCO. Hasilnya menunjukkan bahwa setiap produksi satu liter biodiesel berbahan baku UCO pada tahap penyulingan akan menghasilkan emisi sebesar 0,157 kg CO₂ eq/ L Biodiesel.

Tabel 3.11 Faktor Emisi Material Penyulingan dan Blending

Material	Nilai	Unit	Sumber rujukan
<i>Methanol</i>	1,25	kgCO ₂ eq/kg	BLE 2010
KOH	0	kgCO ₂ eq/kg	Biograce 2011
<i>Electricity</i>	0,9	kgCO ₂ eq/KWh	Ecoinvent 2010
<i>Steam</i>	0,02	kgCO ₂ eq/KWh	Biograce 2011
<i>Truck</i>	0,49	L/km	BLE 2010
<i>Diesel Oil</i>	3,14	KgCO ₃ eq/L	Biograce 2011

Sumber: ISCC, Greenhouse Gas Emission (2016).

Mesin yang digunakan PT Bali Hijau Biodiesel adalah Caritas Switzerland. Mesin ini memiliki kapasitas produksi sebanyak 1.000 liter setiap produksi. Dalam setiap produksi, bahan yang dibutuhkannya adalah 150 liter cairan yang kandungannya terdiri atas 32% KOH dan 68% *methanol*. Dengan demikian, untuk setiap liter produksi biodiesel pada tahap penyulingan hingga *blending* akan menghasilkan emisi sebanyak 0,22 kg CO₂ eq/ L biodiesel.

3.3 Perbandingan Total Emisi GRK Produksi Biodiesel CPO dan UCO

Perbandingan total emisi GRK dalam kajian ini dihitung dengan metode LCA menggunakan data yang diperoleh dari *Sustainability Report* perusahaan produksi biodiesel berbahan baku CPO, dan data aktivitas dari perusahaan produksi biodiesel berbahan baku UCO dalam setiap produksi satu liter biodieselnnya. Produksi biodiesel berbahan baku CPO membutuhkan proses yang jauh lebih panjang dibandingkan dengan produksi biodiesel berbahan baku UCO. Tabel 13 menunjukkan empat perusahaan produsen biodiesel CPO yang memiliki skenario rantai produksi yang berbeda.

Perusahaan Asian Agri, Musim Mas, dan Wilmar International memperhitungkan emisi dari konversi lahan setelah tahun 2005, sedangkan pada perusahaan GAR, tidak memiliki kebun yang dibuka pada atau setelah November 2005. Maka dari itu, GAR tidak memasukkan parameter konversi lahan sesuai dengan peraturan RSPO. Dalam *Sustainability Report* perusahaan, ada yang menampilkan rincian emisi GRK per sumber emisi di tahap perkebunan dan PKS, tetapi ada pula pelaporan intensitas emisi yang hanya dilakukan berdasarkan *output* per ton CPO. Intensitas emisi Wilmar yang digunakan adalah emisi GRK perusahaan secara keseluruhan. Sementara itu, Asian Agri melaporkan intensitas emisi berdasarkan area, tetapi tidak menampilkan angka keseluruhan perusahaan.

Dalam kajian ini, perkebunan Asian Agri menggunakan data dari area Riau yang menggunakan tanah mineral dengan emisi 700 kgCO₂ eq/tCPO dan tanah gambut 9380 kgCO₂ eq/tCPO. Emisi total perkebunan dari perusahaan GAR sebesar 837,8 kgCO₂ eq/tCPO, perusahaan Musim Mas sebesar 3390 kgCO₂ eq/tCPO, dan perusahaan Wilmar sebesar 2880 kgCO₂ eq/tCPO. Adapun produksi biodiesel berbahan baku UCO oleh perusahaan PT Bali Hijau Biodiesel mulai menghasilkan emisi ketika dilakukan pengumpulan UCO dan proses produksi biodiesel dengan rantai produksi yang sama dengan produksi biodiesel berbahan baku CPO.

