

KAJIAN LINGKUNGAN DAN PEMETAAN POTENSI SAWIT SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

Agung Wijono

Balai Rekayasa Disain dan Sistem Teknologi – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gedung 480, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15314 Telp. 021-7563213
E-mail: agung.wijono@gmail.com

Abstrak

Industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat dan merupakan yang terbesar di seluruh dunia. Total luas area perkebunan kelapa sawit sekitar 9 (sembilan) juta hektar, dan produksi crude palm oil (CPO) mencapai 25 (dua puluh lima) juta ton per tahun. Namun beberapa tahun terakhir ini industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah menjadi sorotan negara Uni Eropa dan Amerika Serikat karena alasan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Maka perlu dilakukan kajian dampak lingkungan industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia dengan metoda life cycle assessment (LCA), untuk memastikan sebagai industri yang ramah lingkungan sekaligus bisa meningkatkan produktivitasnya. Kemudian juga perlu dilakukan identifikasi serta pemetaan seluruh potensi biomasa kelapa sawit yang ada di industri perkebunan kelapa sawit untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang terbarukan dan berkelanjutan. Hasil dari kajian lingkungan didapat sembilan kategori dampak yang terukur dan teridentifikasi juga potensi sumber-sumber penyebabnya. Hasil dari pemetaan potensi sumber energi biomasa di perkebunan kelapa sawit telah teridentifikasi dan dihitung untuk masing-masing potensi jenis sumber energi yang akan dihasilkannya. Pemilihan jenis teknologi yang tepat, kalkulasi didapatkannya kelayakan ekonomi, serta pengaruh faktor sosial budaya merupakan suatu kebutuhan data yang harus diolah dan dianalisa lebih lanjut. Sehingga tinjauan yang terintegrasi dari aspek lingkungan, sumberdaya, teknologi, ekonomi, dan sosial budaya harus dilakukan untuk mendapatkan nilai tambah dalam rancangan dan optimasi industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang mandiri dan berdaya saing tinggi.

Kata kunci: Energi biomasa, LCA, perkebunan sawit, nilai tambah, terbarukan, berkelanjutan

Pendahuluan

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (Environmental Protection Agency/EPA) awal tahun 2012 menerapkan Notice of Data Availability (NODA). Dalam Ketentuan tersebut EPA menerapkan standar emisi CPO untuk Biodiesel sebesar 20%. Sedangkan emisi CPO Indonesia dinilai baru 17 % sehingga belum memenuhi standar emisi negara tersebut. Pemerintah AS memberikan kesempatan kepada Indonesia sebagai eksportir CPO terbesar dunia untuk memberikan penjelasan (notifikasi) hingga 28 Maret 2012. Selain AS, Uni Eropa sudah lebih dulu menerapkan standar emisi untuk CPO sebesar 35 %, sedangkan CPO Indonesia dinilai baru mencapai 19%.

Agar bisa meningkatkan pasar ditengah kampanye negative, kita harus melakukan langkah-langkah strategis dalam menjawab tantangan tersebut. Untuk mengantisipasi hal tersebut Kementerian Pertanian telah menetapkan satu kebijakan baru di bidang perkelapasawitan dengan menerbitkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 19/Permentan/OT.140/3/2011 tanggal 29 Maret 2011 tentang Pedoman Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia atau *Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO). Peraturan Menteri tersebut bersifat *mandatory* (wajib) dan mengatur persyaratan ISPO yang harus diterapkan oleh perusahaan perkebunan kelapa sawit, sedangkan ISPO untuk perkebunan kelapa sawit rakyat (plasma dan swadaya) selanjutnya akan diatur kemudian.

Industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat dan merupakan yang terbesar di seluruh dunia. Diperoleh dari statistik Ditjenbun Pertanian, bahwa pada tahun 2012 total luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia sekitar 9 (sembilan) juta hektar, produksi *crude palm oil* (CPO) mencapai 25 (dua puluh lima) juta ton per tahun. Namun beberapa tahun terakhir ini industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah menjadi sorotan negara-negara Uni Eropa dan Amerika karena alasan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Maka diperlukan kajian dampak lingkungan industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia dengan metoda *life cycle assessment* (LCA), untuk memastikan sebagai industri yang ramah lingkungan sekaligus bisa meningkatkan produktivitasnya. Identifikasi dan pemetaan seluruh potensi industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan guna mewujudkan kemandirian dan ketahanan energi nasional. Tinjauan

yang terintegrasi dari segi lingkungan, teknologi, ekonomi dan sosial budaya harus dilakukan untuk mendapatkan suatu strategi industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang berdaya saing tinggi dan berkelanjutan.

Ruang Lingkup dan Metoda Penelitian

Kajian dampak lingkungan yang dilakukan adalah memakai metoda *Life Cycle Assessment (LCA) Cradle to Gate*, yaitu kajian yang dimulai dari pembukaan lahan, pembibitan, perawatan dan operasional perkebunan, sampai dengan produksi CPO yang digunakan sebagai bahan baku industri hilir kelapa sawit. Kontribusi dampak lingkungan dari rantai pasok industri kelapa sawit tersebut dibatasi pada siklus unit bisnis:

- Pembukaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit,
- Pengelolaan perkebunan kelapa sawit,
- Transport tandan buah segar (TBS) ke pabrik kelapa sawit
- Pabrik pengolah kelapa sawit (*Palm Oil Mill*).

