

DAMPAK PENGURANGAN EMISI GAS RUMAH KACA PADA PEMANFAATAN POME UNTUK PEMBANGKIT

Agung Wijono

Balai Teknologi Bahan Bakar & Rekayasa Disain - Badan Pengkajian & Penerapan Teknologi
Gedung 480, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15314
E-mail: agung.wijono@gmail.com

ABSTRAK

Perkebunan kelapa sawit di seluruh Indonesia total mencapai sekitar 12,3 juta hektar, yang menghasilkan minyak kelapa sawit (CPO) sekitar 35,3 juta ton pada tahun 2017. Pada industri kelapa sawit menghasilkan limbah cair pabrik kelapa sawit atau POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang menghasilkan gas metan dan berpotensi besar memberi dampak emisi gas rumah kaca (GRK). Sebagai solusinya adalah dengan menangkap gas metan dari POME tersebut untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Dalam tulisan ini dilakukan kajian adanya potensi biogas dari POME yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk membangkitkan mesin genset maupun boiler, sekaligus dilakukan perhitungan dan analisa adanya pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) dengan memanfaatkan limbah POME tersebut. Metoda penelitian ini menggunakan data sekunder dari berbagai referensi terkait, dan melakukan kajian dampak lingkungan dari potensi emisi GRK yang dihasilkan limbah POME. Dalam kajian ini selain dihitung potensi energi yang dihasilkan juga dihitung potensi pengurangan emisi GRK yang dihasilkan, sehingga diketahui emisi faktor dari energi alternatif biogas tersebut. Hasil kajian ini diharapkan bisa mendorong pemanfaat energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Palm Oil Mill Effluent*, Emisi gas rumah kaca, Energi ramah lingkungan.

ABSTRACT

Oil palm plantations throughout Indonesia total about 12.3 million hectares, producing crude palm oil (CPO) of around 35.3 million tons in 2017. In the palm oil industry it produces palm oil mill effluent (POME) which produces methane gas and has the greatest potential to impact greenhouse gas (GHG) emissions. The solution is to capture the methane gas from the POME to be used as an alternative energy. This paper examines the potential of biogas from POME which can be utilized as alternative energy source to generate generator and boiler machine, as well as calculation and analysis of the reduction of GHG emission by utilizing POME waste. This research method uses secondary data from various related references, and conducts an environmental impact assessment of the potential GHG emissions generated by POME waste. In this study, besides being calculated, the potential energy generated also calculated the potential reduction of GHG emissions generated, so that known emission factor from the biogas alternative energy. The results of this study are expected to encourage the beneficiaries of environmentally friendly and sustainable alternative energy.

Keywords: *Palm Oil Mill Effluent, Greenhouse gas emissions, Green energy.*

PENDAHULUAN

Industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat dan merupakan yang terbesar di seluruh dunia. Pada tahun 2017 total luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia diperkirakan sekitar 12,3 juta hektar, produksi minyak kelapa sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) mencapai 35,3 juta ton per tahun (Ditjenbun, 2017).

Industri pabrik kelapa sawit (PKS) merupakan sumber limbah biomasa yang potensial mengingat limbah biomasa yang ada sudah terkumpul sehingga mengurangi biaya pengumpulan. Perkebunan kelapa sawit seluas

12,3 juta hektar atau sekitar 42 % dari total lahan perkebunan nasional pada tahun yang sama. Prosentase kandungan minyak kelapa sawit terhadap tandan buah segar (TBS) sekitar 24%, prosentasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap tandan buah segar sekitar 21%, dan potensi limbah cair pabrik kelapa sawit atau *palam oil mill effluent* (POME) sekitar 58,1% dari tandan buah segar. Komposisi 58,1% POME tersebut terdiri atas 27,9 % Condensate dan 30,2% Effluent.