Tabel 3.12 Emisi GRK Produksi Biodiesel Berbahan baku CPO dan UCO

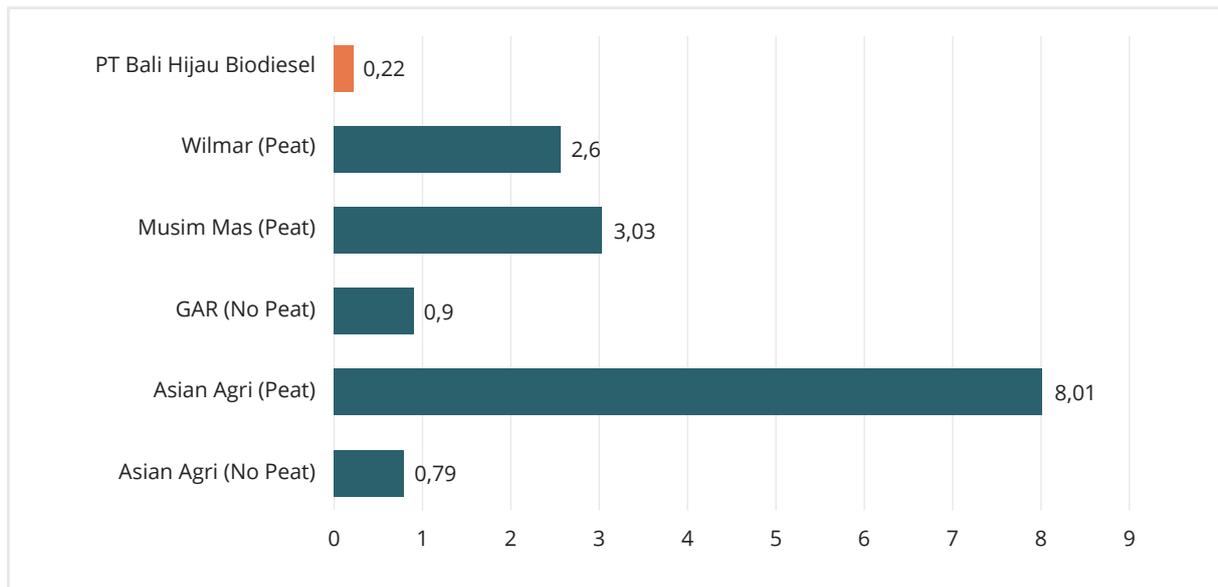
Sumber emisi GRK		CPO					UCO	Unit
		Asian Agri		GAR	Musim Mas	Wilmar	PT Bali Hijau	
Jenis tanah		Mineral	Peat dev	No peat	Peat dev	Peat dev		
Pembukaan lahan	Hutan primer	n.a	n.a	n.a	n.a	1200	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
	Hutan sekunder	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
	Karet	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
	Belukar	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
	Ladang	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
	Rumput	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
	Gambut	n.a	n.a	n.a	n.a	870	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
<i>Machinery</i>		-	-	-	-	-	-	Kg CO ₂ eq/t TBS

Sumber emisi GRK		CPO					UCO	Unit
		Asian Agri		GAR	Musim Mas	Wilmar	PT Bali Hijau	
Jenis tanah		Mineral	Peat dev	No peat	Peat dev	Peat dev		
Kebun	Pupuk + pestisida	-	-	-	-	370	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
Transport	Diesel	-	-	-	-	40	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
Total kebun		-	-	-	-	-	-	Kg CO ₂ eq/t TBS
		-	-	-	-	2.490	-	Kg CO ₂ eq/t CPO
PKS	Fuel					10	-	Kg CO ₂ eq/t CPO
PKS	POME	n/a	9.380	373,9	n/a	390	-	Kg CO ₂ eq/t CPO
PKS	POME	-	-	0,31	-	-	-	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Total Perkebunan		700	9.380	873,8	3390	2.880	-	Kg CO ₂ eq/t CPO
Total Perkebunan		0,58	7,80	0,7	2,82	2,4	-	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Transport pengumpulan	Diesel	-	-	-	-	-	0,001	Kg CO ₂ eq/ L UCO
Pretreatment	Penyaringan kasar	-	-	-	-	-	0	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Refinery/ Transesteri fikasi	KOH	-	-	-	-	-	0	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
	NaOH	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	-	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
	CH ₃ OH / Metanol	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,127	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
	Listrik	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
	Steam	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Total refinery		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Total Biodiesel		0,73	7,95	0,84	2,97	2,54	0,16	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Blending	Diesel	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Total biodiesel +blend		0,79	8,01	0,9	3,03	2,60	0,22	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Diesel Fuel		3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	Kg CO ₂ eq/ L Biodiesel
Total B30		2,43	4,60	2,47	3,11	2,98	2,26	Kg CO ₂ eq/ L B30

Sumber: Sustainability Report Asian Agri (2016), Sustainability Report GAR (2017), Sustainability Report Musim Mas (2017), Sustainability Report Wilmar International (2017), Data Primer, diolah (2022).

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan dari setiap liter biodiesel yang diproduksi, ditemukan bahwa produksi biodiesel berbahan baku UCO memiliki jumlah emisi yang jauh lebih sedikit, yaitu hanya sebesar 0,22 kg CO₂ eq/ L Biodiesel. Adapun jumlah emisi terbanyak dihasilkan dari produksi biodiesel berbahan baku CPO dari perusahaan Asian Agri dengan yang tandan buah sawitnya (TBS) berasal dari lahan gambut, yaitu sebesar 8,01 kg CO₂ eq/ L Biodiesel.

