

**ANALISIS KOMPARASI KINERJA DAN VARIABEL LINGKUNGAN
ANTARA PENGGUNAAN PUPUK ORGANIK DAN ANORGANIK
DI PT EASTERN SUMATRA INDONESIA**

TESIS

OLEH

**HAMDANI
NPM. 181802004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRIBISNIS
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/2/22

Access From (repository.uma.ac.id)22/2/22

**ANALISIS KOMPARASI KINERJA DAN VARIABEL LINGKUNGAN
ANTARA PENGGUNAAN PUPUK ORGANIK DAN ANORGANIK
DI PT EASTERN SUMATRA INDONESIA**

TESIS

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) pada
Program Studi Magister Agribisnis Program Pascasarjana
Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRIBISNIS
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/2/22

Access From (repository.uma.ac.id)22/2/22

**UNIVERSITAS MEDAN AREA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER AGRIBISNIS**

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Analisis Komparasi Kinerja dan Variabel Lingkungan antara
Penggunaan Pupuk Organik dan Anorganik di PT Eastern
Sumatra Indonesia

Nama : Hamdani

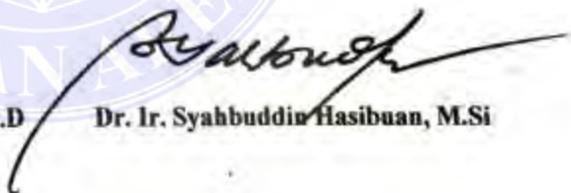
NPM : 181802004

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Ir. Zulkannain Lubis, MS, Ph.D


Dr. Ir. Syahbuddin Hasibuan, M.Si

**Ketua Program Studi
Magister Agribisnis**

Direktur


Prof. Dr. Ir. Yusniar Lubis, M.MA


Prof. Dr. Ir. Retna Astuti Kuswardani, MS

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/2/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Telah diuji pada Tanggal 31 Agustus 2020

N a m a : Hamdani

N P M : 181802004



Panitia Penguji Tesis :

Ketua : Prof. Dr. Ir. Retna Astuti Kuswardani, MS

Sekretaris : Ahmad Rafiki, BBA, M.Mgt, Ph.D, CIMA

Pembimbing I : Prof. Ir. Zulkarnain Lubis, MS, Ph.D

Pembimbing II : Dr. Ir. Syahbuddin Hasibuan, M.Si

Penguji Tamu : Dr. Ihsan Effendi, SE, M.Si

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 31 Agustus 2020

Yang menyatakan,



Hamdani

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/2/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Analisis Komparasi Kinerja dan Variabel Lingkungan Antara Penggunaan Pupuk Organik dan Anorganik di PT Eastern Sumatra Indonesia

Nama : Hamdani
NPM : 181802004
Program Studi : Magister Agribisnis
Pembimbing I : Prof. Ir. Zulkarnain Lubis, MS, PhD
Pembimbing II : Dr. Ir. Syahbuddin Hasibuan, M.Si

Limbah industri kelapa sawit telah menimbulkan pencemaran yang serius terhadap lingkungan hidup, khususnya terhadap lingkungan udara, karena terjadinya pelepasan gas nitrogenoksida (N_2O), gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2). Selain mencemari udara, gas gas tersebut telah menyebabkan terjadinya pemanasan global, yaitu peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat konsentrasi gas rumah kaca yang berlebih. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan pupuk kompos TKKS terhadap biaya penggunaan pupuk di PT Eastern Sumatra Indonesia, untuk menganalisis pengaruh penggunaan pupuk kompos TKKS terhadap produktivitas di PT Eastern Sumatra Indonesia dan untuk menganalisis pengaruh penggunaan pupuk kompos TKKS terhadap nilai GHG di PT Eastern Sumatra Indonesia. Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data yang dibutuhkan adalah biaya penggunaan pupuk organik dan anorganik, produktivitas kelapa sawit, nilai GHG dari tahun 2014-2019 per semester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh signifikan terhadap biaya penggunaan pupuk di PT Eastern Sumatra Indonesia. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh signifikan terhadap nilai GHG di PT Eastern Sumatra Indonesia.