Pabrik kelapa sawit menghasilkan sekitar 0,6 -1 m³ POME untuk setiap ton TBS yang diolah. POME yang baru dihasilkan

umumnya panas (suhu 60° - 80° C), bersifat asam (pH 3,4 – 4,6), larutan kental, berwarna kecoklatan dengan kandungan padatan, minyak dan lemak, *chemical oxygen demand* (COD), dan *biological oxygen demand* (BOD) yang tinggi. POME mengandung sejumlah besar nitrogen, fosfat, kalium, magnesium, dan kalsium. Namun demikian, operator pabrik harus melakukan pengolahan terlebih dahulu

pada POME sebelum digunakan di lahannya. Penggunaan langsung POME yang belum diolah pada lahan dapat mematikan vegetasi dan mengkontaminasi tanah. Balu mutu aplikasi POME pada lahan diatur dalam keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2003. Karakteristik POME dan baku mutu berdasarkan peraturan yang berlaku ditunjukkan dalam Tabel 1 di bawah..

Tabel 1. Parameter POME dan Baku Mutu

Parameter	Unit	POME Tanpa Diolah		Baku Mutu Sesuai Peraturan	
		Rentang	Rata-rata	Sungai	Aplikasi Lahan
BOD	mg/l	8.200 - 35.000	21.280	100	5.000
COD	mg/l	15.103 - 65.100	34.740	350	
TSS	mg/l	1.330 - 50.700	31.170	250	
Ammonia (NH ₃ -	mg/l	12 - 126	41	50	
Miyak dan	mg/l	190 - 14.720	3.075	25	
pH		3,3 - 4,6	4	6 - 9	6 - 9

POME akan memproduksi gas metan (CH₄) yang merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca (GRK) yang berdampak pada pemanasan global. Penangkapan metana dan pengubahan biogas menjadi energi menwarkan salah satu alternatif bagi industri PKS untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menghasilkan energi terbarukan.

Membuang POME langsung ke sungai atau ke lahan perkebunan adalah pelanggaran karena dapat menimbulkan akibat yang merugikan. Untuk itu Pemerintah Indonesia mengatur tingkat kandungan yang diperbolehkan dalam POME yang telah diolah untuk dibuang langsung ke sungai atau lahan perkebunan oleh pihak industry PKS.

Proses ekstraksi minyak tidak menggunakan bahan kimia, sehingga POME tidak beracun, namun dapat mencemari lingkungan karena dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut di dalam air. Untuk memenuhi standar peraturan, operator PKS harus mengolah POME sebelum dibuang ke perairan. Di Indonesia, hamper semua PKS menggunakan sistem kolam terbuka untuk mengolah POME, dengan pertimbangan keekonomian dan kemudahan pengoperasian. Dalam proses pengelolaan sistem kolam terbuka, POME dialirkan melalui serangkaian kolam dengan beberapa langkah pengolahan. Secara umum sistem ini terdiri dari empat jenis kolam: kolam lemak (*fat pit*), kolam

pendinginan (*cooling pond*), kolam anaerobic (*anaerobic pond*), dan kolam aerobic (*aerobic pond*). Kolam lemak digunakan untuk menumpulkan sisa-sisa minyak dan lemak pada POME. Minyak adalah produk utama dari PKS, sehingga operator pabrik akan mengutip minyak dari *fat pit* dan dialirkan kembali ke unit pengolahan CPO. Kolam pendinginan berfungsi untuk menurunkan suhu POME hingga mencapai kondis yang optimal untuk proses penguraian zat organik pada kolam anaerobic. Setelah pengolahan selesai di keempat kolam dan baku mutu terpenuhi, maka limbah cair dapat dialirkan ke sungai atau digunakan sebagai bahan pupuk kompos.