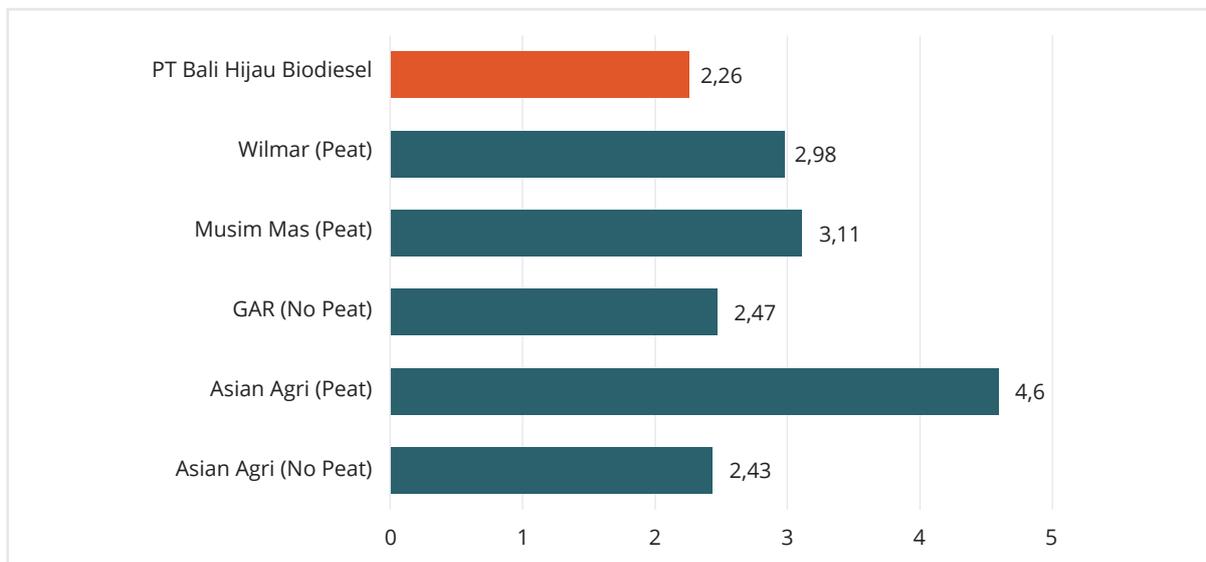
Gambar 3.5 Perbandingan Jumlah Emisi dari Produksi Biodiesel (kg CO₂ eq/ L Biodiesel)



Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Begitu pula hasil perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan dari produksi B30. Produksi B30 berbahan baku UCO memiliki jumlah emisi yang paling sedikit, yaitu sebesar 2,26 kg CO₂ eq/ L B30. Sementara itu, jumlah emisi terbanyak dihasilkan melalui produksi biodiesel berbahan baku CPO dari perusahaan Asian Agri, dengan yang TBS-nya berasal dari lahan gambut, yaitu sebesar 4,60 kg CO₂ eq/ L B30. Emisi GRK dari produksi B30 berbahan baku CPO paling besar ditemukan pada tahap produksi CPO di perkebunan. Tahap perkebunan memberikan kontribusi emisi sebesar 80%-94%. Hal ini diduga karena adanya timbulan emisi dari aktivitas pembukaan lahan serta penanaman dan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Perusahaan Asian Agri memiliki jumlah emisi terbesar pada sektor perkebunan kelapa sawit yang lahannya berjenis lahan gambut.

Gambar 3.6 Perbandingan Jumlah Emisi dari Produksi B30 (kg CO₂eq/L B30)



Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Timbulan emisi yang besar di perkebunan kelapa sawit yang berlokasi di lahan gambut disebabkan oleh tingginya simpanan karbon yang tersimpan di lahan gambut. Jika dilakukan pembukaan lahan dengan cara yang tidak tepat, seperti pembukaan lahan dengan cara membakar, maka simpanan karbon yang melimpah tersebut akan terlepas ke udara menjadi emisi karbon. Perhitungan terhadap emisi CO₂ akibat kebakaran di lahan gambut dalam kurun waktu 1997-2006 telah dilaporkan sebanyak 1.400 juta ton/tahun, yang 90% emisinya berasal dari Indonesia (Hooijer *et al.* 2006).

Hasil penelitian Nugraha *et al.* (2019) menunjukkan fenomena perilaku masyarakat pemilik lahan kelapa sawit di Kabupaten Siak, Provinsi Riau, memiliki kecenderungan untuk membuka lahan baru dengan cara membakar. Hal ini karena lebih hemat anggaran dalam penggunaan alat berat dan pupuk pada kebun sawit.

Tanaman kelapa sawit mampu menambat karbon hingga tanaman berumur 25 tahun sebesar 35–55 tonC/ha (Carlson 2012). Namun, selama kegiatan pengolahan lahan dan tanaman kelapa sawit, proses kehilangan karbon juga terjadi dalam bentuk gas CO₂ dan CH₄. Terlepasnya emisi GRK terbesar dari kegiatan produksi CPO di kebun kelapa sawit di antaranya akibat dari pembuatan saluran drainase, proses dekomposisi bahan organik, dan respirasi vegetasi.