Kajian tersebut sekaligus dalam rangka mengusahakan industri perkebunan kelapa sawit sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang berkelanjutan sebagai solusi alternatif dalam permasalahan krisis energi nasional. Sekaligus untuk menangkal semua isu negatif tentang industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Untuk itu dilakukan identifikasi serta pemetaan seluruh potensi biomasa kelapa sawit yang ada di industri perkebunan kelapa sawit untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang terbarukan dan berkelanjutan sebagai bagian untuk mewujudkan terciptanya kemandirian energi nasional.

Tujuan Penelitian

1. Diketahuinya dampak lingkungan siklus hidup industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang terintegrasi.
2. Didapatkannya peluang untuk mengurangi dampak lingkungan dalam siklus hidup dari industri perkebunan kelapa sawit.
3. Didapatkannya identifikasi dan pemetaan potensi di industri perkebunan kelapa sawit untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.
4. Diperolehnya rancangan dan optimasi industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang berdaya saing tinggi dan berkelanjutan.

Ruang Lingkup Penelitian

1. Pendefinisian rantai pasok siklus hidup industri perkebunan kelapa sawit yang dimulai dari pembukaan lahan perkebunan kelapa sawit, pembibitan kelapa sawit, pemeliharaan pohon kelapa sawit, operasional perkebunan dan panen tandan buah segar kelapa sawit, pengolahan tandan buah segar kelapa sawit menjadi *crude palm oil (CPO)*, serta menggunakan asumsi siklus hidup tanaman kelapa sawit selama 25 tahun.
2. Asumsi inventory data input/ output: Hanya proses utama saja, seperti kebutuhan bahan baku/ energi, hasil produk, dan produk sampingan.
3. Sumber sekunder dari journal/ buku/ publikasi/ lapangan, selanjutnya diambil yang paling sesuai dengan kondisi di Indonesia (melalui verifikasi dan konsultasi).
4. Dilakukan identifikasi dan pemetaan potensi di industri perkebunan kelapa sawit untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.
5. Dilakukan perhitungan dan pengolahan data pada potensi biomasa kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan.
6. Dilakukan tinjauan yang terintegrasi untuk mendapatkan nilai tambah dalam rancangan dan optimasi industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang berdaya saing tinggi serta yang mendukung kemandirian energi nasional yang berkelanjutan

Metodologi Penelitian

Life Cycle Assessment (LCA) dikenal sebagai suatu metode analisis aspek lingkungan dan kemungkinan dampak lingkungan yang berhubungan dengan sebuah produk, proses, atau jasa. Metoda LCA inilah yang hendak dipakai dalam menganalisa dampak lingkungan Industri Biodiesel Kelapa Sawit mulai dari pembukaan lahan perkebunan kelapa sawit (*cradle*) sampai dengan emisi yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor yang berbahan bakar biodiesel (*wheel*).

Metodologi dalam LCA terdiri atas empat fase utama:

- Pendefinisian Tujuan dan Lingkup
- Analisis Inventori
- Pengukuran Dampak

- Interpretasi

Hasil dan Pembahasan

Data sekunder diperoleh dari beberapa industri perkebunan kelapa sawit dengan melakukan verifikasi data di lapangan serta merujuk juga ke beberapa jurnal dan buku yang terkait dengan industri perkebunan kelapa sawit. Setelah dilakukan pengolahan data dengan memakai metoda *life cycle assessment* diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Kontribusi Kategori Dampak di Perkebunan Kelapa Sawit

Dampak di Perkebunan Kelapa Sawit	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	1,15E-05	0,03
Perubahan Iklim	2,28E-02	53,75
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	4,29E-06	0,01
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	2,05E-05	0,05
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	2,48E-10	0,00
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terestrial	1,62E-05	0,04
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	5,45E-03	12,83
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	4,15E-04	0,98
<i>Eutrophication</i>	1,37E-02	32,31
Total di Perkebunan	4,25E-02	100,00

