



## **Pengurangan emisi gas rumah kaca pada perkebunan kelapa sawit dengan pendekatan *life cycle assessment***

### ***Reducing greenhouse gas emissions in oil palm plantations using a life cycle assessment approach***

Danang Harimurti<sup>a</sup>, Hariyadi<sup>b</sup>, Erliza Noor<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, 16680, Indonesia

<sup>b</sup>Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

<sup>c</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

---

#### **Article Info:**

Received: 11 - 08 - 2020

Accepted: 18 - 01 - 2021

#### **Keywords:**

Fertilizer, greenhouse gases, liquid waste, palm oil

#### **Corresponding Author:**

Danang Harimurti  
Program Studi Ilmu Pengelolaan  
Sumberdaya Alam dan  
Lingkungan, Sekolah  
Pascasarjana, Institut Pertanian  
Bogor;  
Email:  
[harimurti.danang86@gmail.com](mailto:harimurti.danang86@gmail.com)

**Abstract.** *The growth of palm oil plantations in Indonesia has increased rapidly. Behind that rapid growth of palm oil commodities, negative issues and problems have emerged such as operation of palm oil plantations are caused of environmental damage and the increasing of Greenhouse gases (GHGs) emissions. This study aimed to analyze GHG emissions caused by palm oil plantation activities and provide an alternative to reduce GHG emissions through the reuse of solid and liquid waste as a substitute for inorganic fertilizers. The method used is a life cycle assessment based on the ISO 14040 framework. This study found that the average of GHG emission was 0.08 TCO<sub>2e</sub>/TFFB/Year. Fertilizing activities contribute a large number of emissions of 0.07 TCO<sub>2e</sub>/TFFB/Year. Solutions to reduce GHG's emission by optimizing the use of remains organic fertilizer from crude palm oil (CPO) production process which utilizes the liquid waste and empty fruit bunch. The results from the calculation of liquid waste utilization as fertilizer can be potential to reduce the GHG's emission which produces is 0.015 TCO<sub>2e</sub>/TFFB or equivalent to 17.03% mean a while the utilization of fresh fruit bunch (FFB) can potentially decrease GHG's emission by 0.029 TCO<sub>2e</sub>/TFFB or equivalent to 33.98%. The optimization of liquid waste and FFB make a significant in terms of reducing GHG's emission in palm oil plantation.*

#### **How to cite (CSE Style 8<sup>th</sup> Edition):**

Harimurti D, Hariyadi, Noor E. 2021. Pengurangan emisi gas rumah kaca pada perkebunan kelapa sawit dengan pendekatan *life cycle assessment*. JPSL 11(1): 1-9. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.11.1.1-9>.

---

## **PENDAHULUAN**

Dewasa ini perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia mengalami peningkatan pesat, hal ini ditunjukkan dengan adanya permintaan *crude palm oil* (CPO) yang cukup signifikan. Sejak tahun 2000, produksi CPO meningkat dari 7 juta ton menjadi 36.6 juta ton pada tahun 2018 (BPS, 2018). Besarnya peningkatan konsumsi CPO ini tidak terlepas dari semakin bertambah jumlah penduduk dunia yang menggunakan minyak nabati sebagai bahan makanan, kosmetik, detergen, dan biodiesel (Wicke *et al.*, 2008).

Untuk memenuhi permintaan pasar tersebut maka diperlukan upaya untuk peningkatan produktivitas tandan buah segar (TBS) di dalam perkebunan kelapa sawit. Kegiatan ekspansi lahan dan intensifikasi pemupukan merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan produktivitas. Akan tetapi di sisi lain dampak negatif berupa peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) yang ditimbulkan dari kegiatan ini cukup besar.

Untuk mengatasi dampak tersebut, maka perlu dilakukan upaya inventarisasi sumber emisi gas rumah kaca dan menghitung emisi yang dihasilkan. Hal ini dapat digunakan sebagai *baseline* dalam menentukan upaya pengelolaan yang terbaik. Akan tetapi saat ini, informasi terkait pengelolaan lingkungan yang ada saat ini masih bersifat kualitatif sehingga menyulitkan dalam mengambil keputusan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi peningkatan emisi GRK. Akan tetapi, penelitian tersebut lebih menitikberatkan kepada upaya pengelolaan lingkungan dalam pabrik pengolahan kelapa sawit, sementara untuk kegiatan perkebunan kelapa sawit yang memiliki area lebih luas belum diketahui upaya yang dapat dilakukan agar emisi GRK dapat dikurangi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui emisi GRK yang dihasilkan dalam memproduksi TBS dan memberikan alternatif untuk mengurangi emisi GRK yang ditimbulkan dari kegiatan perkebunan kelapa sawit. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan suatu metode pendekatan sistematis untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan. Metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis terhadap permasalahan tersebut adalah *life cycle assessment* (LCA). Metode LCA ini dilakukan berdasarkan Framework ISO 14040 yang terdiri dari empat (4) tahapan yaitu penentuan *goal and scope*, *inventory analysis*, *impact assessment*, dan *interpretation*.