Saluran drainase berfungsi untuk menampung jumlah air yang berlebihan dari permukaan lahan tanaman sehingga akan tercipta kondisi lahan yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Penurunan muka air tanah pada lahan mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap emisi karbon. Menurut penelitian Hooijer *et al.* (2006), terdapat hubungan yang linear antara kedalaman drainase dengan emisi tahunan. Setiap penurunan muka air tanah sebesar 10 cm, maka akan menghasilkan jumlah emisi sebesar 9,1 tonCO₂/ha/tahun. Dekomposisi bahan organik oleh mikroba juga turut menyumbang jumlah emisi yang besar, yakni 9,17 ton CO₂/ha/tahun, dan respirasi tanaman dapat menyumbang pengeluaran emisi mencapai 4,25 ton CO₂/ha/tahun (Melling *et al.*, 2008).

Adapun produksi biodiesel berbahan baku UCO tidak akan menghasilkan emisi dari lahan karena merupakan limbah sehingga hanya memiliki proses rantai produksi yang lebih pendek. Emisi yang dihasilkan pun lebih sedikit. Penggunaan UCO sebagai bahan baku komplementer biodiesel dapat meminimalisasi sebagian emisi yang dihasilkan dari produksi biodiesel, yang saat ini hanya menggunakan satu bahan baku saja, yaitu CPO.

3.4 Produksi B30 Berbahan Baku CPO dan UCO

Hasil kajian Traction Energy Asia (2022) yang menghitung potensi ketersediaan UCO dari sektor rumah tangga dan UM (Usaha Mikro) mencapai sebesar 1,2 juta kilo liter. Angka ini belum termasuk ke dalam hasil jelantah dari sektor Usaha Kecil, Usaha Menengah, dan Usaha Besar, termasuk sektor hotel, restoran dan kafe. Apabila melihat dari berbagai perhitungan potensi ketersediaan UCO di atas, maka setidaknya sebanyak 1,2 juta kilo liter UCO dapat digunakan sebagai bahan baku komplementer biodiesel setiap tahunnya. Jumlah ini setidaknya dapat memenuhi 10% kebutuhan dari total pengadaan BBN pada 2021.

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 149.K/EK.05/DJE/2021, tanggal 30 November 2021 tentang Perubahan Ketiga Atas Keputusan Menteri ESDM No. 252.K/10/MEM/2021 tentang Penetapan Badan Usaha Bahan Bakar Minyak dan Badan Usaha Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel serta Alokasi Besaran Volume untuk Pencampuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Periode Januari-Desember 2021, didapatkan jumlah kebutuhan biodiesel pada 2021 adalah sebesar 9.413.033 KL. Dengan memasukkan UCO sebagai salah satu bahan baku produksi biodiesel, yang memiliki rantai produksi lebih pendek dibandingkan dengan produksi biodiesel berbahan baku CPO, maka sebagian jumlah emisi dari produksi biodiesel berbahan baku CPO dapat dikurangi.

Emisi yang dihasilkan akan sangat bergantung pada runtutan proses yang akan dilakukan selama produksi. Pada subbab berikutnya, akan dihitung emisi yang dapat dihasilkan dari dua pilihan proses produksi biodiesel:

1. Proses produksi dilakukan dengan memisahkan UCO dan CPO selama produksinya. Dengan demikian, biodiesel yang akan dihasilkan berjumlah dua jenis: biodiesel berbahan baku UCO dan biodiesel berbahan baku CPO.
2. Proses produksi dilakukan dengan langsung mencampurkan UCO dan CPO. Dengan demikian, biodiesel yang dihasilkan satu jenis, yaitu biodiesel berbahan baku campuran UCO dan CPO.

Adapun perbandingan emisi biodiesel CPO dan UCO berlandaskan asumsi sebagai berikut:

1. Angka emisi GRK Biodiesel CPO mengambil kasus biodiesel yang pasokan CPO-nya berasal dari perkebunan di lahan gambut (PT Asian Agri).
2. Angka emisi GRK Biodiesel UCO dihitung dengan asumsi jarak transportasi terjauh antara titik kelurahan simpul pengepulan UCO dengan SPBU PT Pertamina sebagai titik akhir pengepulan.

Kedua asumsi tersebut diambil berdasarkan pertimbangan nilai maksimal emisi GRK yang dapat timbul dari produksi biodiesel CPO dan UCO. Jadi, hasil perbandingan nilai emisi dapat membantu mengantisipasi kemungkinan timbulan emisi GRK tertinggi akibat dari produksi biodiesel CPO dan UCO.