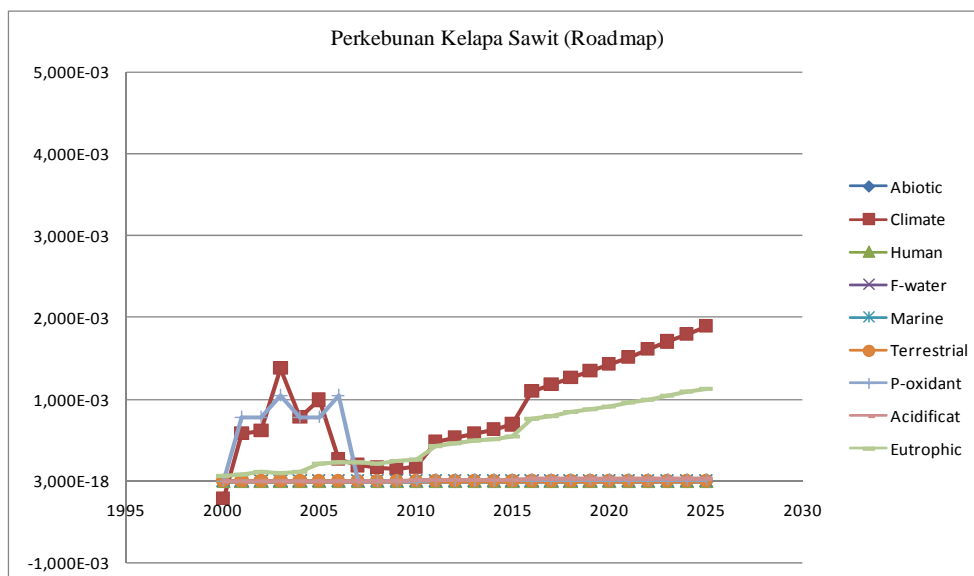
Tiga dampak terbesar di industri perkebunan kelapa sawit adalah pada kategori dampak perubahan iklim, *eutrophication* dan pembentukan *photo-oxidant*.

Tabel 2. Sumber Dampak Perubahan Iklim di Perkebunan Kelapa Sawit

Tahun	Perkebunan Kelapa Sawit					
	Emisi			Climate Change (kg CO ₂ eq)	Normalized Impact	Normal Impct (%)
	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)			
2000	(8,480,000,000)	-	789,114	-8.24E+09	-2.13E-04	-0.93%
2001	21,292,000,000	42,750,000	1,017,047	2.25E+10	5.83E-04	2.55%
2002	22,564,000,000	42,750,000	1,272,752	2.39E+10	6.18E-04	2.71%
2003	51,435,943,452	61,429,897	1,047,325	5.31E+10	1.37E-03	6.02%
2004	29,006,240,055	47,795,314	975,500	3.03E+10	7.85E-04	3.44%
2005	36,236,342,848	55,438,136	2,171,636	3.81E+10	9.86E-04	4.32%
2006	7,980,927,684	70,786,244	2,281,619	1.02E+10	2.64E-04	1.16%
2007	6,456,327,690	14,891,790	2,214,177	7.46E+09	1.93E-04	0.85%
2008	5,587,631,207	15,998,162	2,144,000	6.59E+09	1.71E-04	0.75%
2009	4,681,580,470	17,107,491	2,526,241	5.82E+09	1.51E-04	0.66%
2010	5,393,519,652	18,222,310	2,977,233	6.70E+09	1.74E-04	0.76%
2011	16,124,435,862	29,018,030	5,468,967	1.84E+10	4.77E-04	2.09%
2012	17,825,957,200	30,719,176	6,115,558	2.04E+10	5.28E-04	2.31%
2013	19,615,483,320	32,441,134	6,586,552	2.23E+10	5.79E-04	2.54%
2014	21,429,998,943	34,188,077	7,062,809	2.43E+10	6.31E-04	2.76%
2015	23,475,113,887	35,964,050	7,473,187	2.65E+10	6.88E-04	3.01%
2016	38,214,158,275	50,363,978	10,400,669	4.25E+10	1.10E-03	4.82%
2017	41,145,926,617	52,824,891	10,775,429	4.56E+10	1.18E-03	5.18%
2018	44,064,419,105	55,339,703	11,197,537	4.87E+10	1.26E-03	5.53%
2019	47,041,576,885	57,913,168	11,632,033	5.19E+10	1.34E-03	5.89%
2020	50,082,033,809	60,549,917	12,043,846	5.51E+10	1.43E-03	6.25%
2021	53,257,520,659	63,254,495	12,613,979	5.85E+10	1.52E-03	6.64%
2022	56,572,493,063	66,031,354	13,199,326	6.21E+10	1.61E-03	7.04%
2023	59,964,184,090	68,884,915	13,800,856	6.57E+10	1.70E-03	7.46%
2024	63,436,967,559	71,819,551	14,419,480	6.94E+10	1.80E-03	7.88%
2025	66,928,035,634	74,839,640	15,056,111	7.32E+10	1.90E-03	8.31%
Total	801,332,817,967	1,171,321,422	177,262,981	8.81E+11	2.28E-02	100.00%

Pertama, penyebab utama dampak perubahan iklim (sangat signifikan) di perkebunan adalah adanya emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. Emisi tersebut awalnya dihasilkan akibat dari adanya pembakaran lahan hutan/ gambut (emisi CO₂, CH₄) pada saat pembukaan lahan perkebunan sawit pada 6 tahun pertama. Emisi tersebut diimbangi dengan absorpsi CO₂ dari lahan yang belum dibuka dan pada kebun kelapa sawit yang sudah menghasilkan. Namun kembali

melonjak akibat pemakaian pupuk yang mengandung N (emisi N₂O) pemakaian lahan gambut untuk perkebunan (emisi CO₂, CH₄) serta adanya pembakaran diesel untuk kegiatan transportasi di perkebunan (emisi CO₂).



