

PEMANFAATAN CPO UNTUK PLTD DAN KAJIAN EMISI GRK**Agung Wijono^{1*}**

Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Disain – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gedung 480, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15314 Telp. 021-7563213

*E-mail: agung.wijono@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah sebagai negara penghasil minyak kelapa sawit atau Crude Palm Oil (CPO) yang terbesar di dunia dengan produksi sekitar 33 juta ton pada tahun 2015. Potensi ini harus dimanfaatkan selain untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan dan industri turunan lainnya juga untuk kebutuhan ketahanan dan kemandirian energi nasional. Salah satu diantaranya adalah dengan memanfaatkan CPO sebagai bahan bakar untuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Kajian ini juga bertujuan khusus menganalisa dari segi dampak lingkungan untuk memperoleh kelayakan yang berdampak positif bagi lingkungan, sehingga diharapkan bisa menekan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Kajian dampak lingkungan ini memakai metodologi perhitungan Life Cycle Assessment (LCA) Cradle to Gate bahan bakar CPO dengan menggunakan skenario pada kasus Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang tanpa menangkap biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dan skenario dengan menangkap biogas POME. Hasil perhitungan LCA untuk memperoleh nilai emisi GRK dengan pengoperasian PLTD berbahan bakar CPO yang berkapasitas 1000 MW, maka bisa menekan emisi CO₂ sekitar 5 juta ton per tahun. Pemanfaatan CPO sebagai bahan bakar PLTD pada daerah yang isolated untuk meningkatkan elektrifikasi, sangat layak dilaksanakan pembangunannya secara masal ditinjau dari kelayakan teknologi, ketersediaan CPO, serta dampak lingkungan yang positif.

Kata kunci: CPO, elektrifikasi, emisi, isolated, PLTD

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) berbahan bakar Crude Palm Oil (CPO) merupakan salah satu pilihan yang harus kita lakukan sebagai antisipasi krisis energi bahan bakar fosil, serta sebagai pemanfaatan potensi produksi CPO yang melimpah untuk menjaga ketahanan energi nasional yang mandiri dan berkesinambungan. Untuk meningkatkan nilai tambah daripada kita mengekspor 80% dari 33 juta ton CPO, alangkah baiknya jika CPO tersebut kita manfaatkan untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri sendiri dengan mengolah menjadi produk turunannya yang bernilai keekonomian lebih tinggi seperti untuk pangan dan industri lainnya. Juga masih banyak sisanya untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif, yang bisa menghemat devisa negara dari pada mengimpor bahan bakar minyak (BBM) untuk kebutuhan energi dalam negeri. Salah satu diantaranya adalah dengan memanfaatkan CPO sebagai bahan bakar untuk PLTD.

Kajian bertujuan khusus menganalisa dari segi dampak lingkungan untuk memperoleh kelayakan yang berdampak positif bagi lingkungan, sehingga diharapkan bisa menekan emisi gas rumah kaca (GRK). Beberapa manufaktur mesin diesel telah memproduksi genset dengan bahan bakar minyak nabati yang antara lain adalah dari CPO. Dari segi ketersediaan bahan baku maka teknologi ini sangat layak untuk diterapkan mengingat produk CPO di Indonesia tersedia berlimpah. Dari segi kebutuhan kelistrikan jelas keberadaan PLTD ini sangat dibutuhkan untuk meningkatkan rasio elektrifikasi nasional. Saat ini ada sekitar 4.472 unit PLTD dengan kapasitas 2.798,55 MW (7,13%) dan dimasa depan tetap akan dibutuhkan PLTD ini sebagai 'base-load' untuk daerah-daerah terpencil/ kepulauan yang tidak terhubung ke jaringan interkoneksi (isolated). Bahkan bisa juga PLTD ini sebagai pembangkit 'peaker' pada jaringan interkoneksi.

Dalam kajian ini dipakai data sekunder untuk melengkapi informasi kelayakan pemanfaatan teknologi PLTD dan sumber bahan baku CPO, serta inventori data untuk kajian dampak lingkungan siklus hidup atau Life Cycle Assessment (LCA) dari PLTD-CPO yang khusus menelaah dampak lingkungan dari emisi GRK. Kajian

dampak lingkungan ini memakai metodologi perhitungan LCA Cradle to Gate pada bahan bakar CPO dengan menggunakan skenario pada kasus Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang tanpa menangkap biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dan skenario dengan menangkap biogas dari POME. Selanjutnya hasil dari emisi GRK antara PLTD-CPO dengan PLTD-Diesel akan diperbandingkan untuk diketahui seberapa besar bias menekan emisi CO₂.