3.4.1 Produksi B30 dengan Memisahkan Jenis Bahan Baku (Skenario 1)

Proses produksi B30 pada subbab ini dilakukan dengan cara memisahkan UCO dan CPO selama produksinya sehingga terdapat dua jenis biodiesel yang akan dihasilkan:

1. Biodiesel berbahan baku UCO
2. Biodiesel berbahan baku CPO.

Blending produksi B30 akan membutuhkan 30% komposisi biodiesel dan 70% komposisi solar. Dapat dilihat pada tabel 3.13, menggunakan data kebutuhan biodiesel pada 2021, saat kebutuhan biodiesel sebesar 9.413.033.000 liter, maka campuran B30 yang akan dihasilkan

adalah sebesar 31.376.776.667 liter. Jumlah UCO yang dibutuhkan apabila akan menyumbang besaran sebesar 10% adalah 941.303.300 liter. Jadi, jumlah kebutuhan *diesel fuel* untuk proses *blending* menjadi B30 berbahan baku UCO, apabila memasukkan 10% dari jumlah target biodiesel 2021, sebanyak 2.196.374.367 liter. Kemudian, 90% sisa kebutuhan biodiesel akan diisi dengan biodiesel berbahan baku CPO. Jadi, biodiesel berbahan baku CPO akan berjumlah 8.471.729.700 liter dan jumlah *diesel fuel* untuk penggunaan *blending* menjadi B30 berbahan baku CPO adalah sebanyak 19.767.369.300 liter. Data selengkapnya terdapat pada tabel 3.13:

Tabel 3.13 Jumlah Kebutuhan Biodiesel dan Diesel untuk B30 Bahan Baku Dipisah

Jumlah Biodiesel UCO (liter)		Jumlah Diesel (liter)		Jumlah Biodiesel CPO (liter)		Jumlah Diesel (liter)		Biodiesel CPO+UCO (liter)		Jumlah B30 (liter)	
10%	941.303.300	2.196.374.367	90%	8.471.729.700	19.767.369.300	9.413.033.000	31.376.776.667				
20%	1.882.606.600	4.392.748.733	80%	7.530.426.400	17.570.994.933	9.413.033.000	31.376.776.667				
30%	2.823.909.900	6.589.123.100	70%	6.589.123.100	15.374.620.567	9.413.033.000	31.376.776.667				
50%	4.706.516.500	10.981.871.833	50%	4.706.516.500	10.981.871.833	9.413.033.000	31.376.776.667				
100%	9.413.033.000	21.963.743.667	-	-	-	9.413.033.000	31.376.776.667				
-	-	-	100%	9.413.033.000	21.963.743.667	9.413.033.000	31.376.776.667				

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), diolah (2021).

Dari data tersebut, dapat diperhitungkan berapa jumlah emisi yang akan dihasilkan dari masing-masing jumlah biodiesel berbahan baku UCO dan CPO yang akan diproduksi. Apabila menggunakan data emisi produksi biodiesel berbahan baku CPO yang dihasilkan dari lahan gambut, jika menggunakan skenario moderat (penggunaan jumlah UCO 10-30% dari kebutuhan), pada penambahan penggunaan UCO sebesar 10% yang dibandingkan dengan penggunaan *single feedstock* berbahan baku CPO, jumlah emisi yang dapat diminimalisasi dari produksi B30 adalah sebesar 2,19 juta ton CO₂ eq. Selanjutnya, apabila menambahkan jumlah UCO sebesar 20% dan 30%, masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar 4,39 juta ton CO₂ eq dan 6,59 juta ton CO₂ eq. Adapun menggunakan skenario optimis, yaitu penggunaan jumlah UCO 50% dan 100%, maka masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar 10,92 juta ton CO₂ eq dan 21,98 juta ton CO₂ eq. Data lebih terperinci dapat dilihat pada tabel 3.14.

Tabel 3.14 Emisi dari Produksi B30 UCO dan B30 CPO dari Perusahaan Asian Agri

Emisi B30 UCO (kgCO ₂ eq)		Emisi B30 CPO (kgCO ₂ eq)		B30 CPO+UCO (kgCO ₂ eq)		Emisi yang dapat diminimalisasi (kgCO ₂ eq)	
10%	4.889.756.876	90%	63.793.536.595	68.683.293.472	2.198.413.857		
20%	9.779.513.751	80%	56.705.365.863	66.484.879.614	4.396.827.714		
30%	14.669.270.627	70%	49.617.195.130	64.286.465.757	6.595.241.572		
50%	24.448.784.379	50%	35.440.853.664	59.889.638.043	10.992.069.286		
100%	48.897.568.757	0%	0	48.897.568.757	21.984.138.572		
0%	0	100%	70.881.707.329	70.881.707.329	-		

Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Dengan menggunakan penghitungan *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator* dari *Natural Resources Canada*, jumlah emisi yang dapat dikurangi dari penggunaan 10% *feedstock* biodiesel berbahan baku UCO setara dengan energi yang dikonsumsi dari 674 ribu kendaraan berpenumpang, atau setara dengan 1,4 juta rumah dalam konsumsi energi listrik selama satu tahun. Setara juga dengan 936 juta liter bensin yang dikonsumsi.

Berdasarkan rencana penurunan emisi pada 2022 dalam Siaran Pers Nomor: 21.Pers/04/SJI/2022 tentang Capaian Kinerja Tahun 2021 dan Program Kerja 2022 Sektor ESDM, Pemerintah menargetkan penurunan emisi sebesar 91 juta ton CO₂. Dengan skenario produksi biodiesel yang memisahkan bahan baku CPO dan UCO sebagai penambahan *feedstock* biodiesel sebanyak 10%-100% dalam produksi B30, maka pemerintah dapat menurunkan emisi sebanyak 2,4%-24% dari total target penurunan emisi 2022.