Gambar 1. Grafik Rekapitulasi Dampak di Perkebunan Kelapa Sawit

Kedua, penyebab utama pada dampak *eutrophication* (signifikan) di perkebunan adalah adanya emisi NO₂, NH₄, P, dan P₂O₅. Pupuk N (amonium sulfat) menimbulkan emisi NH₄ dan NO₂. Pupuk Glyphosate menimbulkan emisi fosforus (P), dan pupuk P (ground rock phosphate) menimbulkan emisi fosfor oksida (P₂O₅). Pupuk P, pupuk N, dan pupuk glyphosat yang dipakai pada perkebunan sangat besar pengaruhnya pada dampak *eutrophication*.

Ketiga, penyebab utama pada dampak *photo-oxidant* (signifikan) adalah dari emisi CO, CH₄, dan NO₂. Emisi CO dan CH₄ dihasilkan saat pembukaan lahan dengan pembakaran yang puncaknya terjadi pada tahun 2003 dan 2006 (40.000 ha). Sedangkan emisi NO₂ dihasilkan dari pupuk N (amonium sulfat).

Jadi faktor utama penyebab dampak di perkebunan adalah adanya pembakaran hutan/ gambut untuk membuka lahan baru, serta pengaruh dari besarnya pemupukan selama perawatan lahan produktif perkebunan. Pernyataan tersebut di atas adalah berdasarkan peningkatan emisi CO₂ pada awal-awal pembukaan lahan terutama pada lahan gambut yang berdampak menimbulkan emisi gas buang karbon yang sangat tinggi, serta adanya peningkatan CO₂ yang sebanding dengan peningkatan kebutuhan penggunaan pupuk kimia sesuai dengan laju pertumbuhan di perkebunan kelapa sawit. Peran teknologi di dalam hal pemupukan dan pembukaan/ pengelolaan lahan diharapkan bisa mengatasi dampak lingkungan tersebut.

Tabel 3. Kontribusi Kategori Dampak di Palm Oil Mill

Dampak di Perkebunan	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 Palm Oil Mill	7,20E-03	100,00

Tiga dampak terbesar di industri perkebunan kelapa sawit adalah pada kategori perubahan iklim, pembentukan *photo-oxidant*, *eutrophication*.

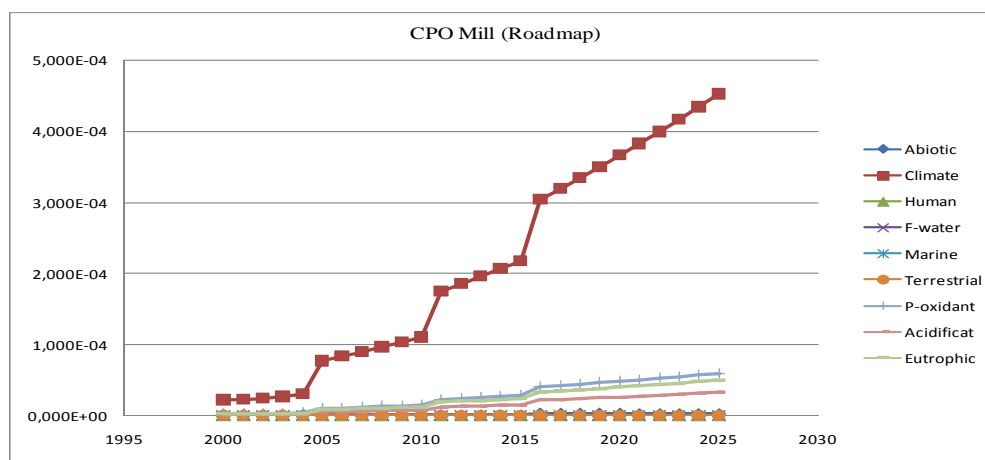
Pertama, penyebab utama dampak perubahan iklim di *Palm Oil Mill* adalah adanya emisi CO₂, CH₄, dan NO₂. Air limbah produksi CPO atau *Palm Oil Mill Effluent (POME)* berpotensi memproduksi biogas yang diantaranya berupa gas metan CH₄, dan selanjutnya menimbulkan emisi CO₂. Sedangkan emisi NO₂ berasal dari selama proses produksi CPO itu sendiri.