## **METODE**

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2019 sampai Juli 2019 di PT XYZ yang terletak di Kecamatan Danau Sembuluh, Seruyan Tengah dan Hanau, Kabupaten Kotawaringin Timur Provinsi Kalteng. PT XYZ merupakan perusahaan perkebunan kelapa sawit dengan luas area 17 780 ha. Berdasarkan laporan Identifikasi Nilai Konservasi Tinggi tahun 2011, secara umum jenis tanah yang terdapat di lokasi ini adalah podsol 53.1%, podsolik 25.9%, hidromorf 18.5%, dan aluvial 2.5%.

### **Metode Pengumpulan Data**

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengumpulan data sekunder yang bersumber dari PT XYZ. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah data umur tanaman, produksi, penggunaan pupuk dan solar selama 1 siklus (20 tahun).

### **Metode Analisis Data**

Analisa data dalam penelitian ini menggunakan metode LCA. Proses LCA dilakukan dengan cara mengidentifikasi semua aliran *input-output* dari kegiatan perkebunan kelapa sawit. Hasil identifikasi tersebut kemudian dikuantitatifkan menggunakan bantuan software *RSPO Palm GHG calculator*. Metode LCA ini dilakukan berdasarkan pedoman pelaksanaan LCA menurut Framework ISO 14040 yang terdiri dari empat tahapan yaitu penentuan *goal and scope*, *inventory analysis*, *impact assessment*, dan *interpretation*.

#### **1. Tahap *goal and scope***

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana emisi GRK yang ditimbulkan dalam menghasilkan TBS. Sedangkan *scope* dari penelitian ini hanya berdasarkan kepada aktivitas yang dilakukan untuk dapat menghasilkan TBS meliputi kegiatan pemeliharaan tanaman, pemupukan, panen, dan pengangkutan TBS ke pabrik.

#### **2. Tahap *inventory analysis***

Kegiatan yang dilakukan dalam tahap ini adalah: a) Melakukan pengumpulan dan pengelompokan data sekunder berdasarkan umur tanaman; b) Identifikasi seluruh kegiatan dalam perkebunan kelapa sawit;

c) Inventarisasi sumber emisi GRK dari masing-masing kegiatan.

### 3. Tahap *impact assessment*

*Impact assessment* dilakukan menggunakan *RSPO Palm GHG Calculator*. Penerapan metode perhitungan GRK yang digunakan adalah *actual value* berdasarkan ISCC 205. Potensi GRK dalam aktivitas perkebunan sawit meliputi CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O (298 x CO<sub>2</sub>), dan CH<sub>4</sub> (23 x CO<sub>2</sub>).

### 4. Tahap *interpretation*

Dalam tahap ini dilakukan penentuan sumber potensi GRK terbesar dalam kegiatan perkebunan kelapa sawit kemudian memberikan solusi alternatif untuk mengurangi emisi GRK.

## Metode Perhitungan Emisi

Perhitungan emisi GRK didasarkan pada konversi kandungan tiap unsur pembentuk gas rumah kaca ke dalam satuan CO<sub>2</sub>-eq yang ditetapkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006)*.

$\text{Emisi GRK}_{\text{total}} = \text{Emisi GRK}_{\text{manufaktur}} + \text{Emisi GRK}_{\text{aplikasi}} + \text{Emisi GRK}_{\text{angkutan}}$
$\text{Emisi GRK}_{\text{manufaktur}} = \text{Emisi GRK}_{\text{produksi}} + \text{Emisi GRK}_{\text{transport}}$
$\text{Emisi GRK}_{\text{produksi}} = Q_p \times DV_{\text{produk}}$
$\text{Emisi GRK}_{\text{transport}} = (Q_p \times S_{\text{sea}} \times FE_{\text{seatransport}}) + (Q_p \times S_{\text{road}} \times FE_{\text{roadtransport}})$
$\text{Emisi GRK}_{\text{aplikasi}} = \text{Emisi N}_2\text{O} + \text{Emisi CO}_2$
$\text{Emisi N}_2\text{O} = \text{Direct emission} + \text{Indirect emission}$
$\text{Direct emission} = 1000 \times \%N_{\text{pupuk}} \times DV_{\text{direct}} \times 1.57$
$\text{Indirect emission} = (1000 \times \%N_{\text{pupuk}}) \times (\%N_{\text{leach}} \times FE_{\text{leach}} + \%N_{\text{volatil}} \times FE_{\text{volatile}}) \times 1.57$
$\text{Emisi CO}_2 = Q_{\text{urea}} \times FE_{\text{urea}} \times 44/12$
$\text{Emisi GRK}_{\text{angkutan}} = Q_{\text{fuel}} \times FE_{\text{fuel}}$
$\text{Emisi GRK}_{\text{total}} = \text{Emisi GRK}_{\text{manufaktur}} + \text{Emisi GRK}_{\text{aplikasi}} + \text{Emisi GRK}_{\text{angkutan}}$