3.4.2 Produksi B30 dengan Menyatukan Jenis Bahan Baku (Skenario 2)

Proses produksi B30 pada subbab ini dilakukan dengan cara menyatukan UCO dan CPO selama produksinya. Dengan demikian, hanya akan terdapat satu jenis biodiesel yang akan dihasilkan, yaitu biodiesel berbahan baku UCO dan CPO. *Blending* produksi B30 akan menyatukan 30% komposisi biodiesel dan 70% komposisi diesel. Dapat dilihat pada tabel 16, dengan menggunakan data dari kebutuhan biodiesel pada 2021, saat kebutuhan biodiesel sebesar 9.413.033.000 liter, maka jumlah B30 yang dihasilkan 31.376.776.667 liter. Adapun jumlah UCO yang dibutuhkan apabila akan menyumbang bahan baku biodiesel 10% adalah sebesar 3.137.677.667 liter, lalu 20% akan diisi oleh bahan baku CPO sebesar 6.275.355.333 liter, dan 70% akan dicampurkan dengan diesel sebesar 21.963.743.667 liter. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.15.

Tabel 3.15 Jumlah Kebutuhan Biodiesel dan Diesel untuk B30 Bahan Baku Disatukan

Jumlah Biodiesel UCO (liter)		Jumlah Biodiesel CPO (liter)		Jumlah Diesel (liter)		Biodiesel CPO+UCO (liter)	Jumlah B30 (liter)
10%	3.137.677.667	20%	6.275.355.333	70%	21.963.743.667	9.413.033.000	31.376.776.667
15%	4.706.516.500	15%	4.706.516.500	70%	21.963.743.667	9.413.033.000	31.376.776.667
20%	6.275.355.333	10%	3.137.677.667	70%	21.963.743.667	9.413.033.000	31.376.776.667
30%	9.413.033.000	0%	0	70%	21.963.743.667	9.413.033.000	31.376.776.667
0%	0	30%	9.413.033.000	70%	21.963.743.667	9.413.033.000	31.376.776.667

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), diolah (2021).

Berdasarkan data tersebut, maka dapat diperhitungkan jumlah emisi yang akan dihasilkan dari biodiesel berbahan baku UCO dan CPO yang akan diproduksi. Jika menggunakan skenario kluster moderat, maka penambahan penggunaan UCO sebesar 10% dan 15% yang dibandingkan dengan penggunaan *single feedstock* berbahan baku CPO, jumlah emisi yang dapat diminimalisasi masing-masing dari produksi B30 adalah sebesar 7,32 juta ton CO₂ eq dan 10,99 juta ton CO₂ eq. Selanjutnya, apabila menggunakan skenario optimis, yaitu penambahan UCO sebesar 20% dan 30%, maka masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar 14,65 juta ton CO₂ eq dan 21,98 juta ton CO₂ eq. Data lebih terperinci dapat dilihat pada tabel 3.16.

Tabel 3.16 Emisi dari Produksi B30 UCO dan CPO dari Perusahaan Asian Agri

Emisi B100 dari penggunaan UCO (kgCO ₂ eq)		Emisi B100 dari penggunaan CPO (kgCO ₂ eq)		B100 dari CPO+UCO (kgCO ₂ eq)	Emisi diesel (kgCO ₂ eq)	B30 (kgCO ₂ eq)	Emisi yang dapat diminimalisir (kgCO ₂ eq)
10%	690.289.086	20%	50.234.219.443	50.924.508.530	68.966.155.113	63.553.661.138	7.328.046.190
15%	1.035.433.630	15%	37.675.664.583	38.711.098.213	68.966.155.113	59.889.638.043	10.992.069.286
20%	1.380.578.173	10%	25.117.109.722	26.497.687.895	68.966.155.113	56.225.614.948	14.656.092.381
30%	2.070.867.260	0%	0	2.070.867.260	68.966.155.113	48.897.568.757	21.984.138.572
0%	0	30%	75.351.329.165	75.351.329.165	68.966.155.113	70.881.707.329	-

Sumber: Traction Energy Asia (2022).

Dengan menggunakan penghitungan *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator* dari *Natural Resources Canada*, jumlah emisi yang dapat dikurangi dari penggunaan 10% *feedstock* biodiesel berbahan baku UCO setara dengan 2,2 juta kendaraan berpenumpang, atau setara dengan 4,8 juta rumah dalam konsumsi energi listrik selama satu tahun, atau setara dengan 3,12 miliar liter bensin yang dikonsumsi.