Tabel 4. Sumber Dampak Perubahan Iklim di *Palm Oil Mill*

Tahun	Palm Oil Mill					
	Emisi			Climate Change (kg CO2 eq)	Normalized Impact	Normal Impct (%)
	CO2 (kg)	CH4 (kg)	N2O (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%

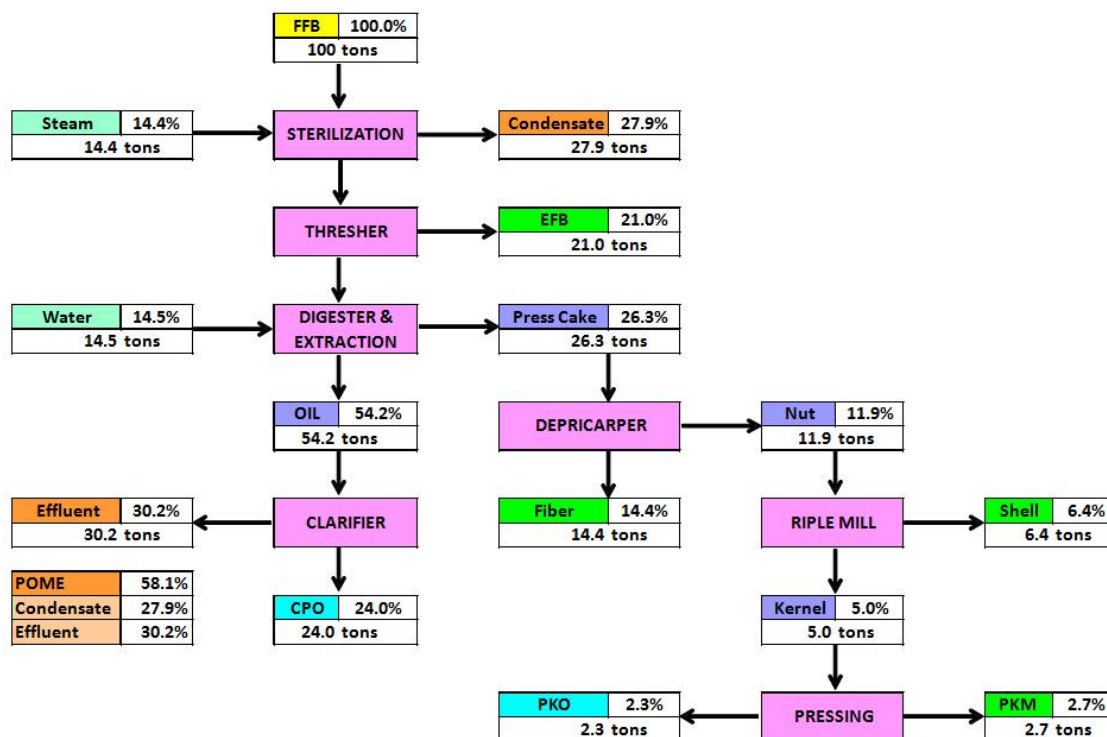
Kedua, penyebab utama dampak pembentukan *photo-oxidant* di *Palm Oil Mill* adalah adanya emisi CO, CH₄, dan NO₂. Air limbah CPO atau *Palm Oil Mill Effluent (POME)* memproduksi biogas yang diantaranya berupa gas metan CH₄. Sedangkan emisi CO dan N₂O berasal dari selama proses produksi *Palm Oil Mill* itu sendiri.

Ketiga, penyebab utama dampak *eutrophication* di *Palm Oil Mill* adalah adanya emisi P₂O₅ dan NO₂. Emisi P₂O₅ berasal dari unsur P (fosfor) yang ada dalam tandan kosong (EFB). Sedangkan emisi N₂O berasal dari proses produksi *Palm Oil Mill*.



Gambar 2. Grafik Rekapitulasi Dampak di *Palm Oil Mill*

Dampak yang ada pada proses di *Palm Oil Mill* yang tampak sangat signifikan adalah emisi gas metan CH₄ sebagai bagian produk biogas dari air limbah CPO atau *Palm Oil Mill Effluent (POME)*. Total dampak emisi gas metan di *Palm Oil Mill* hampir empat kali lipat dampak di perkebunan kelapa sawit. Potensi ini bias dimanfaatkan sebagai sumber energi biomasa yang terbarukan sekaligus untuk mengatasi dampak lingkungan.



Gambar 3. Mass Balance - Palm Oil Mill

Tabel 5. Potensi Biomasa di Industri Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia

INPUT OF PALM OIL MILL		
BAHAN BAKU		
TBS (FFB)	104.166.667 tons	6,5 juta ha (mature)
Steam & Water	30.104.167 tons	
OUTPUT OF PALM OIL MILL		
PRODUK		
CPO	25.000.000 tons	
PKO	2.395.833 tons	
BIOMASA		
Nilai Kalor		
Cangkang (Shell)	6.666.667 tons	20,093 MJ/ton
TKKS (EFB)	21.875.000 tons	18,795 MJ/ton
Serat (Fiber)	15.000.000 tons	19,055 MJ/ton
PKM	2.812.500 tons	
Pelepah	67.600.000 tons	15,719 MJ/ton
POME		
Effluent & Condensate	60.520.833 tons	1ton CPO = 3,86m3 POME
(Setara volume POME)	96.500.000 (m3)	1m3 POME = 21,8m3 Biogas
(Setara produksi Biogas)	2.103.700.000 (m3)	23,3 MJ/m3
REPLANTING		
Nilai Kalor		
Pelepah	14,47 ton/ha	15,719 MJ/ton
Batang	74,48 ton/ha	17,471 MJ/ton

Hasil identifikasi dari data sekunder tentang potensi biomasa dari industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang diklarifikasi di lapangan maka diperoleh hasil sebagai berikut (gambar 3). Dan hasil perhitungan yang berdasar dari neraca *mass balance* dan data statistik industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia, maka diperoleh tabel 5.