Keterangan:

Q <sub>p</sub>	= Penggunaan pupuk (Ton)
Q <sub>urea</sub>	= Penggunaan urea (Ton)
Q <sub>fuel</sub>	= Penggunaan bahan bakar (l)
DV <sub>produk</sub>	= Nilai emisi produksi setiap pupuk (KgCO <sub>2</sub> e/T)
S <sub>sea</sub>	= Jarak laut asal pupuk ke pelabuhan (Km)
S <sub>road</sub>	= Jarak darat pelabuhan ke pabrik (Km)
Q <sub>fuel</sub>	= Konsumsi bahan bakar (l)
DV <sub>direct</sub>	= Emisi N <sub>2</sub> O aplikasi dari kgN <sub>2</sub> O-N/kg applied N 0.01 (KgCO <sub>2</sub> e/T)
FE <sub>leach</sub>	= Emisi N <sub>2</sub> O aplikasi dari kgN <sub>2</sub> O-N/kg N akibat leaching 0.0075 (KgCO <sub>2</sub> e/T)
FE <sub>volatile</sub>	= Emisi N <sub>2</sub> O aplikasi dari kgN <sub>2</sub> O-N/kg N akibat volatilisasi 0.01 (KgCO <sub>2</sub> e/T)
FE <sub>seatransport</sub>	= Faktor emisi seatransport 0.0177 (KgCO <sub>2</sub> e/Km.T)
FE <sub>roadtransport</sub>	= Faktor emisi roadtransport 0.31 (KgCO <sub>2</sub> e/Km.T)
FE <sub>urea</sub>	= Faktor emisi urea 0.2 (kg CO <sub>2</sub> e/T)
FE <sub>fuel</sub>	= Faktor emisi fuel 3.12 (kg CO <sub>2</sub> e/l)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

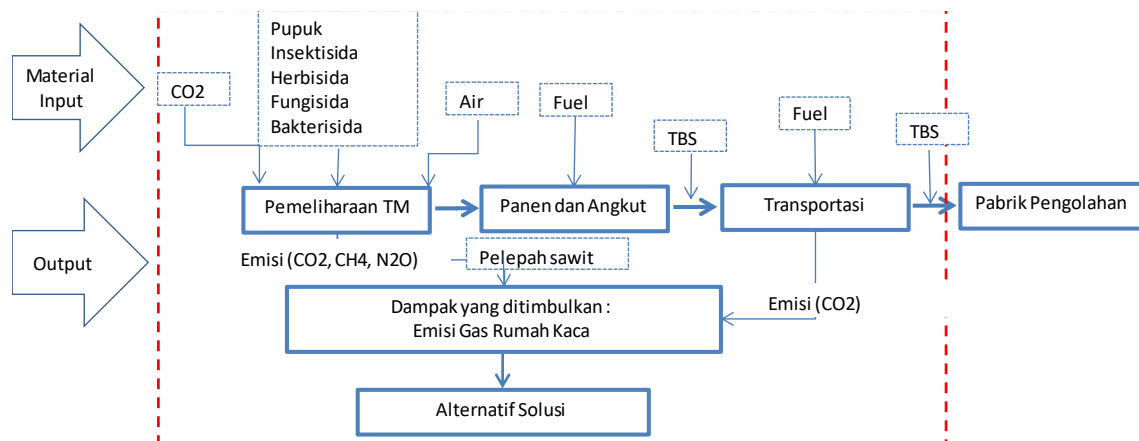
### Penentuan *Goal* dan *Scope*

Tahap awal untuk menentukan rencana kerja dari seluruh kegiatan dalam penelitian ini adalah penentuan tujuan dan ruang lingkup. Tahap ini menjelaskan tentang produk, proses atau aktivitas yang dilakukan, penetapan batasan yang akan dikaji serta dampak yang diamati. Penentuan tujuan (*goal*) penting untuk menyediakan landasan dalam pembuatan batasan (*scoping*) dalam LCA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana emisi GRK yang ditimbulkan dalam menghasilkan TBS berdasarkan aktivitas yang dilakukan. Sedangkan *scope* dari penelitian ini hanya berdasarkan kepada aktivitas yang dilakukan untuk dapat menghasilkan TBS meliputi kegiatan pemeliharaan tanaman, pemupukan, panen, dan pengangkutan TBS ke pabrik.