Meskipun sistem kolam ekonomis, namun sistem ini membutuhkan lahan yang lebih luas, memakan waktu, dan melepas gas metan langsung ke atmosfer dari penguraian zat organik yang terjadi di kolam anaerobik. Pelepasan gas metan dari sistem pengolahan POME terbuka ini menyumbang 70% dari total emisi gas rumah kaca dalam keseluruhan proses produksi CPO. Biogas dari POME ini terbentuk ketika mikroorganisme, khususnya bakteri, menurunkan kadar zat organik pada kondisi anaerob (tanpa oksigen). Biogas dari POME ini terdiri dari 50% sampai 75% gas metan (CH₄), 25% sampai 45% karbon dioksida (CO₂), dan sejumlah kecil gas lainnya. Komposisi biogas ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Komposisi Biogas

Unsur	Rumus	Konsentrasi (% Vol)
Metana	CH ₄	50 – 75
Karbon dioksida	CO ₂	25 – 45
Uap air	H ₂ O	2 – 7
Oksigen	O ₂	< 2
Nitrogen	N ₂	< 2
Hidrogen Sulfida	H ₂ S	< 2
Amonia	NH ₃	< 1
Hidrogen	H ₂	< 1

Biogas sekitar 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki temperature nyala antara 650° C sampai 750° C. Biogas merupakan gas yang tidak berbau dan tidak berwarna yang terbakar dengan bara biru yang serupa dengan *liquefied petroleum gas* (LPG). Biogas terbakar dengan efisiensi 60% dalam tungku biogas konvensional. Ia memiliki nilai kalori 20 MJ/Nm³. Volume biogas biasanya dinyatakan dalam satuan normal meter kubik (Nm³) yaitu volume gas pada suhu 0° C dan tekanan atmosfer.

Metana, komponen utama biogas, dapat terbakar dengan oksigen. Energi yang dilepaskan dari pembakaran menjadikan biogas berpotensi sebagai bahan bakar. Biogas bisa digunakan untuk berbagai tujuan pemanasan, mulai dari memasak hingga sebagai bahan bakar untuk mesin di industri. Di dalam *biogas engine*, biogas diubah kandungan energinya menjadi listrik dan panas. Biogas yang dikompresi dapat dijadikan bahan bakar untuk kendaraan bermotor melalui pembakaran di mesin, namun penggunaannya masih terbatas (Winrock, 2015).

Teknologi pengurai limbah cair POME secara anaerobik yang umum dipakai adalah: *Continuously Stirred Tank Reactor* (CSTR), Kolam Tertutup, Filter Anaerobik, *Fluidized and Expanded Beds*, *Up flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), *Expanded Granular Sludge Bed* (EGSB). Biogas yang dihasilkan bisa dipakai untuk bahan bakar burner/ boiler sehingga menggantikan sebagian penggunaan cangkang dan serat, kedua menghasilkan listrik dari genset untuk keperluan pabrik sehingga mengurangi biaya BBM, dan ketiga listrik yang dihasilkan bisa dijual ke jaringan PLN sehingga menambah pendapatan, dan yang

utama bisa menekan emisi GRK dari gas metan yang dihasilkan dari limbah POME. Selanjutnya kita bahas dampak pengurangan emisi GRK pada pemanfaatan POME untuk pembangkit.

METODE

Kajian ini adalah untuk mengetahui dampak pengurangan emisi GRK pada pemanfaatan limbah POME untuk pembangkit, serta mengetahui dampak lingkungan dari industri kelapa sawit yang menghasilkan limbah POME tersebut. Dalam kajian ini dihitung potensi energi dan potensi pengurangan emisi GRK yang dihasilkan, sehingga diketahui emisi faktor dari energi alternatif biogas tersebut. Metoda penelitian ini menggunakan data sekunder dari berbagai referensi terkait, serta menggunakan metoda *LCA Cradle to Gate* untuk pemanfaatan biogas POME sebagai energi alternatif. Kajian tidak spesifik lokasi tertentu, dan dengan asumsi. Untuk inventori data dipakai data sekunder dari PTPN IV, PPKS Medan, dan literatur. (Guinée, 2002), (Plenjai, 2009), (Pahan, 2008), (Gheewala, 2013), (PTPN V, 2013).