Teknologi konversi untuk biomasa diantaranya adalah *combustion* (pembakaran), *gasification* (gasifikasi), *pyrolysis* (pirolisa), *digestion* (pencernaan), *fermentation* (fermentasi), *extraction* (ekstraksi). Sebagai contoh untuk pembuatan biodiesel dari minyak nabati dengan proses generasi pertama adalah dengan cara ekstraksi (esterifikasi dan transesterifikasi), sedang generasi satu setengah dengan hidrodoksigenasi dan isomerisasi, serta generasi kedua memakai bahan baku biomasa padat (kayu) dengan proses pirolisa maupun gasifikasi.

Operasional *Palm Oil Mill* menghasilkan limbah *POME* yang berpotensi memproduksi biogas, dimana 65% merupakan gas metan CH_4 yang menimbulkan dampak buruk pada lingkungan. Oleh karena itu 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 (PLTD).

Produksi *CPO* 25 juta ton per tahun akan menghasilkan *POME* sekitar 60 juta ton setara dengan 96 juta m^3 yang akan menghasilkan biogas 2.000 juta m^3 . Apabila nilai kalor biogas 23,3 MJ/ m^3 maka mempunyai potensi energi listrik sebesar 1.560 MW dan dengan diperhitungkan efisiensi konversi sebesar 35%, maka produk listrik yang dibangkitkan sebesar 550 MW. Sebagai gambaran untuk suatu *Palm Oil Mill* kapasitas 45 ton TBS/jam, mempunyai potensi energi listrik sebesar 3,7 MW dan produk listrik yang dibangkitkan sebesar 1,3 MW.

Limbah biomasa yang lain seperti cangkang, serat, tandan kosong, pelepah dan batang yang berpotensi untuk energi pembangkitan setelah dihitung diperkirakan mempunyai potensi energi listrik sebesar 75 MW dan produk listrik yang dibangkitkan sebesar 26 MW. Apabila dibandingkan dengan potensi biogas dari limbah *POME* memang hanya sekitar 5%, tetapi apabila dipakai di daerah terpencil (terisolir) maka sangat berarti dan besar manfaatnya.

CPO berpotensi untuk dijadikan bahan bakar, yaitu bisa menjadi *pure plant oil (PPO)* dengan cara purifikasi, serta bisa menjadi biodiesel atau *FAME (Fatty Acid Methyl Ester)* dengan cara esterifikasi maupun transesterifikasi. Potensi dari biodiesel kelapa sawit adalah bahwa tiap hektar industri perkebunan kelapa sawit menghasilkan sekitar 25 ton TBS/ha/th, dengan rendemen 20% diperoleh 5 ton *CPO*/ha/th, setelah proses esterifikasi/ transesterifikasi diproduksi sekitar 5 ton *FAME*/ha/th (setara 5,6 kilo liter *FAME*/ha/th = 35 barrel *FAME*/ha/th). Apabila kita punya perkebunan energi sawit seluas 5 juta ha, maka akan dihasilkan biodiesel sebesar 175 juta barrel *FAME* per tahun.

Pengembangan selanjutnya mengarah pada teknologi *clean energy*, yaitu generasi 1,5 yaitu melalui proses *hydrodeoxygenation* dan *isomerization*, sehingga diperoleh gas, gasoline dan diesel oil. Proses pengolahan biomasa padat dari industri perkebunan kelapa sawit dikembangkan memakai generasi ke 2 yaitu melalui proses pirolisa maupun gasifikasi. Pirolisa dengan *hydro cracking* akan menghasilkan gas, gasoline dan diesel oil. Sedangkan dengan gasifikasi maka diantaranya akan dihasilkan H_2 , methanol dan *DME (dimethyl ether)*.

Faktor sosial budaya ekonomi dan lingkungan di kawasan sekitar industri perkebunan kelapa sawit sangat penting untuk diperhatikan dan harus dilihat secara menyeluruh dan terintegrasi. Seperti faktor kesenjangan sosial (rawan keamanan), adat istiadat atau budaya (buka ladang berpindah), pendidikan yang tertinggal (lokasi terpencil), pekerja dibawah umur (regulasi) serta harus mengutamakan dan memperhatikan adanya kearifan lokal. Kesesuaian teknologi dan kelayakan ekonomi juga akan sangat menentukan arah kebijakan dan keputusan yang harus diambil.