2. METODOLOGI

Kajian ini sebagai studi kelayakan dalam rangka pembangunan PLTD CPO dengan tinjauan potensi pengaruh dampak lingkungan emisi GRK terhadap produk listrik yang dihasilkannya. Menggunakan metoda *LCA Cradle to Gate* untuk CPO sebagai bahan bakar pada sistem PLTD. Kajian ini tidak dilakukan secara spesifik untuk lokasi tertentu. Untuk keperluan inventori data dipakai data sekunder dari PTPN IV, PTPN V, PPKS Medan, serta dari berbagai studi literatur. (Guinée, 2002), (Plenjai dkk., 2009), (Pahan, 2008), (Gheewala, 2013), (PTPN V, 2013).

Metodologi kajian dampak lingkungan ini dilaksanakan dalam bentuk:

- Melakukan pengumpulan inventori data sekunder,
- Identifikasi input dan output yang mengakibatkan dampak-dampak lingkungan,
- Perhitungan semua kategori dampak sesuai metoda LCA,
- Skenario tanpa menangkap biogas POME dan dengan menangkap biogas POME,
- Perhitungan emisi GRK untuk dua skenario tersebut di atas pada PLTD CPO,
- Perbandingan besaran faktor emisi GRK antara PLTD-CPO dengan PLTD-Diesel,
- Potensi untuk bisa menekan emisi CO₂ dengan beroperasinya PLTD-CPO.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian PLTD-CPO dan pembahasannya akan dibagi dalam empat sub-topik, yaitu mengenai Sistem Kelistrikan di Indonesia, Sistem Pembangkit PLTD-CPO, Potensi Bahan Bakar CPO, dan Kajian Emisi GRK PLTD-CPO.

3.1 Sistem Kelistrikan di Indonesia

Sistem kelistrikan di Indonesia mempunyai karakteristik yang sangat spesifik, yaitu sebagai negeri kepulauan mempunyai pola khusus dalam penyebaran penduduknya. Pulau Jawa dengan luasan yang kecil tetapi dihuni oleh sebagian besar penduduk sehingga memiliki tingkat kepadatan yang sangat tinggi. Sementara untuk kepulauan di luar Jawa yang jumlah penduduknya relatif sedikit tetapi mempunyai luasan yang sangat besar dan tersebar dalam banyak pulau sehingga tingkat kepadatan penduduknya sangat rendah. Dalam hal penyediaan energi listrik, kondisi ini memerlukan penanganan dan pendekatan yang beragam. Pulau-pulau atau wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dapat dilayani oleh sistem jaringan terintegrasi, sementara itu daerah dengan tingkat kepadatan penduduk rendah atau wilayah dengan pulau-pulau yang relatif kecil dapat dilayani oleh sistem jaringan terisolasi atau *isolated system*.

Sistem jaringan terisolasi pada umumnya dilayani oleh pembangkit-pembangkit skala kecil, yang umumnya merupakan PLTD. Jumlah PLTD di luar Jawa ini sangat besar, yaitu sebanyak 4.418 pembangkit dengan kapasitas 2.698 MW, sementara di Jawa terdapat 54 pembangkit dengan kapasitas 100 MW. Rasio yang sangat tidak berimbang ini terjadi karena pasokan listrik di pulau Jawa didominasi oleh pembangkit-pembangkit listrik tenaga uap yang berkapasitas besar dengan jaringan yang sudah terintegrasi atau *interconnected*.

Pada tahun 2014 PLN mencatat bahwa beban puncak di Indonesia mencapai 33.321,15 MW, atau meningkat 8,06% dibanding tahun sebelumnya dan peningkatan kapasitas jumlah unit pembangkit 14,77% dibandingkan dengan akhir Desember 2013. Dari kapasitas terpasang nasional untuk unit PLTD di Indonesia diperkirakan 2.798,55 MW (7,13%) dengan total ada 4.472 unit (Statistik PLN, 2014). Walaupun secara kapasitas tidaklah besar, tetapi secara biaya bahan bakar, biaya produksi dengan pengoperasian PLTD ini menempati porsi yang cukup besar.

Terkait dengan pembangkitan listrik, pada tahun 2014 PLN mengkonsumsi sebanyak 6,3 juta kiloliter minyak solar *High Speed Diesel* (HSD) dan 1,1 juta kiloliter *Marine Fuel Oil* (MFO) (RUPTL PT. PLN, 2015). Diperkirakan sebagian besar HSD dan hampir seluruh MFO dipakai sebagai bahan bakar PLTD. Dengan harga rata-rata HSD sebesar Rp10.320,- per liter dan MFO sebesar Rp7.108,- per liter, maka belanja PLN bisa mencapai Rp72,8 triliun pada tahun 2014.