Metodologi kajian dampak emisi GRK dan lingkungan ini dilaksanakan dalam bentuk:

- Pengumpulan inventori data sekunder,
- Identifikasi data input dan output yang mengakibatkan dampak lingkungan,
- Perhitungan semua kategori dampak sesuai metoda LCA,
- Skenario tanpa menangkap biogas POME dan dengan menangkap biogas POME,
- Perhitungan emisi GRK dengan skenario pada pembangkit biogas POME,

- Potensi untuk bisa menekan emisi CO₂ dengan pemanfaatan biogas POME.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventori data dari perkebunan adalah data pembibitan, pemupukan, emisi lahan, produktifitas lahan, serta unsur hara dalam

pupuk. Data input-output perkebunan kelapa sawit ditampilkan pada Tabel 3.

Data input-output yang diperoleh dari PKS adalah merupakan pengolahan CPO dengan proses teknologi konvensional. Data input-output ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3. 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)	14-Dec kg			
K (dari potasium klorida)	31-35 kg			
Mg (dari kieserite 26% MgO)	9-Aug kg			
B	0.5-1 kg			
Air	1100-1400 m ³			
Herbisida				
Paraquat	0.1-0.2 kg			
<i>Glyphosate</i>	0.2-0.4 kg			
Diesel	0.33 liter			

Tabel 4. 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	9-Mar	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
			<i>Kernel</i>	0.26-0.38	ton
			Emisi		
			Partikel	3.9-8.7	kg
			NO ₂	1.7-3.1	kg
			CO	1.4-3.8	kg

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*.

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 pembangkit biogas POME), ditampilkan dalam Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Kajian Siklus Emisi GRK per Ton CPO - Dalam Dua Skenario

	Parameter	Total	Nilai	LC Emisi GRK (kg CO _{2eq} /ton CPO)	
				Skenario 1	Skenario 2
	LCI Produksi 1 ton TKKS	LCI Prod 1 ton TKKS (kg/L/unit)	Faktor Emisi GRK (kg CO ₂ /kg,L,kWh)	Tanpa Mendaur Biogas POME	Dengan Mendaur Biogas POME
INPUT					
(1) Emisi Produksi Dari Input	Benih	1.9			
	Thiram	0.00001	4.7	0.0000546	0.0000546
	Efron	0.00001	4.7	0.0000546	0.0000546
	Sodium Hipoklorit	0.000001	12.5	0.0000182	0.0000182
	Listrik (PLN)	0.1	0.56	0.054	0.054
	Polybag	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
	Diesel (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			
	Culling (limbah kecambah)	0.8			
	Decanter cake	148			
(2) Emisi GRK Langsung ke Udara	Abu dari Boiler	185		0.000	
	N ₂ O dr Pemakaian Pupuk N	0.5	298	149.440	149.440
	CO dari Boiler	3.7		0.000	
	NO _x dari Boiler	11.1		0.000	
	Particulates from 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 POME	Estimasi Daur Biogas	2.4	19.6	x	47.213
	Kredit dari Listrik Biogas ke jaringan listrik (PLN)	80.262	-0.56	x	-44.947
Total Life Cycle Emisi GRK (kg CO _{2eq} / ton TKKS)				877	289

Hasil yang diperoleh dalam 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 3 di atas. Nilai emisi GRK skenario-1 tanpa mendaur biogas POME sebesar 877 kg CO_{2eq} / ton CPO. Sedangkan nilai emisi GRK pada skenario-2 dengan cara mendaur biogas POME sebesar 289 kg CO_{2eq}/ton CPO. Dari

hasil perhitungan di atas bisa disimpulkan bahwa dengan menangkap biogas POME untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, maka berarti telah mengurangi potensi emisi GRK sebesar 67% di dalam kawasan industri kelapa sawit.