### *Inventory Analysis*

Berdasarkan hasil identifikasi, sumber emisi GRK pada perkebunan kelapa sawit berasal dari kegiatan pemupukan, perawatan, pemanenan, serta pengangkutan buah hingga ke pabrik pengolahan kelapa sawit. Hasil inventori menunjukkan bahwa *input* untuk kegiatan pemupukan oleh PT XYZ yaitu pupuk jenis Diamonium phosphate (DAP), Kieserite powder, Moriate of potash (MOP), Ground rock phosphate (GRP), Triple superphosphate (TSP), Urea, Borate, CuSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, Kaptan, Super dolomite. *Input* yang diberikan dalam kegiatan perawatan tanaman antara lain penggunaan pestisida, herbisida, fungisida, dan bakterisida. *Input* untuk kegiatan pemanenan dan pengangkutan buah ke pabrik pengolahan adalah penggunaan bahan bakar solar.

*Output* yang dihasilkan yaitu berupa TBS, pelepah sawit sebagai mulsa, emisi CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>. Menurut Saswatecha *et al.* (2016) emisi yang timbul dalam kegiatan perkebunan kelapa sawit terjadi akibat pengendalian gulma yang menggunakan Gasoline sehingga menimbulkan polutan CO, penggunaan pupuk yang mengandung unsur N<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari limbah cair. Kegiatan inventarisasi ini secara ringkas dapat terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1 Inventori analisis kegiatan perkebunan kelapa sawit

Pemberian pupuk merupakan hal yang harus dilakukan agar memperoleh produktivitas yang baik. Pemberian pupuk ini sangat berkaitan dengan umur tanaman sehingga dosis yang diberikan setiap umur tanaman berbeda-beda (Tabel 1). Pada umur 1-3 tahun, tanaman kelapa sawit belum menghasilkan buah. Berdasarkan data setelah umur 4 tahun, tanaman mulai menghasilkan buah dan mencapai produksi tertinggi di umur 8 tahun. Produktivitas buah yang dihasilkan pada lokasi penelitian ini cukup tinggi yaitu rata-rata sebesar 26.33 ton/ha/tahun. Menurut Schmidt (2007) produktivitas buah sawit negara Malaysia sebesar 20.9

ton/ha, Thailand sebesar 15.4 ton/ha dan Colombia sebesar 19.3 ton/ha. Perbedaan produktivitas ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis bibit yang digunakan, ketepatan dosis pemupukan, dan jenis tanah.

Pupuk memiliki unsur yang dapat mengakibatkan emisi GRK yaitu CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O. Sumber emisi dari kegiatan pemupukan berasal dari proses untuk memproduksi pupuk itu sendiri, transportasi pupuk ke lapangan, emisi langsung di lapangan baik secara fisik maupun mikroba tanah, dan emisi tidak langsung akibat re-deposisi (RSPO, 2012). Berdasarkan hasil inventarisasi diperoleh informasi bahwa pupuk-pupuk sintetik yang digunakan tersebut tidak hanya berasal dari Indonesia saja melainkan bersumber dari beberapa negara.

Negara penghasil pupuk sintetik yang digunakan tersebut antara lain adalah Cina untuk pupuk kieserite dan TSP, Rusia untuk pupuk MOP, Amerika untuk pupuk borate, dan Mesir untuk pupuk GRP. Pupuk-pupuk tersebut diangkut menggunakan kapal (*sea transport*) ke *local port* (Kumai). Setelah tiba di *local port* kemudian pupuk-pupuk tersebut diangkut menggunakan truk (*road transport*) hingga sampai di gudang penyimpanan PT XYZ. Sumber pupuk yang digunakan oleh PT XYZ disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1 Jenis dan penggunaan pupuk tanaman kelapa sawit