3.2 Sistem Pembangkit PLTD-CPO

Mesin diesel adalah motor bakar yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar, dan tidak menggunakan busi seperti mesin bensin atau mesin gas. Mesin ini ditemukan pada tahun 1892 oleh Rudolf Diesel yang menerima paten pada 23 Februari 1893. Diesel menginginkan sebuah mesin untuk dapat digunakan dengan berbagai macam bahan bakar termasuk minyak nabati. Dia mempertunjukkan pada Exposition Universelle tahun 1900 dengan menggunakan minyak kacang. Mesin ini kemudian diperbaiki dan disempurnakan oleh Charles F. Ketterin. Mesin diesel memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan mesin pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya, karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi. Mesin diesel kecepatan-rendah (dibawah 1000 rpm) seperti pada mesin kapal, dapat memiliki efisiensi termal lebih dari 50%.

Sehubungan dengan adanya peningkatan harga minyak bumi di tahun 2006-2014, beberapa industri manufaktur mesin diesel (genset) telah mengembangkan genset dengan bahan bakar minyak nabati murni (tanpa diolah menjadi biodiesel terlebih dahulu) sebagai alternatif apabila ketersediaan minyak bumi menjadi masalah. Genset-genset ini sejak tahun 2006 telah mulai diuji coba di luar negeri dengan berbagai macam minyak nabati, diantaranya CPO. Dalam perkembangannya, beberapa perusahaan besar pabrik genset telah melakukan uji coba penggunaan CPO sebagai bahan bakar mesin yang dirancangnya. Dalam publikasinya MAN Diesel & Turbo telah melakukan uji coba penggunaan CPO pada 3 unit mesin, yaitu Brake-Jerman (1 unit) dan Topec-Belanda (2 unit). CPO yang dipergunakan memiliki bilangan asam 15 mg KOH/gr sample (setara dengan kadar asam lemak bebas 12.5%). Perusahaan lain, Wartsilla dari Finlandia, mengklaim telah membangun dan mengoperasikan genset diesel dengan total kapasitas lebih dari 800 MW di Italia dengan menggunakan bahan bakar minyak nabati, diantaranya CPO.

Dalam banyak hal, CPO mempunyai kesamaan sifat secara fisik dengan *Heavy Fuel Oil*. Perbedaan yang mencolok adalah pada bilangan asam, dimana minyak nabati murni pada umumnya mempunyai bilangan asam yang tinggi. Pabrik diesel engine mengatasi hal ini dengan memperbaiki spesifikasi material yang mengalami kontak langsung dengan CPO, sehingga umur mesin diperkirakan bisa dipertahankan sama seperti ketika menggunakan *Marine Fuel Oil* (MFO). Dengan adanya perkembangan teknologi seperti di atas, maka sudah selayaknya kita mengimplementasikan teknologi terbaru ini untuk memanfaatkan CPO yang berlimpah, sehingga dapat meningkatkan ketahanan energi nasional yang mandiri dan berkelanjutan.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hasoloan (2008), menunjukkan pemanfaatan campuran CPO sampai dengan konsentrasi 50% dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar tanpa memerlukan pemanasan dengan unjuk kerja maksimal pada campuran CPO 30%. Pemanasan campuran CPO menurunkan densitas dan viskositas bahan bakar serta memperpendek penundaan waktu pengapian atau *ignition delay* sehingga pembakaran yang terjadi lebih baik, serta deposit pada ruang bakar relatif sedikit serta tidak menimbulkan keausan abnormal pada komponen mesin. Pemilihan temperatur pemanasan yang sesuai dengan konsentrasi campuran CPO akan menghasilkan unjuk kerja maksimal pada mesin diesel genset yang menggunakan standar penyetyelan *injection timing* bahan bakar solar. Pemanfaatan

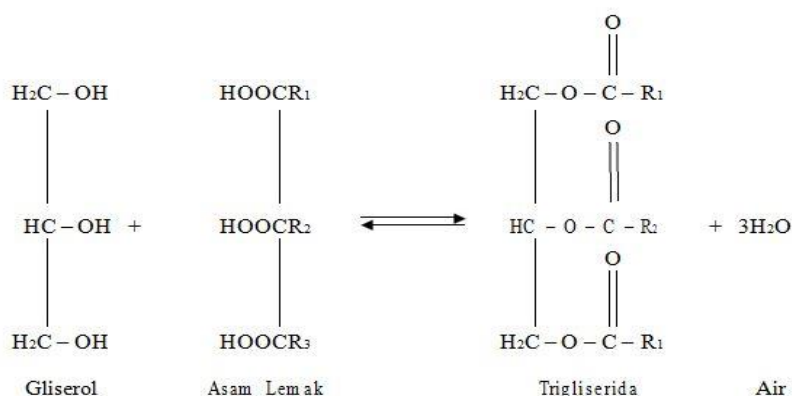
campuran CPO 75% pada temperatur bahan bakar 80 °C, serta CPO 100% pada temperatur 60 °C menghasilkan unjuk kerja maksimal dibandingkan pengoperasian pada temperatur lainnya.