Selanjutnya hasil perhitungan berdasar dari neraca *mass balance* dan data statistik industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia, maka diperoleh Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Potensi POME dan Biomasa di Industri Kelapa Sawit

INPUT - PABRIK KELAPA SAWIT		
BAHAN BAKU		
TBS (FFB)	145.833.333 tons	12 juta ha
Steam & Water	42.145.833 tons	9,1 juta ha (mature)
OUTPUT - PABRIK KELAPA SAWIT		
PRODUK		
CPO	35.000.000 tons	
PKO	3.354.167 tons	
BIOMASA		Nilai Kalor
Cangkang (Shell)	9.333.333 tons	20,093 MJ/ton
TKKS (EFB)	30.625.000 tons	18,795 MJ/ton
Serat (Fiber)	21.000.000 tons	19,055 MJ/ton
PKM	3.937.500 tons	
Pelepah	94.640.000 tons	15,719 MJ/ton
POME		
Effluent & Condensate	84.729.167 tons	1ton CPO = 3,86m3 POME
(Setara volume POME)	135.100.000 (m3)	1m3 POME = 21,8m3 Biogas
(Setara produksi Biogas)	2.945.180.000 (m3)	23,3 MJ/m3
REPLANTING		
BIOMASA		Nilai Kalor
Pelepah	14,47 ton/ha	15,719 MJ/ton
Batang	74,48 ton/ha	17,471 MJ/ton

Pabrik Kelapa Sawit menghasilkan limbah POME yang berpotensi memproduksi biogas, dimana 65% merupakan gas metan CH₄ yang menimbulkan dampak buruk pada lingkungan. Limbah POME perlu dikelola dengan cara menangkap gas yang dihasilkan tersebut untuk dimanfaatkan energinya, yaitu bisa dengan cara langsung untuk pembakaran di boiler atau digunakan sebagai bahan bakar pembangkit generator listrik.

Berdasarkan informasi dari Tabel 6 diketahui bahwa produksi CPO di Indonesia pada tahun 2017 diperkirakan sebesar 35 juta ton per tahun, yang akan menghasilkan limbah POME sekitar 85 juta ton setara dengan 135 juta m³ yang akan menghasilkan biogas 2.945 juta m³. Apabila nilai kalor biogas 23,3 MJ/m³ maka mempunyai potensi energi sebesar 68.622 juta MJ atau setara dengan 19 juta MWh. Apabila energi tersebut dipakai untuk pembangkitan yang beroperasi selama 345 hari per tahun, maka setara dengan 2.300 MWt (termal). Apabila pembangkitan PLTBg mempunyai efisiensi konversi sebesar 35%, maka berpotensi membangkitkan PLTBg dengan kapasitas 806 MWe ((elektrik).

Pada PKS kapasitas 45 ton TBS per jam, yang beroperasi 20 jam per hari dan 330 hari

per tahun, berpotensi membangkitkan PLTBg kapasitas 1,6 MWe. Sedangkan pada PKS kapasitas 60 ton TBS per jam, berpotensi membangkitkan PLTBg kapasitas 2,1 MWe.

Dengan asumsi setiap produksi 1ton CPO menghasilkan 3,86 m³ POME, dan 1 m³ POME menghasilkan 21,8 m³ biogas. Atau setiap produksi 1 ton CPO menghasilkan emisi gas metan CH₄ sebesar 34,4 kg, dan emisi faktor gas metan dari POME sebesar 9 kg CH₄ per m³ POME (Gheewala, 2012).

Maka produksi CPO sebesar 35 juta ton per tahun berpotensi menghasilkan limbah POME 135 juta m³ POME per tahun, atau 1.215 juta kg gas metan CH₄ per tahun, yang setara dengan menghasilkan emisi GRK sebesar 18.970 juta (kg CO₂eq) per tahun. Jadi untuk CPO mempunyai faktor emisi GRK sebesar 542 (kg CO₂eq/ton CPO), dan untuk limbah POME mempunyai faktor emisi GRK sebesar 140 (kg CO₂eq/m³ POME).