Umur (tahun)	Penggunaan Pupuk (kg/ha)						Produksi TBS (ton/ha)
	Urea	TSP	MOP	Kieserit	DAP	GRP	
1	40.13	20.68	24.31	12.35	-	34.43	0
2	152.20	113.61	123.82	41.84	-	15.56	0
3	274.60	152.95	251.93	64.82	-	26.67	0
4	314.98	140.75	372.91	25.36	172.88	23.33	9.08
5	293.80	153.43	363.50	18.95	128.52	16.66	15.43
6	286.17	161.19	455.03	1.40	81.02	10.06	23.42
7	243.89	138.83	439.82	2.06	37.55	3.83	28.59
8	185.80	68.48	333.54	5.94	35.13	14.24	30.26
9	158.86	3.70	327.16	5.01	46.86	111.56	30.06
10	223.43	36.87	365.59	11.56	61.33	91.74	26.24
11	247.83	14.56	432.19	12.71	133.02	120.10	30.53
12	224.02	3.65	427.67	14.76	30.56	208.14	29.25
13	200.47	8.76	337.51	13.13	33.23	162.63	30.88
14	220.57	7.63	350.38	27.07	30.17	181.62	29.87
15	237.66	8.99	337.21	12.81	12.20	161.60	29.01
16	240.10	18.08	330.21	16.22	20.47	163.13	28.29
17	258.50	18.13	352.13	10.24	23.01	169.68	27.87
18	274.11	8.03	351.98	12.11	8.07	188.12	27.32
19	293.60	19.25	391.49	12.98	-	200.46	25.56
20	367.85	32.65	467.94	19.46	-	300.59	25.89
Rata-Rata	236.93	56.51	341.82	17.04	42.70	110.21	22.38

Sumber: PT XYZ, 2018

Analisis inventori selanjutnya yaitu tahap transportasi TBS dari kebun ke pabrik pengolahan kelapa sawit. Dalam penelitian ini, tahap pengangkutan TBS ke pabrik merupakan tahap terakhir sesuai dengan lingkup penelitian. Pengangkutan TBS dilakukan dengan menggunakan truk yang berbahan bakar solar. Kebutuhan solar inilah yang nantinya akan diperhitungkan penggunaannya dikarenakan memberikan dampak langsung kepada lingkungan (IPCC, 2006).

Tabel 2 Sumber pupuk yang digunakan PT XYZ

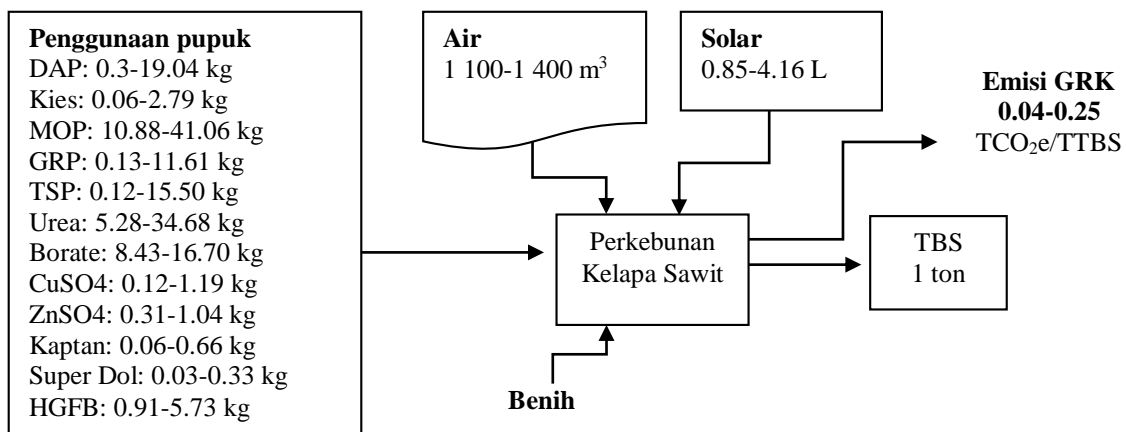
Sumber	Jarak <i>Sea Transport</i> (km)	Jarak <i>Road Transport</i> (km)	Jenis Pupuk
Cina	5 196	175	Kieserite, TSP
Rusia	9 303	175	MOP
Mesir	8 986	175	GRP
Amerika	16 361	175	Borate
Indonesia (Jakarta)	659	175	Urea, CuSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub> , Dolomite