Kesimpulan

Terdapat sembilan kategori dampak yang terukur yaitu: penipisan sumber daya alam, perubahan iklim, dampak bahan beracun pada manusia, dampak bahan beracun pada ekosistem air tawar, dampak bahan beracun pada ekosistem air laut, dampak bahan beracun pada ekosistem terestrial, pembentukan *photo-oxidant*, pengasaman, dan *eutrophication*. Sedangkan tiga dampak signifikan pada Perkebunan Kelapa Sawit dan *Palm Oil Mill* adalah:

Dampak Perubahan Iklim: Penyebab dari Perkebunan Sawit adalah emisi CO_2 , CH_4 dan N_2O yaitu akibat dari pembukaan lahan (CO_2 , CH_4) dan pemakaian pupuk (N_2O). Penyebab dari *Palm Oil Mill* 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*: Penyebab dari Perkebunan Sawit adalah emisi NO_2 , NH_4 , P dan P_2O_5 . Pupuk N (amonium sulfat) menimbulkan emisi NH_4 dan NO_2 . Pupuk Glyphosate menimbulkan emisi fosforus (P) dan pupuk P (ground rock phosphate) menimbulkan emisi fosfor oksida (P_2O_5). Penyebab dari *Palm Oil Mill* 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*: Penyebab dari Perkebunan Sawit adalah emisi CO, CH_4 dan NO_2 . Emisi CO dan CH_4 dihasilkan saat pembukaan lahan dengan pembakaran. Sedang NO_2 dari pupuk N (amonium sulfat). Penyebab dari *Palm Oil Mill* adalah emisi CO, CH_4 dan NO_2 yang berasal dari limbah *POME* serta proses produksi *CPO*.

Potensi biomasa dari industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan sangat memberikan harapan yang luar biasa dan berpeluang untuk dikembangkan lebih lanjut teknologinya baik itu dari pengelolaan sumber daya alamnya maupun untuk proses konversi energinya. Biomasa yang berasal dari bahan mentah, produk, maupun limbahnya serta yang berupa gas, cair, maupun padatan

harus dikelola secara terintegrasi dengan teknologi yang tepat agar diperoleh nilai ekonomis dan ramah lingkungan. Kemajuan dan perkembangan teknologi diharapkan bisa meningkatkan nilai tambah, mulai dari pembukaan lahan (lebih selektif dan meminimalisir), pemilihan dan pengembangan bibit yang unggul, pemeliharaan dan pemupukan yang ramah lingkungan, teknologi proses yang lebih canggih dan efisien, serta sistem manajemen yang terintegrasi.

Biogas dari limbah *POME* mempunyai potensi energi listrik 1.560 MW (listrik yang dibangkitkan 550 MW). Biomasa dari limbah padatan mempunyai potensi energi listrik 75 MW (listrik yang dibangkitkan sebesar 26 MW). Perkebunan energi sawit seluas 5 juta ha, berpotensi dihasilkan biodiesel sebesar 175 juta barrel *FAME* per tahun.

Pengembangan teknologi konversi biomasa sangat dibutuhkan untuk mendapatkan energi yang berkualitas efisien dan ramah lingkungan. Sistem manajemen dan teknologi pengelolaan yang tepat di industri perkebunan kelapa sawit akan sangat menentukan dalam tercapainya peningkatan produksi, kualitas dan nilai tambah.

Kebijakan dalam pengelolaan industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia dan pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan harus mengedepankan kearifan lokal, agar tercipta keharmonisan dan kelestarian lingkungan sehingga bisa meningkatkan kesejahteraan, martabat dan peradaban bangsa.

Daftar Pustaka

- Asep, Suntana, et al., "Bio-Methanol Potential in Indonesia : Forest Biomass as a Source of Bio-energy that Reduces Carbon Emissions". *Applied Energy*, Volume 86, 2009, Pages S215–S221.
- Bridgwater, A., et al., "Handbook of Fast Pyrolysis of Biomass". *CPL Press*, Vol 1(3), 2008, Pages 69-74.
- Cottam, M., et al., "*Techno-Economic Modeling of Biomass Flash Pyrolysis and Upgrading System*. Biomass and Bioenergy". Vol. 7 No. 1, pp. 267-273, 1994.
- Departemen Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, "Statistik Perkebunan Kelapa Sawit 2011-2013". Jakarta, April 2013.
- Donnis, B., et al., "Hydroprocessing of Bio-Oils and Oxygenated to Hydrocarbons Understanding the Reaction Routes", *Top Catal*, 2009.
- Gregoire, C.E., et al., "*Technoeconomic Analysis of the Production Biocrude from Wood*". NREL/TP-6A20-46586, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2010.
- Guinée, Jeroen B., "Handbook on Life Cycle Assessment: Operational guide to the ISO standards". *Kluwer Academic Publishers, The Netherlands*, 2002.
- Hambali, E., et al., "*The Potential of Oil Palm and Rice Biomass as Bioenergy Feedstock*". The 7th Biomass Asia Workshop, Nov. 29 – Dec 1, Jakarta, Indonesia, 2010.
- Hsu, D.D., *Life Cycle Assessment of Gasoline and Diesel produced via Fast Pyrolysis and Hydroprocessing*. NREL/TP-6A20-49341, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2011.
- Igwe, J.C., et al., "A Review of Palm Oil Mill Effluent (POME) Water Treatment". *Global Journal of Environmental Research*, Vol 1(2), 2007, Pages 54-62.
- Mekhilef S., et al., "A review on Palm Oil Biodiesel as a Source of Renewable Fuel". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 15, 2011 Pages 1937-1949.
- Mittelbach, Martin, et al., "The Comprehensive Handbook Biodiesel". *Am Blumenhang 27, A-8010 Graz, Austria*, 2004.
- Pahan, Iyung, "Panduan Lengkap Kelapa Sawit; Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir". Jakarta, Penebar Swadaya, 2008.
- Pardamean, Maruli, "Panduan Lengkap Pengelolaan Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit". Jakarta, Agromedia Pustaka, 2008.
- Pleanjai, Somporn, "Full Chain Energy Analysis of Biodiesel Production from Palm Oil in Thailand". *Applied Energy*, Volume 86, Supplement 1, November 2009, Pages S209-S214.
- Reijnders, L., et al., "Palm Oil and the Emission of Carbon-Based GHG". *Cleaner Production*, Vol 16 (4), March 2008, Pages 477-482.
- Rogers, J.G., et al., "Analysis of Transport Cost for Energy Crops Use in Biomass Pyrolysis Plant Networks". *Biomass and Bioenergy*, Vol. 33, 2009, Pages 1367-1375.
- Sarah, Davis C, et al., "Life-Cycle Analysis and the Ecology of Biofuels". *Energy Policy*, Volume 37, 2009, Pages 4523-4539.
- Shuit, S.H., et al., "Oil Palm Biomass as a Sustainable Energy Source: A Malaysian Case Study". *Energy*, Volume 34, 2009, Pages 1225–1235.
- Singh, R.P., "Management of Biomass Residues Generated from Palm Oil Mill: Vermicomposting a Sustainable Option". *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 55, 2011, Pages 423–434.
- Silalertruksa, Thapat, et al., "Environmental Sustainability Assessment of Palm Biodiesel Production in Thailand". *Energy*, 2012, Pages 1-9.
- Simone, Pereira de Souza, et al., "Greenhouse Gas Emissions and Energy Balance of Palm Oil Biofuel". *Renewable Energy*, Volume 35, 2010, Pages 2552-2561.