Setelah dilakukan perhitungan dan pengolahan data dengan memakai metoda LCA sehingga diperoleh hasil sebagai berikut Kontribusi kategori dampak di Pabrik Kelapa Sawit ditunjukkan pada Tabel 7. Sedangkan sumber dampak perubahan iklim di Pabrik Kelapa Sawit ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 7. Kontribusi Kategori Dampak di Pabrik Kelapa Sawit

Dampak di Pabrik Kelapa Sawit	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	4,98E-05	0,69
Perubahan Iklim	5,43E-03	75,50
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	4,03E-06	0,06
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	0,00E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	0,00E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terrestrial	0,00E+00	-
Pembentukan Photo-Oxidant	7,19E-04	9,99
Pengasaman/ Acidification	3,92E-04	5,44
Eutrophication	5,98E-04	8,32
Total di Pabrik Kelapa Sawit	7,20E-03	100,00

Tabel 8. Kontribusi Kategori Dampak di Pabrik Kelapa Sawit

Tahun	Pabrik Kelapa Sawit					
	Emisi			Perubahan Iklim (kg CO2 eq)	Normalized Impact	Normal Impct (%)
	CO2	CH4	N2O			
	(kg)	(kg)	(kg)			
2000	322,436,150	15,271,209	681,358	8.544E+08	2.21E-05	0.41%
2001	335,574,249	15,893,455	709,121	8.892E+08	2.30E-05	0.42%
2002	352,809,716	16,709,761	745,542	9.348E+08	2.42E-05	0.45%
2003	390,465,661	18,493,220	825,115	1.035E+09	2.68E-05	0.49%
2004	444,710,494	21,062,362	939,743	1.178E+09	3.05E-05	0.56%
2005	1,118,373,863	52,968,382	2,363,299	2.963E+09	7.68E-05	1.41%
2006	1,215,164,706	57,552,586	2,567,833	3.220E+09	8.34E-05	1.54%
2007	1,312,611,205	62,167,844	2,773,752	3.478E+09	9.01E-05	1.66%
2008	1,410,130,440	66,786,546	2,979,826	3.736E+09	9.68E-05	1.78%
2009	1,507,910,367	71,417,595	3,186,450	3.995E+09	1.04E-04	1.91%
2010	1,606,174,086	76,071,558	3,394,097	4.256E+09	1.10E-04	2.03%
2011	2,557,744,277	121,139,790	5,404,913	6.777E+09	1.76E-04	3.23%
2012	2,707,688,844	128,241,459	5,721,769	7.175E+09	1.86E-04	3.42%
2013	2,859,467,909	135,430,014	6,042,502	7.577E+09	1.96E-04	3.61%
2014	3,013,449,145	142,722,867	6,367,888	7.985E+09	2.07E-04	3.81%
2015	3,169,989,217	150,136,913	6,698,682	8.399E+09	2.18E-04	4.01%
2016	4,439,246,073	210,251,409	9,380,820	1.176E+10	3.05E-04	5.61%
2017	4,656,158,975	220,524,830	9,839,191	1.234E+10	3.20E-04	5.88%
2018	4,877,822,776	231,023,263	10,307,601	1.292E+10	3.35E-04	6.16%
2019	5,104,656,388	241,766,548	10,786,936	1.353E+10	3.50E-04	6.45%
2020	5,337,068,162	252,774,026	11,278,058	1.414E+10	3.66E-04	6.74%
2021	5,575,458,470	264,064,659	11,781,814	1.477E+10	3.83E-04	7.05%
2022	5,820,219,960	275,657,043	12,299,033	1.542E+10	4.00E-04	7.35%
2023	6,071,742,187	287,569,630	12,830,539	1.609E+10	4.17E-04	7.67%
2024	6,330,410,591	299,820,673	13,377,146	1.677E+10	4.35E-04	8.00%
2025	6,596,611,124	312,428,453	13,939,669	1.748E+10	4.53E-04	8.34%
Total	79,134,095,034	3,747,946,096	167,222,696	2.097E+11	5.43E-03	100.00%

Tiga dampak terbesar di Pabrik Kelapa Sawit adalah pada kategori perubahan iklim, pembentukan *photo-oxidant*, *eutrophication*.