Kemudian, apabila produksi B30 pada 2021 seluruhnya menggunakan bahan baku UCO, maka emisi yang dapat diminimalisasi adalah sebesar 21,98 juta ton CO₂ eq. Angka ini setara dengan energi yang dikonsumsi dari penggunaan 6,73 juta kendaraan berpenumpang, atau setara dengan 14,69 juta rumah dalam konsumsi energi listrik selama satu tahun, atau setara dengan 9,36 miliar liter bensin yang dikonsumsi.

Berdasarkan rencana penurunan emisi pada 2022 dalam Siaran Pers Nomor: 21.Pers/04/SJI/2022 tentang Capaian Kinerja Tahun 2021 dan Program Kerja 2022 Sektor ESDM, Pemerintah menargetkan penurunan emisi sebesar 91 juta ton CO₂. Dengan skenario produksi biodiesel yang menyatukan bahan baku CPO dan UCO sebagai penambahan *feedstock* biodiesel sebanyak 10-30% dalam produksi B30, maka pemerintah dapat menurunkan emisi sebanyak 8%-24% dari total target penurunan emisi 2022. Jadi, dengan jumlah emisi yang dapat diminimalisasi cukup besar, maka strategi kebijakan menempatkan UCO sebagai bahan baku komplementer biodiesel akan sangat layak dijalankan karena akan berkontribusi pada penurunan emisi yang signifikan di sektor energi.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi yang dilakukan terhadap perbandingan emisi GRK yang dihasilkan dari produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO dengan metode LCA, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Emisi GRK dari produksi biodiesel berbahan baku CPO paling besar ditemukan pada tahap produksi CPO di perkebunan. **Tahap perkebunan memberikan kontribusi emisi sebesar 80%-94%**. Pada kasus perkebunan, perusahaan yang memperhitungkan parameter pembukaan lahan, di antaranya adalah Asian Agri, Musim Mas, dan Wilmar, memperoleh angka emisi sebesar **2,43 Kg CO₂ eq/ L B30 hingga 4,60 Kg CO₂ eq/ L B30**. Emisi GRK yang dihasilkan tanpa memperhitungkan parameter pembukaan lahan dari perusahaan GAR sebesar **2,47 Kg CO₂ eq/ L B30**. Adapun emisi GRK yang dihasilkan dari produksi biodiesel berbahan baku UCO **2,26 Kg CO₂ eq/ L B30**.
2. Penambahan UCO sebagai bahan baku ke dalam produksi biodiesel dapat **meminimalisasi sebagian emisi yang dihasilkan dari produksi biodiesel**, yang hanya menggunakan satu bahan baku saja (*single feedstock*), yaitu CPO. Emisi yang dihasilkan akan bergantung dari jenis produksi yang dibuat. Kajian ini membahas emisi yang akan dihasilkan dari dua pilihan proses produksi biodiesel, di antaranya:
 - a. Proses produksi dilakukan dengan **memisahkan** UCO dan CPO selama produksinya sehingga biodiesel yang akan dihasilkan ada 2 jenis (Skenario 1).
 - b. Proses produksi dilakukan dengan langsung **mencampurkan** UCO dan CPO sehingga biodiesel yang dihasilkan 1 jenis (Skenario 2).
3. **Pada skenario 1** (produksi biodiesel berbahan baku CPO dan UCO dengan masing-masing proses produksi yang dipisah), penambahan **10% UCO** dibandingkan dengan *single feedstock* dari CPO menghasilkan penurunan jumlah emisi sebesar sebesar **2,19 juta ton CO₂ eq**. Apabila menambahkan jumlah biodiesel berbahan baku UCO sebesar **20%, 30%, 50%, dan 100%**, masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar **4,39 juta ton CO₂ eq, 6,59 juta ton CO₂ eq, 10,92 juta ton CO₂ eq, dan 21,98 juta ton CO₂ eq**.
4. **Pada skenario 2** (produksi B30 berbahan baku CPO dan UCO dengan proses produksi yang disatukan), penambahan **10% UCO** dibandingkan dengan *single feedstock* dari CPO akan menghasilkan penurunan jumlah emisi sebesar **7,32 juta ton CO₂ eq**. Selanjutnya, apabila menambahkan jumlah UCO sebesar **15%, 20%, dan 30%**, masing-masing akan meminimalisasi jumlah emisi sebesar **10,99 juta ton CO₂ eq, 14,65 juta ton CO₂ eq, dan 21,98 juta ton CO₂ eq**.
5. Dalam **skenario 1** (produksi biodiesel yang memisahkan bahan baku CPO dan UCO sebagai penambahan *feedstock* biodiesel sebanyak 10%-100% dalam produksi B30), maka

pemerintah dapat menurunkan emisi sebanyak **2,4%-24%** dari total target penurunan emisi 2022. Adapun dalam **skenario 2** (produksi biodiesel yang menyatukan bahan baku CPO dan UCO sebagai penambahan *feedstock* biodiesel sebanyak 10%-30% dalam produksi B30), maka pemerintah dapat menurunkan emisi sebanyak **8%-24%** dari total target penurunan emisi 2022.