3.3 Potensi Bahan Bakar CPO

Meskipun saat ini Indonesia sudah diterima kembali sebagai anggota OPEC, tetapi Indonesia tetaplah negara net-importer minyak bumi, sehingga pengeluaran untuk pembayaran BBM ini pada akhirnya harus dibayar dengan devisa dalam bentuk dollar. Pembelanjaan devisa dalam bentuk dollar ini akan memperlemah nilai tukar rupiah apabila tidak diimbangi dengan dollar yang masuk ke negara kita. Untuk itu pembelanjaan BBM dalam bentuk dollar harus ditekan dengan mencari sumber energi lain yang biaya produksinya dalam mata uang rupiah.

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut di atas adalah dengan mengganti bahan bakar PLTD dari minyak solar atau HSD dengan memakai minyak nabati. Beberapa pabrikan mesin diesel (genset) kapasitas besar, yang bekerja pada putaran rendah, telah mengklaim bahwa mesinnya dapat menggunakan berbagai bahan bakar dengan mutu yang lebih rendah dari minyak solar. Minyak nabati yang sangat potensial sebagai bahan bakar adalah minyak kelapa sawit atau CPO. CPO dihasilkan di dalam negeri dengan pengalaman budi daya kelapa sawit yang sudah lebih dari 100 tahun dan saat ini Indonesia adalah penghasil CPO terbesar di dunia, dengan produksi yang terus meningkat secara signifikan setiap tahunnya. Produksi CPO tahun 2015 sekitar 33 juta ton hasil dari sekitar 12,5 juta hektar perkebunan kelapa sawit, dimana sekitar 60% sampai dengan 80% produk CPO sebagai komoditas ekspor. Potensi ini harus dimanfaatkan selain untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan dan industri turunan lainnya, juga untuk memenuhi kebutuhan energi sehingga terciptanya ketahanan energi nasional yang berdaulat dan mandiri serta berkelanjutan. Salah satu diantaranya adalah dengan memanfaatkan CPO sebagai bahan bakar untuk PLTD.

Minyak kelapa sawit terdiri atas berbagai trigliserida dengan rantai asam lemak yang berbeda-beda. Panjang rantai adalah antara 14 – 20 atom karbon. Dalam proses pembentukannya, trigliserida merupakan hasil proses kondensasi satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam-asam lemak yang membentuk satu molekul trigliserida dan tiga molekul air (lihat Gambar 1). Minyak yang mula-mula terbentuk dalam buah adalah trigliserida yang mengandung asam lemak bebas jenuh, dan setelah mendekati masa pematangan buah terjadi pembentukan trigliserida yang mengandung asam lemak tidak jenuh.



Gambar 1. Reaksi Kimia Trigliserida Minyak Kelapa Sawit

Bahan bakar CPO termasuk jenis *straight vegetable oil* (SVO) dan memiliki komposisi kimia yang sama dengan *vegetable oil* yaitu triglicerol atau $\text{C}_3\text{H}_8(\text{OOCR})_3$. Struktur kimia CPO ini berbeda dengan struktur kimia biodiesel yang

berupa asam lemak (*alkyl ester & methyl ester*) atau $3R\text{COOH}$. Pengolahan CPO menjadi biodiesel akan menimbulkan penurunan berat molekul dari bahan bakar nabati tersebut sebesar 30% dan penurunan viskositas yang cukup signifikan. Pemanfaatan straight vegetable oil sebagai bahan bakar mesin diesel pada mulanya dilakukan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1900 dengan menggunakan minyak kacang tanah (*peanut oil*).

Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar mesin diesel dikarenakan adanya persamaan sifat-sifat atau karakteristik minyak nabati dengan petrodiesel. Adanya persamaan karakteristik disini tidak berarti mutlak seluruh parameter minyak diesel harus sama dan terpenuhi pada minyak nabati. Parameter utama yang paling penting agar penggunaan bahan bakar minyak nabati dapat dilakukan secara langsung sebagai bahan bakar mesin diesel adalah viskositas bahan bakar, asam lemak bebas, density, titik nyala dan nilai kalor bahan bakar.

Beberapa industri memproduksi genset dengan bahan bakar minyak nabati antara lain CPO. Dari sisi keekonomian CPO saat ini sedikit lebih mahal dibanding dengan MFO, namun karena CPO sebagai bahan bakar nabati maka dari dampak lingkungan lebih unggul dibandingkan dengan MFO. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk memilih CPO sebagai bahan bakar pada PLTD yakni antara lain untuk kesiapan teknologinya. Ada beberapa pilihan pabrikan genset untuk saat ini, antara lain adalah MAN, Wartsila, Mitsubishi, dan Cartepilar.