- Sunarko, "Budi Daya dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit dengan Sistem Kemitraan". Jakarta, Agromedia Pustaka, 2009.
- Thiam, Leng Chew, et al., "Catalytic Processes Towards the Production of Biofuels in a Palm Oil and Oil Palm Biomass-based Biorefinery". *Bioresource Technology*, Volume 99, 2008, Pages 7911–7922.
- Wicke, Birka, "Different Palm Oil Production Systems for Energy Purposes and their Greenhouse Gas Implications". *Biomass and Bioenergy*, Volume 32, Issue 12, December 2008, Pages 1322-1337.
- Noordwijk, M., at al., "Carbon Footprint of Indonesian Palm Oil Production: A Pilot Study". *World Agroforestry Centre - ICRAFT*. Bogor, 2010.
- Wright M.M., et al., "Techno-Economic Analysis of Biomass Fast Pyrolysis to Transportation Fuel". NREL/TP-6A20-46586, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2010.
- Yee, Kian Fei, "Life Cycle Assessment of Palm Biodiesel: Revealing facts and benefits for sustainability". *Applied Energy*, Volume 86, Supplement 1, November 2009, Pages S189-S196.

History Writers

Name: Agung Wijono R. (Drs., M.T.).

Place, Date of Birth: Ponorogo, 13 Oktober 1963.

Education: S1 Fisika ITB, S2 Teknik Industri UI.

Official: Balai Rekayasa Disain dan Sistem Teknologi - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BRDST-BPPT).

Occupation: Specialist Engineer.

Address: BRDST-BPPT, Gedung 480, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314.

Email: agung.wijono@gmail.com

Phone: 081310727210

Experience:

1. *Neutron Scattering & Material*, ITB-Batan ('88-'90)
2. *Nuclear Power Plant Safety Team*, BPPT ('91-'98)
3. *NPP Control Rod Simulation*, Tokai NES Japan ('92)
4. *AMDAL Technical Team*, BPPT/BPIS/Batam ('92-'94)
5. *AP600 Piping Stress Analysis*, Batan-WEC ('93-'95)
6. *AP600 Plan Design System*, BPPT-WEC ('95-'99)
7. *CANDU Steam Generator Design*, AECL Canada ('00)
8. *Environmental Testing*, GE Transportation ('01)
9. *AP1000 Stress Analysis & Design*, WEC USA ('02-'04)
10. *Oil & Gas Piping Stress Analysis*, Tangguh PFN ('04)
11. *Biomass Power Plant & SPOJ Project*, BPPT ('05-'06)
12. *Biodiesel Plant Project*, Okut-Sumsel, BPPT ('07)
13. *Diffussion Tech of Biodiesel Research*, BPPT ('08-'10)
14. *Piping Analysis Header PP*, Pertamina UBP V ('09)
15. *Piping Stress Analysis*, PLTP 2MW Kamojang ('10)
16. *Life Cycle Assessment (LCA) Biodiesel Sawit* ('11)
17. *Study of Palm Plantation as a Source of Energy* ('12).
18. *Feasibility Study of Oil Palm Biomass Power Plant* ('13).