Sumber: PT XYZ, 2018

**Impact Assessment**

Penilaian dampak yang dihitung dalam penelitian ini adalah emisi GRK yang dihasilkan dalam memproduksi TBS. Hasil perhitungan merepresentasikan jumlah gas CO<sub>2</sub> yang diemisikan dalam memproduksi tandan buah segar. Model perhitungan emisi gas rumah kaca yang digunakan merupakan model yang telah dikembangkan oleh IPCC berupa *Palm GHG Calculator*. Emisi CO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh faktor emisi dari masing-masing penggunaan material *input* dalam satu siklus kegiatan. Besarnya nilai emisi GRK dinyatakan dalam kilogram CO<sub>2</sub>-eq. Hasil perhitungan emisi GRK pada penelitian ini tersaji dalam Gambar 2. Dalam penggunaan *Palm GHG Calculator*, *input* berupa pemakaian insektisida, herbisida, fungisida, bakterisida dapat diabaikan dikarenakan tidak memiliki dampak yang signifikan terhadap timbulnya GRK (RSPO, 2012).

Sumber emisi GRK berasal dari kegiatan pemupukan dan transportasi. Emisi GRK sangat dipengaruhi oleh pemberian pupuk yang mengandung unsur N. Selain itu juga emisi GRK dalam proses kegiatan pemupukan tidak terlepas dari “emisi bawaan” jenis pupuk itu sendiri. Emisi bawaan yang dimaksudkan adalah emisi pada saat pembuatan pupuk dan juga transportasi pupuk hingga ke gudang PT XYZ. Transportasi atau mobilisasi pupuk dari pabrik menuju gudang penyimpanan PT XYZ dilakukan menggunakan kapal dan juga truk.

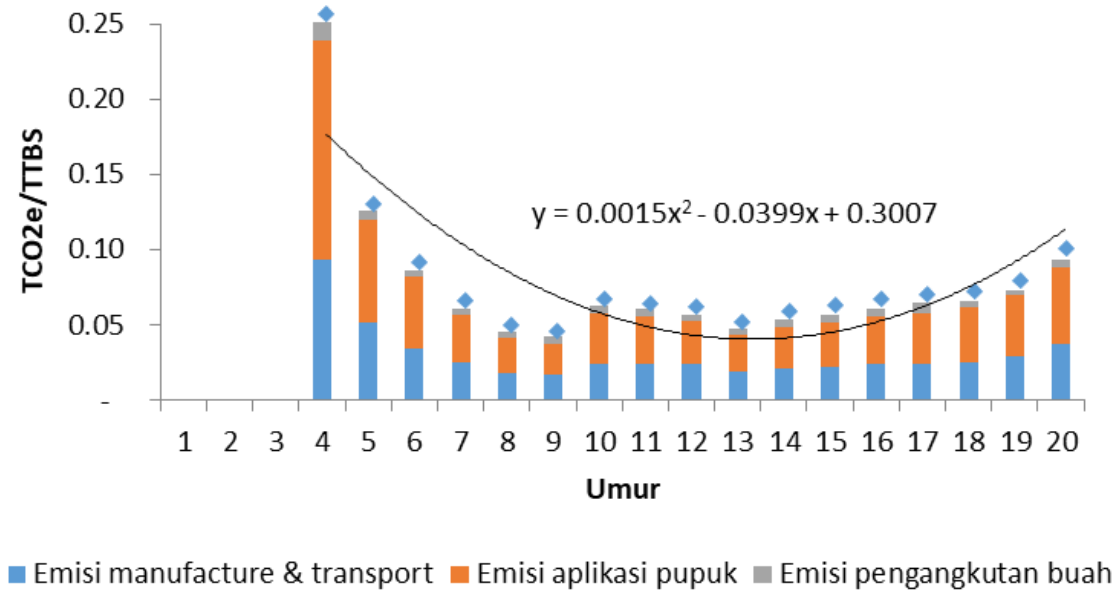


Gambar 2 Bagan *input-output* produksi TBS

Nilai emisi GRK yang ditimbulkan dalam satu siklus hidup memiliki kecenderungan membentuk pola *parabolic* (Gambar 3). Pada masa awal produksi TBS yaitu umur 4 tahun emisi GRK yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 0.25 TCO<sub>2</sub>e/TTBS kemudian menurun terus hingga titik terendah di umur 9 tahun yaitu 0.04 TCO<sub>2</sub>e/TTBS. Hal ini terjadi dikarenakan pada umur 9 sampai 10 tahun, tanaman sawit berada pada produksi puncak dan juga tutupan tajuk sawit mulai rapat. Pada umur tanaman 10 sampai 15 tahun emisi GRK yang