CPO mempunyai spesifikasi teknis yang berbeda dengan bahan bakar yang berasal dari fosil. Untuk itu harus dibuktikan dan dikaji lebih mendalam apakah genset yang akan digunakan telah teruji untuk menggunakan CPO, sebelum produk genset tersebut disosialisasikan untuk PLTD-CPO. Diantara karakteristik CPO yang tidak lazim ditemukan pada jenis bahan bakar fosil adalah nilai keasaman atau *Total Acid Number* (TAN) yang jauh lebih tinggi, titik bakar (*flash point*) yang lebih tinggi, kekentalan (*viscosity*) yang lebih tinggi dan adanya kandungan getah (*gum*). CPO mempunyai nilai keasaman yang jauh lebih tinggi dibanding dengan HSD maupun MFO, untuk itu seluruh bahan material yang berhubungan langsung dengan minyak sawit yang antara lain sistem pompa bahan bakar, *nozzle*, silinder dan piston terbuat dari bahan yang lebih tahan terhadap karat.

Meskipun di ruang bakar CPO bisa terbakar dengan sempurna, tetapi karena mempunyai titik beku yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar fosil, maka CPO harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum didistribusikan dan diinjeksikan kedalam mesin, sehingga diperlukan unit pengolah awal (*pre-treatment*) bahan bakar pada kompartemen terpisah. Dalam unit *pre-treatment* CPO dipanaskan sehingga kekentalannya turun. Pada kondisi yang lebih encer minyak lebih mudah dilakukan penyaringan. Penyaringan CPO harus dilakukan meskipun secara umum spesifikasinya mempunyai kandungan bahan pengotor yang relatif rendah. Hal ini harus dilakukan untuk menjaga dari kemungkinan adanya penyumbatan pada *nozle injector* dari kotoran yang dalam ukuran mikro masih lolos pada penyaringan yang dilakukan di PKS (*Palm Oil Mills*), sehingga diharapkan bisa tertangkap di saringan *pre-treatment* bahan bakar ini.

3.4 Kajian Emisi GRK PLTD-CPO

Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2015 sekitar 12,5 juta hektar, dengan produksi CPO sebesar 33 juta ton dan PKO 7 juta ton per tahun. Inventori data dari perkebunan adalah data pembibitan, pemupukan, emisi lahan, produktifitas lahan, serta unsur hara dalam pupuk. Selanjutnya data input-output perkebunan kelapa sawit ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Input-Output Perkebunan Kelapa Sawit per Ton TBS

| Input | | Output | | |
|------------------------------------|------------------------|--------|---|-----|
| Benih | | TBS | 1 | ton |
| Pupuk | | Emisi | | |
| N (dari amonium sulfat) | 44-50 kg | | | |
| P (dari <i>ground rock</i> fosfat) | 12-14 kg | | | |
| K (dari potasium klorida) | 31-35 kg | | | |
| Mg (dari kieserite 26% MgO) | 8-9 kg | | | |
| B | 0.5-1 kg | | | |
| Air | 110-140 m ³ | | | |
| Herbisida | | | | |
| Paraquat | 0.1-0.2 kg | | | |
| <i>Glyphosate</i> | 0.2-0.4 kg | | | |
| Diesel | 0.33 liter | | | |

(sumber: Plenjai dkk., 2009)

Data input-output yang diperoleh dari PKS adalah merupakan pengolahan CPO dengan proses teknologi konvensional, dengan skenario biogas yang ditangkap/ tidak dari hasil limbah POME-nya. Selanjutnya data input-output yang didapat ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Input-Output Pabrik Kelapa Sawit per 1 Ton CPO

| Input | | Output | |
|---------|------------------------|----------------------|------------------------|
| TBS | 5.26-6.25 ton | CPO | 1 ton |
| Air | 2.2-4.6 m ³ | Air Limbah | 2.6-3.3 m ³ |
| Diesel | 3-9 liter | <i>Fibre</i> | 1.42-2.06 ton |
| Listrik | 60-100 kWh | <i>Shell</i> | 0.26-0.44 ton |
| Uap | 1.6-3.0 m ³ | <i>Decanter cake</i> | 0.05-0.31 ton |
| | | <i>EFB</i> | 1.42-1.88 ton |
| | | <i>Ash</i> | 0.02-0.06 ton |
| | | Kernel | 0.26-0.38 ton |
| | | Emisi | |

| | | | |
|--|----------|-------------|----|
| | Partikel | 3.9- 8.7 | kg |
| | NO2 | 1.7- 3.1 | kg |
| | CO | 1.4- 3.8 | kg |