Kata Kunci: Komparasi, Kinerja, Lingkungan, Pupuk Organik, Pupuk Anorganik

ABSTRACT

Comparative Analysis of Performance and Environmental Variables Between Use of Organic and Inorganic Fertilizers at PT Eastern Sumatra Indonesia

Name : Hamdani
NPM : 181802004
Study Program : Master of Agribusiness
Supervisor I : Prof. Ir. Zulkarnain Lubis, MS, PhD
Supervisor II : Dr. Ir. Syahbuddin Hasibuan, M.Si

Oil palm industrial waste has caused serious pollution to the environment, especially to the air environment, due to the release of Nitrogen oxide (N₂O), methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) gas. In addition to polluting the air, these three gases have caused global warming, which is an increase in the average temperature of the earth's surface due to excessive concentrations of greenhouse gases. This study aims to analyze the effect of using OPEFB compost on the cost of fertilizer use at PT Eastern Sumatra Indonesia, to analyze the effect of using OPEFB compost on productivity at PT Eastern Sumatra Indonesia and to analyze the effect of using OPEFB compost on GHG values at PT Eastern Sumatra Indonesia. This study uses secondary data. The data needed is the cost of using organic and inorganic fertilizers, oil palm productivity, GHG values from 2014-2019 per semester. The results showed that the use of OPEFB compost as organic fertilizer had a significant effect on the cost of using fertilizer at PT Eastern Sumatra Indonesia. The use of OPEFB compost as organic fertilizer has no significant effect on productivity. The use of OPEFB compost as organic fertilizer has a significant effect on GHG values in PT Eastern Sumatra Indonesia.

Keywords: *Comparison, Performance, Environment, Organic Fertilizer, Inorganic Fertilizer*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur peneliti mengucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan berkat kepada peneliti sehingga peneliti dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “**Analisis Komparasi Kinerja dan Variabel Lingkungan Antara Penggunaan Pupuk Organik dan Anorganik di PT Eastern Sumatra Indonesia**”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Magister Agribisnis pada Program Studi Magister Agribisnis, Program Pascasarjana Universitas Medan Area.

Dalam proses pengerjaan Tesis ini, peneliti telah mendapat bimbingan dari berbagai pihak, baik berupa materil, motivasi, spiritual, informasi maupun dari segi administrasi. Oleh karena itu sudah selayaknya penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Retna Astuti K. MS, selaku Direktur Pascasarjana Universitas Medan Area.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusniar Lubis, M.MA selaku Ketua Program Studi Magister Agribisnis Universitas Medan Area.
4. Bapak Prof. Ir. Zulkarnain Lubis, MS, Ph.D, selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

5. Bapak Dr. Ir. Syahbuddin Hasibuan, M.Si, selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Kepada Bapak Adam James selaku Presiden Direktur PT. Eastern Sumatra Indonesia yang telah bersedia memberikan izin penelitian dan memberikan data yang dibutuhkan dalam penyelesaian tesis ini.
7. Ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada orang tuaku Ibunda Murni dan keluargaku yang tercinta istriku Sri Ramadhani dan anak-anakku Raditya Pramana, Rafa Aulia Hamdani dan Raisya Azzahra Hamdani, yang selalu memberikan semangat dan dorongan dalam menyelesaikan studi dan tesis ini.

Penulis sangat menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangannya, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat konstruktif dari para pembaca demi penyempurnaannya. Semoga tesis ini dapat bermanfaat, baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun bagi pemerintah.

Medan, Agustus 2020

Penulis

Hamdani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Hipotesis Penelitian.....	8
1.4. Tujuan Penelitian	8
1.5. Manfaat Penelitian	8
1.6. Kerangka Pemikiran.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Perkembangan Kelapa Sawit.....	11
2.2. Jenis Limbah dari Kelapa Sawit.....	13
2.3. Pupuk Anorganik	14
2.4. Pupuk Organik	15
2.5. Perbandingan Antara Pupuk Organik dan Anorganik.....	17
2.6. Pembuatan Kompos dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	23
2.7. Penggunaan Kompos TKKS Sebagai Pupuk Organik	26

2.8. Dampak Perkebunan Kelapa Sawit Dalam Penyumbang Emisi Rumah Kaca	26
2.9. Perhitungan Nilai Gas Rumah Kaca	29
2.10. Penelitian Terdahulu	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2. Jenis dan Sumber Data	34
3.3. Teknik Pengumpulan Data	34
3.4. Teknik Analisis Data	35
3.5. Definisi Operasional	36
BAB IV GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN	
4.1. Sejarah Singkat Perusahaan	38
4.2. Visi dan Misi Perusahaan	40
4.3. Struktur Organisasi Perusahaan	40
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
5.1. Penggunaan Pupuk Organik di PT. Eastern Sumatra Indonesia	49
5.1.1. Jumlah Penggunaan Pupuk Organik	49
5.1.2. Jumlah Penggunaan Pupuk Anorganik	52
5.1.3. Total Biaya Penggunaan Pupuk	59
5.1.4. Produksi dan Produktivitas	61
5.1.5. <i>Green House Gas</i> (GHG)	63
5.2. Pembahasan	66
5.2.1. Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Biaya Penggunaan Pupuk	66