dihasilkan per satuan produk cenderung konstan hingga pada umur tanaman 16 tahun mulai terlihat adanya peningkatan emisi GRK yang dihasilkan. Jika dirata-ratakan emisi GRK yang dihasilkan selama satu siklus hidup (20 tahun) adalah 0.08 TCO<sub>2</sub>e/TTBS/Tahun.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sumber emisi terbesar terletak pada kegiatan pemupukan yaitu sebesar 92.53% dari total emisi GRK yang dihasilkan dan transportasi TBS ke pabrik sebesar 7.47%. Dalam kegiatan pemupukan sumber emisi berasal dari N<sub>2</sub>O emisi bersumber dari penggunaan pupuk yang mengandung unsur N, sementara CO<sub>2</sub> emisi dari kegiatan pemupukan bersumber dari “emisi bawaan” pupuk itu sendiri dan juga jumlah serta jenis pupuk yang digunakan. Aplikasi N dalam pupuk dapat membentuk N<sub>2</sub>O baik secara langsung sebagai hasil denitrifikasi di dalam tanah, dan secara tidak langsung melalui denitrifikasi di luar aplikasi N yang diterapkan pada kelapa sawit yang hilang melalui limpasan, pencucian dan volatilisasi (Chase dan Henson, 2010).



Gambar 3 Sebaran emisi GRK selama satu siklus

Rata-rata emisi GRK yang ditimbulkan dari kegiatan perkebunan kelapa sawit adalah 0.08 TCO<sub>2</sub>e/TTBS/Tahun. Emisi GRK dari kegiatan pemupukan adalah 0.07 TCO<sub>2</sub>eq/T TBS. Dari total emisi ini, sumber emisi terbesar terjadi akibat “emisi bawaan” dari pupuk itu sendiri, rata-rata emisi GRK dari transport dan *manufacturing* adalah 0.03 TCO<sub>2</sub>eq/T TBS atau sebesar 79.21% dari total emisi kegiatan pemupukan. Oleh karena itu, sangat diperlukan pengelolaan dan perencanaan yang baik dalam memilih pupuk yang akan digunakan baik jenis serta sumber pupuk tersebut.

**Alternatif Solusi**

Kegiatan pemupukan memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap timbulnya emisi GRK yaitu sebesar 92.53%. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk melakukan substitusi penggunaan pupuk tersebut dengan alternatif lain. Berdasarkan *material balance* yang dilakukan oleh PT XYZ diketahui bahwa jumlah limbah cair dan jangjang kosong yang dihasilkan cukup tinggi. Dalam memproduksi 1 ton CPO, dihasilkan 450 hingga 700 m<sup>3</sup> limbah cair dan 210 kg jangjang kosong. Limbah cair memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi sehingga diduga dapat memberikan pengaruh positif terhadap produksi TBS. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan karakteristik limbah cair tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3 Karakteristik limbah cair

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode
BOD5	mg/l	3 761	IK 5.4.2.11.02
COD	mg/l	21 914	SNI 6989.2:2009
pH	-	7.11	SNI 06-6989.11-2004
Minyak Lemak	mg/l	30.8	SNI 06-6989.11-2004
Timbal (Pb)	mg/l	0.172	SNI 6989.8:2009
Tembaga (Cu)	mg/l	2.57	SNI 6989.6:2009
Kadmium (Cd)	mg/l	0.018	SNI 6989.16:2009
Seng (Zn)	mg/l	2.71	SNI 6989.7:2009

Sumber: Hasil uji Balai Riset dan Standarisasi Pontianak (2015)

Potensi pengurangan emisi GRK dengan menggunakan pupuk organik cukup besar yaitu 17.03% untuk penggunaan limbah cair dan 33.98% untuk penggunaan jangjang kosong dikombinasikan dengan penggunaan pupuk. Potensi pengurangan emisi GRK ini diperoleh dengan membandingkan data selama 1 tahun untuk areal yang menggunakan pupuk, kombinasi pupuk dan jangjang kosong, dan penggunaan limbah cair. Berikut data hasil perhitungan menggunakan *Palm GHG Calculator* tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4 Potensi pengurangan emisi GRK

Perlakuan	Alternatif 1		Alternatif 2	
	Limbah Cair	Pupuk	JJK + Pupuk	Pupuk
Emisi GRK (TCO <sub>2</sub> e/TTBS)	0.072	0.087	0.056	0.085
Potensi pengurangan (TCO <sub>2</sub> e/TTBS)	0.015		0.029	
Potensi pengurangan (%)	17.03		33.98	

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Kombinasi jangjang kosong dan pupuk mempunyai potensi pengurangan emisi GRK cukup besar dikarenakan kandungan hara yang terkandung dalam jangjang kosong cukup tinggi. Lubis (2008) menyebutkan bahwa setiap ton jangjang kosong mengandung unsur hara N, P, K dan mg berturut-turut setara dengan 3 kg Urea, 0.6 kg RP, 12 kg MOP, dan 2 kg Kieserite sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk sintetik. Selain itu, kandungan unsur N dalam jangjang kosong lebih sedikit jika dibandingkan dengan limbah cair dimana unsur N ini memiliki nilai *global warming potential* (GWP) 298 X CO<sub>2</sub>. Schuchard dan Wong (2011) menyebutkan bahwa dalam setiap kilogram jangjang kosong terkandung 0.003 kg N sementara unsur N yang terkandung dalam 1 kg *dry matter* limbah cair sebesar 0.0183 kg N.