(sumber: Plenjai dkk., 2009)

Pengumpulan data merupakan fase kedua dalam metodologi LCA, dimana sistem produk didefinisikan. Dalam LCA, setiap aliran masuk dan keluar dari sistem ditranslasikan menjadi intervensi lingkungan. Ekstraksi dan konsumsi sumber daya alam dan emisi, dan juga proses pertukaran dalam lingkungan pada setiap fase yang relevan dalam siklus hidup produk dikompilasi. Kompilasi dari semua ini disebut *Life Cycle Inventory (LCI)*. LCI digunakan untuk dapat menginterpretasikan indikator dari dampak lingkungan yang potensial.

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh sebelumnya, kemudian data diolah lebih lanjut dengan perhitungan sesuai dengan metodologi *LCA Cradle to Gate*, baik itu pada unit bisnis pembukaan lahan dan pembibitan kelapa sawit, unit bisnis perkebunan kelapa sawit, serta pada unit bisnis pabrik kelapa sawit. Perolehan hasil akhir dari perhitungan disajikan pada Tabel 3 berikut ini untuk input-output produksi 1 ton CPO, berdasar alokasi energi untuk produk CPO.

Tabel 3. Input-Output untuk Produksi 1 Ton CPO (Berdasar Alokasi Energi)

| | Parameter | Satuan | Perkebunan | PKS | Total |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------|-------|----------|
| Input | Biji | biji/ton CPO | 1.9 | x | 1.9 |
| | Thiram | kg/ton CPO | 0.00001 | x | 0.00001 |
| | Efron | kg/ton CPO | 0.00001 | x | 0.00001 |
| | Sodium Hypochlorid | kg/ton CPO | 0.000001 | x | 0.000001 |
| | Listrik (PLN) | kWh/ton CPO | 0.1 | x | 0.1 |
| | Polybag | kg/ton CPO | 0.03 | x | 0.03 |
| | - Pupuk-N | kg/ton CPO | 32 | x | 32 |
| | - Pupuk P | kg/ton CPO | 16 | x | 16 |
| | - Pupuk-K | kg/ton CPO | 64 | x | 64 |
| | Pestisida | kg/ton CPO | 1.6 | x | 1.6 |
| | Minyak solar | liter/ton CPO | 2 | 7.4 | 9.5 |
| | Air untuk boiler | liter/ton CPO | x | 2.2 | 2.2 |
| Output | | | | | |
| Produk/ hasil samping | CPO | ton CPO | x | 1.00 | 1.00 |
| | TKKS | kg/ton CPO | x | 1,412 | 1,412 |
| | Serabut | kg/ton CPO | x | 824 | 824 |
| | Kernel | kg/ton CPO | x | 353 | 353 |
| | Cangkang | kg/ton CPO | x | 353 | 353 |
| Limbah padat | Apkir (benih+bibit) | bnh+bbt/ton CPO | 0.8 | x | 0.8 |
| | Ampas | kg/ton CPO | x | 148 | 148 |
| | Abu dari boiler | kg/ton CPO | x | 185 | 185 |
| Emisi ke udara | N ₂ O sebagai pupuk-N | kg N ₂ O/ton CPO | 0.5 | x | 0.5 |
| | CO dari boiler | kg/ton CPO | x | 3.7 | 3.7 |
| | NO _x dari boiler | kg/ton CPO | x | 11.1 | 11.1 |
| | Partikel dari boiler | kg/ton CPO | x | 1.9 | 1.9 |
| | SO ₂ dari boiler | kg/ton CPO | x | 7.4 | 7.4 |
| Emisi ke air | CH ₄ dari POME | kg CH ₄ /ton CPO | x | 21.7 | 21.7 |
| | POME | liter/ton CPO | x | 2,409 | 2,409 |

Perolehan hasil akhir untuk perhitungan kajian siklus emisi GRK per ton CPO dalam skenario (1) tanpa menangkap biogas dari POME, serta skenario (2) dengan menangkap biogas dari POME (yang digunakan untuk genset biogas), ada ditampilkan di Tabel 4 pada halaman berikut.

Energi listrik yang dibangkitkan sebanding dengan nilai kalor dan jumlah bahan bakar CPO yang digunakan, serta ditentukan juga dengan pemilihan kapasitas PLTD dan efisiensi termalnya. Dengan diketahui hasil emisinya dan hasil energi yang dibangkitkan, maka diketahui faktor emisi dari pembangkit tersebut. Jika diketahui faktor emisi PLTD-CPO serta PLTD-Diesel, maka bisa diketahui seberapa besar emisi yang bisa ditekan dengan adanya pengoperasian PLTD-CPO.