Pertama, penyebab utama dampak perubahan iklim di PKS adalah adanya emisi CO₂, CH₄, dan NO₂. Air limbah produksi CPO atau *Palm Oil Mill Effluent (POME)* berpotensi memproduksi biogas yang diantaranya berupa gas metan CH₄, dan

selanjutnya menimbulkan emisi CO₂. Sedangkan emisi NO₂ berasal dari selama proses produksi CPO itu sendiri.

Kedua, penyebab utama dampak pembentukan *photo-oxidant* di PKS adalah adanya emisi CO, CH₄, dan NO₂. POME memproduksi biogas yang diantaranya berupa gas metan CH₄. Sedangkan emisi CO dan N₂O

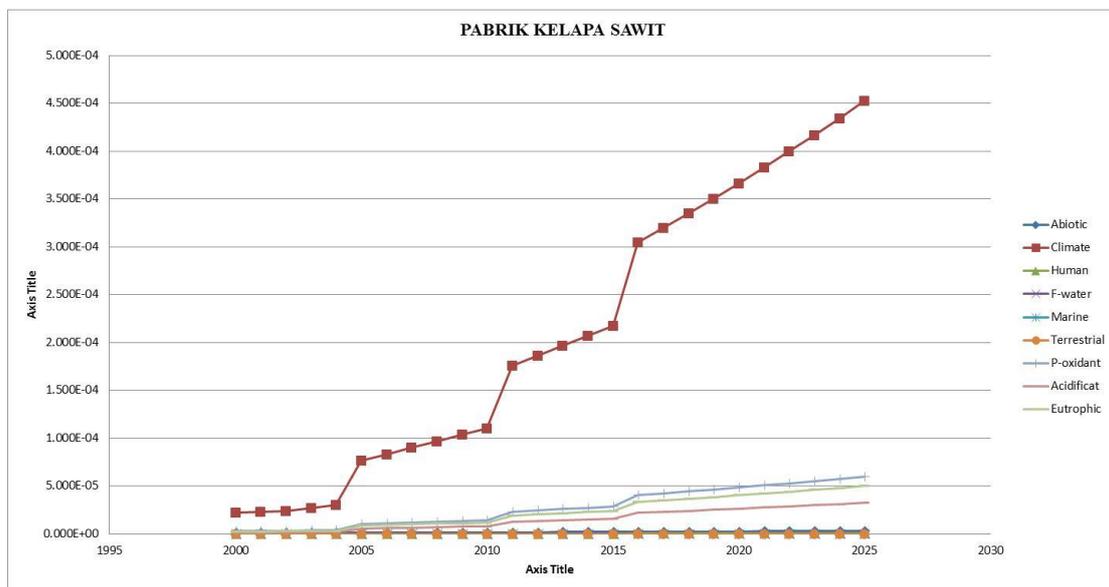
berasal dari emisi selama proses produksi berlangsung di PKS itu sendiri.

Ketiga, penyebab utama dampak *eutrophication* di PKS adalah adanya emisi P_2O_5 dan NO_2 . Emisi P_2O_5 berasal dari unsur P (fosfor) yang ada dalam tandan kosong (EFB). Sedangkan emisi N_2O berasal dari proses produksi PKS.