Kekurangan dalam aplikasi limbah cair dan jangjang kosong adalah jumlah limbah yang terbatas. Apabila kemampuan pabrik mengolah TBS adalah 60 T/jam, maka dalam 1 tahun maksimal limbah cair yang diproduksi sebesar 198 000 m<sup>3</sup> dan jangjang kosong sebesar 75 600 ton. Sehingga dengan dosis pemberian limbah cair sebesar 375 m<sup>3</sup>/ha maka area yang dapat diaplikasi limbah cair sebesar 528 Ha. Sementara untuk aplikasi jangjang kosong dengan dosis 20 T/Ha maka area yang dapat diaplikasi jangjang kosong sebesar 3 780 Ha. Perhitungan ini dengan asumsi 1 hari pabrik beroperasi 20 jam selama 300 hari. Meskipun demikian pemberian limbah cair dan tandan kosong memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam upaya pengurangan emisi GRK dari kegiatan perkebunan kelapa sawit.

## SIMPULAN

Emisi GRK yang timbul dari kegiatan perkebunan berasal dari kegiatan pemeliharaan tanaman berupa pemupukan serta pengangkutan TBS. Emisi yang dihasilkan adalah CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O yang telah dikonversi menjadi TCO<sub>2</sub>-eq dibandingkan dengan produktivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata emisi



GRK yang ditimbulkan dalam kegiatan perkebunan kelapa sawit sebesar 0.08 TCO<sub>2</sub>e/TTBS/Tahun. Kegiatan pemupukan menyumbang rata-rata emisi GRK sebesar 0.07 TCO<sub>2</sub>e/TTBS/Tahun. Alternatif solusi yang dapat diberikan untuk mengurangi emisi GRK dalam kegiatan perkebunan kelapa sawit yaitu dengan mengoptimalkan penggunaan pupuk organik yang tersedia sisa dari proses produksi CPO itu sendiri yaitu dengan pemanfaatan limbah cair dan janjang kosong. Pemanfaatan limbah cair sebagai pupuk dapat berpotensi mereduksi emisi GRK yang dihasilkan sebesar 0.015 TCO<sub>2</sub>eq/T TBS atau setara dengan 17.03% sementara pemanfaatan janjang kosong berpotensi menurunkan emisi GRK sebesar 0.029 TCO<sub>2</sub>eq/T TBS atau setara dengan 33.98%. Pemberian tandan kosong memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam upaya pengurangan emisi GRK dari kegiatan perkebunan kelapa sawit.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak dari PT XYZ atas dukungan data yang telah membantu kami dalam pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2018. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Chapter 2: Stationary Combustion*. Hayama (JP): the Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- [ISO] International Standards Organization 14040. 2006. *Environmental Management, Life Cycle Assessment, Principles and Framework*. Geneva (CH): ISO.
- [RSPO] Roundtable Sustainable Palm Oil. 2012. *RSPO Manual on Best Management Practices (BMP) for Existing Oil Palm Cultivation on Peat*. Kuala Lumpur (MY): RSPO.
- Chase LDC, Henson IE. 2010. A detailed greenhouse gas budget for palm oil production. *Int J Agric Sustain*. 8(3): 199-214.
- Lubis A. 2008. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia Ed ke-2*. Medan (ID): Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Saswattecha K, Hein L, Kroeze C, Jawjit W. 2016. Option to reduce environmental impact of palm oil production in Thailand. *Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag*. 12(4): 1-23.
- Schmidt JH. 2007. *Life Cycle Assessment of Rapeseed Oil and Palm Oil*. Aalborg (DK): Aalborg University.
- Schuchard R, Wong J. 2011. Adapting to climate change: a guide for the food, beverage, and agriculture industry. *BSR Report*. 1-7.
- Wicke B, Dornburg V, Junginger M, Faaij A. 2008. Different palm oil production systems for energy purposes and their green house gas implications. *Biomass and Bioenergy*. 32: 1322-1337.