Tabel 4. Kajian Siklus Emisi GRK per Ton CPO - Dalam Dua Skenario

Tanpa Menangkap Biogas; (2) Dengan Menangkap Biogas; (Untuk Listrik)

| | | | | Emisi GRK (kg CO ₂ eq/ton CPO) | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| | Parameter | Total | Nilai | Skenario 1 | Skenario 2 |
| | LCI Produksi 1 ton CPO | (kg/L/unit) | F.E. GRK (kg CO ₂ /kg,L,kWh) | Tanpa Menangkap Biogas POME | Dengan Menangkap Biogas POME |
| INPUT | | | | | |
| (1) Emisi Produksi Dari Input | Biji | 1.9 | | | |
| | <i>Thiram</i> | 0.00001 | 4.7 | 0.0000546 | 0.0000546 |
| | <i>Efron</i> | 0.00001 | 4.7 | 0.0000546 | 0.0000546 |
| | <i>Sodium Hipoklorit</i> | 0.000001 | 12.5 | 0.0000182 | 0.0000182 |
| | Listrik (PLN) | 0.1 | 0.56 | 0.054 | 0.054 |
| | <i>Polybag</i> | 0.03 | 2.4 | 0.080 | 0.080 |
| | - Pupuk-N | 32 | 2.7 | 86.163 | 86.163 |
| | - Pupuk-P | 16 | 1.0 | 15.962 | 15.962 |
| | - Pupuk-K | 64 | 0.6 | 38.274 | 38.274 |
| | Pestisida | 1.6 | 11.0 | 17.537 | 17.537 |
| | Minyak solar | 9.5 | 3.1 | 29.326 | 29.326 |
| Air untuk boiler | 2.2 | | | | |
| OUTPUT | | | | | |
| Produksi / Hasil Samping | CPO | 1,000 | | | |
| | TKKS | 1,412 | | | |
| | Serat | 824 | | | |
| | Kernel | 353 | | | |
| Limbah Padat | Cangkang | 353 | | | |
| | Apkir (limbah Ampas) | 0.8 | | | |
| | Abu dari Boiler | 148 | | 0.000 | |
| (2) Emisi GRK Langsung ke Udara | N ₂ O sebagai Pupuk-N | 0.5 | 298 | 149.440 | 149.440 |
| | CO dari Boiler | 3.7 | | 0.000 | |
| | NO _x dari Boiler | 11.1 | | 0.000 | |
| | Partikel dari Boiler | 1.9 | | 0.000 | |
| | SO ₂ dari Boiler | 7.4 | | 0.000 | |
| Emisi ke Air | CH ₄ dari POME | 21.7 | 25 | 541.985 | |
| | POME | 2,409 | | 0.000 | (m ³ biogas/ton CPO) |
| (3) Kredit Daur Biogas | Estimasi Tangkapan | 2.4 | 19.6 | x | 47.213 |
| | Kredit dari Listrik Biogas ke jaringan listrik (PLN) | 80.262 | -0.56 | x | -44.947 |
| Total Emisi GRK (kg CO ₂ eq / ton CPO) | | | | 877 | 289 |

Hasil perhitungan LCA untuk memperoleh nilai emisi GRK dari CPO dengan memakai dua skenario, yaitu (1) tanpa mendaur biogas dan (2) dengan mendaur biogas POME seperti yang ditampilkan pada Tabel 4 di atas. Nilai emisi GRK skenario-1 tanpa mendaur biogas POME sebesar 877 kg CO₂eq / ton CPO. Sedangkan nilai emisi GRK pada skenario-2 dengan cara mendaur biogas POME sebesar 289 kg CO₂eq/ton CPO. Bisa disimpulkan bahwa dengan menangkap biogas POME, berarti telah mengurangi emisi GRK sebesar 67%.

Satu ton CPO dengan kadar FFA 10% mempunyai nilai kalor sebesar 36,8 MJ/kg. Apabila CPO dikonversi pada PLTD-CPO dengan efisiensi termal 40%, maka akan menghasilkan listrik sebesar 4.089 kWh. Artinya 1 ton CPO bisa menghasilkan listrik sebesar 4,089 MWh. Ditinjau dari sisi yang lain bahwa produksi 1 ton CPO menghasilkan emisi GRK sebesar 877 kg CO₂eq pada skenario pertama dan 289 kg CO₂ pada skenario kedua. Dengan mengabaikan dampak di luar proses pembangkitan

listrik serta karena adanya efisiensi termal 40%, maka PLTD CPO berpotensi menghasilkan emisi GRK sebesar 214 g CO_{2eq} / kWh pada skenario 1 tanpa mendaur biogas, dan emisi GRK sebesar 71 g CO_{2eq} / kWh pada skenario 2 dengan mendaur biogas POME.