Dampak yang ada pada proses di PKS yang tampak sangat signifikan adalah emisi gas metan CH_4 sebagai bagian produk biogas

dari POME. Total dampak emisi gas metan di PKS hampir empat kali lipat dampak di perkebunan kelapa sawit. Potensi ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi biomasa yang terbarukan sekaligus untuk mengatasi dampak lingkungan.

Selanjutnya pada Gambar 1 di bawah ini menunjukkan grafik rekapitulasi dampak selama perioda 25 tahun (2000 – 2025) di Pabrik Kelapa Sawit.



Gambar 1. Grafik Rekapitulasi Dampak Di Pabrik Kelapa Sawit

Dari simulasi LCA untuk industri kelapa sawit menunjukkan bahwa dampak emisi GRK pada Pabrik Kelapa Sawit ditimbulkan adanya emisi gas metan yang sangat dominan dari limbah POME yang dihasilkan PKS. Dampak yang lainnya tidak begitu signifikan. Simulasi menunjukkan bahwa peningkatan emisi linear dengan peningkatan produksi CPO. Dengan demikian sangat bijak apabila seluruh PKS harus memanfaatkan limbah POME sebagai energi alternatif dengan cara menangkap gas metan CH_4 yang dihasilkannya, untuk menekan emisi GRK di lingkungan.

SIMPULAN DAN SARAN

Tiga dampak yang signifikan pada Pabrik Kelapa Sawit adalah Perubahan Iklim, *Eutrophication*, dan *Photo-Oxidant*.

Dampak Perubahan Iklim adalah emisi CO_2 , CH_4 dan NO_2 akibat dari limbah POME dan NO_2 akibat dari proses produksi CPO itu sendiri. Dampak *Eutrophication* adalah emisi P_2O_5 dan NO_2 . Emisi P_2O_5 berasal dari unsur P

dalam tandan kosong (EFB) dan NO_2 dari proses produksi CPO. Dampak *Photo-Oxidant* adalah emisi CO , CH_4 dan NO_2 yang berasal dari limbah POME serta proses produksi CPO.

Nilai emisi GRK skenario-1 tanpa mendaur biogas POME sebesar 877 kg CO_{2eq} /ton CPO. Sedangkan nilai emisi GRK pada skenario-2 dengan cara mendaur biogas POME sebesar 289 kg CO_{2eq} /ton CPO. Dengan menangkap biogas POME untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, maka berarti telah mengurangi potensi emisi GRK sebesar 67% dalam kawasan industri kelapa sawit.

Potensi produksi CPO di Indonesia pada tahun 2017 diperkirakan sebesar 35 juta ton per tahun, apabila dipakai untuk pembangkitan PLTBg maka berpotensi membangkitkan PLTBg dengan kapasitas 806 MWe ((elektrik).

Pada PKS kapasitas 45 ton TBS per jam, berpotensi membangkitkan PLTBg kapasitas 1,6 MWe. Sedangkan pada PKS kapasitas 60

ton TBS per jam, berpotensi membangkitkan PLTBg kapasitas 2,1 MWe.

Produksi CPO sebesar 35 juta ton per tahun berpotensi menghasilkan limbah POME 135 juta m³ POME per tahun, atau 1.215 juta kg gas metan CH₄ per tahun, yang setara dengan menghasilkan emisi GRK sebesar 18.970 juta (kg CO₂eq) per tahun.

CPO mempunyai faktor emisi GRK sebesar 542 (kg CO₂eq/ton CPO), dan untuk limbah POME mempunyai faktor emisi GRK sebesar 140 (kg CO₂eq/m³ POME).

DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen Perkebunan Kementan, 2017, *Statistik Perkebunan Kelapa Sawit 2015-2017*, Jakarta, Januari.
- 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: Operational guide to the ISO standards*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Pahan, Iyung, 2008, *Panduan Lengkap Kelapa Sawit, Manajemen 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*.
- Winrock International, 2015, *Konversi POME Menjadi Biogas*.