4.2 Rekomendasi

Strategi kebijakan penambahan UCO sebagai *feedstock* ke dalam produksi biodiesel layak dijalankan, karena dapat mengurangi emisi GRK dari produksi biodiesel yang hanya menggunakan satu jenis *feedstock* saja, yaitu CPO. Beberapa rekomendasi yang dapat diajukan agar strategi kebijakan menempatkan UCO sebagai *feedstock* produksi biodiesel efektif dan berkelanjutan adalah:

1. Perlunya memperketat izin pemberian usaha perkebunan kelapa sawit. Ditambah perlu meningkatkan aktivitas penelitian pada pembibitan agar Indonesia mampu menghasilkan bibit tanaman kelapa sawit yang unggul. Dengan penggunaan bibit kelapa sawit yang unggul, maka akan meningkatkan produktivitas hasil perkebunan tanpa perlu memperluas area kebun.
2. Perlunya ditetapkan ambang batas emisi GRK produksi CPO yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel dan sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi. Hal tersebut bertujuan untuk memastikan tercapainya penurunan emisi GRK melalui produksi dan pemanfaatan biodiesel secara efektif.
3. Dalam produksi biodiesel di Indonesia diperlukan penambahan jenis *feedstock* lain seperti UCO. Dengan demikian, dapat mengurangi jumlah emisi yang dihasilkan dari produksi CPO untuk biodiesel dan juga dapat mengurangi limbah pada lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Subiksa I.G.M. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Bogor: Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Badan Pusat Statistik. 2019. "Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2019: Hutan dan Perubahan Iklim". Report. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Carlson, K., Curran L, Asner G, Pittman A, Trigg Adeney JM. 2012. "Carbon Emissions from forest conversion by Kalimantan oil Palm Plantations". *Journal of Nature Climate Change*. Vol. 3, No.1. Page. 283-287.
- Gunarso, P., Hartoyo, M.E, Agus, F. 2013. Oil Palm and Land Use Change in Indonesia, Malaysia, and Papua New Guinea, In: Killen T, Goon J, editors. Reports from Science Panel of the Second RSPO GHG Working Group. Kuala Lumpur, Malaysia: Roundtable for Sustainable Palm Oil.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Wösten. 2006. PEAT CO₂, Assessment of CO₂ Emission from Drained Peatlands in SE Asia. Wetland International and Delft Hydraulics. Report R&D Project Q3943.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020. Laporan Kerja Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Machmud, Syahril., 2009. Pengaruh Perbandingan Solar-Biodiesel (Minyak Jelantah) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Mata, T.M., Martins, A.A., Caetano, N.S., 2010. "Microalgae for Biodiesel Production and other Applications". *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 14, No. 1. Page. 217-232.
- Melling L., Hatano R, Goh KJ. 2005. "Soil CO₂ flux from ecosystem in tropical peat land of Serawak. Malaysia". *Journal of Tellus*. Vol 57, No. 1. Page:1-11.
- Nazir, N., Setyaningsih, D. 2010. Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from Palm Oil and Jathropa Oil in Indonesia. 7th Biomass Asia Workshop (pp. 1-6). Jakarta: New Energy Foundation.
- Nilawati, Destya. 2012. Studi Awal Sintesis Biodiesel dari Lipid Mikroalga *Chlorella vulgaris* Berbasis Medium Walne melalui Reaksi Eserifikasi dan Transesterifikasi. Skripsi Universitas Indonesia.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32/2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Sebagai Bahan Bakar Lain.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.73/MenLHK/Setjen/Kum.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesja Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional.
- Rahardja, Istianto., Sukarman, Anwar Ilmar Ramadhan. "Analisis Kalori Biodiesel Crude Palm Oil dengan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS)". *Jurnal Universitas Muhammadiyah*. No.3, Vol. 1. Hlm. 1-12.
- Royal Academy of Engineering. 2017. Sustainability of liquid biofuels. Royal Academy of Engineering, London UK.

- Setiawan, Ade., Joko Winarno, Mochamad Syamsiro. 2017. "Studi Eksperimental untuk Kerja Campuran Solar-Biodiesel Minyak Jelantah pada Mesin Diesel". *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*. Vol. 2, No. 1. Hlm. 15-20.
- Silalertruksa, T., & Gheewala, S. H. 2012. "Environmental sustainability assessment of palm biodiesel production in Thailand". *Journal of Energy*. Vol. 43, No.1. Page.306-314.
- Traction Energy Asia. 2019. "Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel di Indonesia Berdasarkan Analisa Daur Hidup (Life Cycle Analysis)". Working Paper. Jakarta: Traction Energy Asia.
- Wilmar International Limited. 2018. Moving Forward Together: Sustainability Report 2017. Singapore: Wilmar International Limited.
- Zhang, Xianglan., Xiao Ou Shu, Gong Yang. 2005. Association of Passive Smoking by Husbands with Prevalence of Hypertension among Chinese Women Nonsmokers. USA: JAMA, 2005; 325-328.



TRACTION
ENERGY ASIA