Satu ton minyak diesel yang mempunyai nilai kalor 45,2 MJ/kg. Apabila minyak diesel tersebut dikonversi pada PLTD-Diesel dengan efisiensi termal 50%, maka akan menghasilkan listrik sebesar 6.278 kWh. Artinya 1 ton diesel bisa menghasilkan listrik sebesar 6,278 MWh. Ditinjau dari sisi lain, minyak diesel diketahui mempunyai faktor emisi sebesar 0,00048 kg antimony_{eq}/ MJ (Guinée, 2002) yang sama dengan 20,5 kg antimony_{eq}/ ton Diesel atau setara dengan 5.038 kg CO_{2eq} / ton Diesel. Maka PLTD-Diesel berpotensi menghasilkan emisi GRK sebesar 802 g CO_{2eq} / kWh.

Apabila kita menerapkan PLTD-CPO untuk menggantikan PLTD-Diesel, maka ada selisih faktor emisi sebesar 588 g CO_{2eq} / kWh. Sehingga apabila kita mengoperasikan PLTD kapasitas 1000 MW dengan bahan bakar CPO, maka bisa menekan emisi CO₂ sebesar 5 juta ton per tahun (untuk skenario pertama) dan 6,5 juta ton per tahun (untuk skenario ke dua).

Untuk diketahui, bahwa PLTD-CPO dengan efisiensi termal 40% mempunyai konsumsi bahan bakar CPO sekitar 245 g / kWh. Sedang untuk PLTD-Diesel dengan efisiensi termal 40% mempunyai konsumsi bahan bakar Diesel sekitar 211 g / kWh. Selanjutnya pembangkit listrik yang menggunakan biomasa mempunyai emisi faktor antara 20 - 200 g CO_{2eq} / kWh, untuk pembangkit listrik batubara emisi faktornya sekitar 900 g CO_{2eq} / kWh, sedang pembangkit listrik gas alam mempunyai emisi faktor sekitar 400 g CO_{2eq} / kWh, dan untuk saat ini bahwa emisi faktor kelistrikan di Indonesia sebesar 685 g CO_{2eq} / kWh.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari kajian ini adalah, bahwa PLTD-CPO berpotensi mempunyai emisi faktor GRK sebesar 214 g CO_{2eq} / kWh pada skenario-1 tanpa mendaur biogas POME, serta emisi faktor GRK sebesar 71 g CO_{2eq} / kWh pada skenario-2 dengan mendaur biogas limbah POME. Sedangkan pada PLTD-Diesel mempunyai emisi faktor GRK sebesar 802 g CO_{2eq} / kWh. Adanya selisih emisi faktor tersebut sangat berdampak apabila kita mengoperasikan PLTD kapasitas 1000 MW dengan bahan bakar CPO, maka bisa menekan emisi CO₂ sebesar 5 juta ton per tahun untuk skenario-1 dan 6,5 juta ton per tahun untuk skenario-2. Sehingga untuk menjaga ketahanan energi nasional yang mandiri dan berkesinambungan, bisa diterapkan penggunaan PLTD-CPO pada daerah yang isolated untuk meningkatkan elektrifikasi. Pembangunan secara masal PLTD-CPO sangat layak, apabila ditinjau dari kesiapan teknologi, ketersediaan CPO, serta dampak lingkungan yang positif.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016, *Statistik Perkebunan Kelapa Sawit 2014-2016*, Jakarta, Februari.
- Gheewala, Shabbir H., 2013, *Study on GHG Calculation for Thai Palm Oil Industry*, Office of Agricultural Economics, Bangkok.
- Guinée, Jeroen B., 2002, *Handbook on Life Cycle Assessment: Operasional guide to the ISO standards*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Hasoloan, Reisal Rimtahi, 2008, *Studi Pemanfaatan Minyak Kelapa Sawit (CPO) Sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel Genset*, Tesis, Program Studi Teknik Mesin, Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- MAN Diesel & Turbo's, 2015, *Green Power - Maximum benefit from liquid biofuels*.
- Pahan, Iyung, 2008, *Panduan Lengkap Kelapa Sawit, Managemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*, Jakarta, Penebar Swadaya.

- Pleanjai, Somporn, 2009, Full Chain Energy Analysis of Biodiesel Production from Palm Oil in Thailand, *Applied Energy*, Volume 86, Supplement 1, November, Pages S209-S214.
- PTPN V, 2013, *Data Tandan Buah Segar Olah di Pabrik Kelapa Sawit PTPN-V*.
- PT PLN, 2014, *Statistik PLN 2014*, Katalog dalam Penerbitan.
- PT PLN, 2015, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015-2024*.