5.2.2. Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Produktivitas	69
5.2.3. Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Nilai Green House Gas (GHG)	71
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	75
6.2. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.	Perkembangan Jumlah Produksi, Ekspor dan Luas Lahan Kepala Sawit Indonesia 2009-2017	2
Tabel 2.	Kondisi yang dianjurkan untuk pengomposan.....	24
Tabel 3.	Produksi CPO PT Eastern Sumatra Indonesia Kebun Bukit Maradja Estate, Tahun 2014 – 2019	39
Tabel 4.	Jumlah Penggunaan Pupuk Organik Kompos TKKS pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Per Semester Tahun 2014 - 2019 ..	49
Tabel 5.	Biaya Penggunaan Pupuk Organik Kompos TKKS pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014– 2019.....	51
Tabel 6.	Jumlah Penggunaan Pupuk Dolomit pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	53
Tabel 7.	Jumlah Penggunaan Pupuk Kieserit pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	54
Tabel 8.	Jumlah Penggunaan Pupuk MOP pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	55
Tabel 9.	Jumlah Penggunaan Pupuk Rock Phosphate pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019	56
Tabel 10.	Jumlah Penggunaan Pupuk Urea pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	57
Tabel 11.	Biaya Penggunaan Pupuk Anorganik pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	58
Tabel 12.	Total Biaya Penggunaan Pupuk pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	60
Tabel 13.	Produksi dan Produktivitas pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	62
Tabel 14.	Nilai Green House Gas pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014– 2019	64

Tabel 15.	Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Total Biaya Pupuk, Produktivitas dan Nilai GHG pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019	66
Tabel 16.	Jumlah Penggunaan Pupuk Kompos TKKS dan Total Biaya Pupuk pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	67
Tabel 17.	Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Biaya Pupuk pada PT. Eastern Sumatra Indonesia	68
Tabel 18.	Jumlah Penggunaan Pupuk Kompos TKKS dan Produktivitas pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019	70
Tabel 19.	Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Produktivitas pada PT. Eastern Sumatra Indonesia	70
Tabel 20.	Jumlah Penggunaan Pupuk Kompos TKKS dan GHG pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019	72
Tabel 21.	Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Green House Gas pada PT. Eastern Sumatra Indonesia	73

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.	Kerangka Pemikiran.....	10
Gambar 2.	Skema proses produksi kompos aerob	25
Gambar 3.	Struktur Organisasi Palm Oil Mill Bukit Maradja	41
Gambar 4.	Struktur Organisasi Kebun Bukit Maradja.....	45
Gambar 5.	Perkembangan Jumlah Penggunaan Kompos TKKS di PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 – 2019.....	51
Gambar 6.	Perkembangan Biaya Aplikasi Kompos TKKS pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 – 2019.....	52
Gambar 7.	Perkembangan Biaya Pupuk Anorganik pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019	59
Gambar 8.	Perkembangan Total Biaya Pupuk pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 – 2019	61
Gambar 9.	Perkembangan Produktivitas pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 - 2019.....	63
Gambar 10.	Perkembangan Nilai GHG pada PT. Eastern Sumatra Indonesia, Tahun 2014 – 2019	65
Gambar 11.	Kurva Respon Pengaruh Jumlah Kompos TKKS terhadap Total Biaya Pupuk.....	69
Gambar 12.	Kurva Respon Pengaruh Jumlah Kompos TKKS terhadap Nilai GHG	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Komoditas perkebunan kelapa sawit merupakan andalan bagi pendapatan Nasional dan devisa Negara Indonesia, yang dapat dilihat dari nilai ekspor perkebunan kelapa sawit, pada tahun 2017 total ekspor perkebunan kelapa sawit mencapai US 31,8 milyar atau setara dengan Rp 432,4 triliun (asumsi 1 US = Rp 13500) (Ditjenbun, 2018). Pembangunan perkebunan khususnya kelapa sawit di Indonesia telah membawa dampak ekonomi pada masyarakat, baik masyarakat yang terlibat dalam aktivitas perkebunan maupun masyarakat sekitarnya dari hasil penelitian Almasdi syahza (2007) menjelaskan bahwa pembangunan perkebunan kelapa sawit dapat mengurangi ketimpangan pendapatan antar golongan masyarakat dan mengurangi ketimpangan ekonomi antar kabupaten/kota, menciptakan multiplier efek ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan dan ekspor produk turunan kelapa sawit (CPO) dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi daerah.(GAPKI Sumut, 2019)

Usaha perkebunan terbukti cukup tangguh bertahan dari terpaan resesi dan krisis moneter yang melanda perekonomian Indonesia. Untuk itu, perkebunan perlu dikelola, dilindungi dan dimanfaatkan secara terencana, terbuka, terpadu, profesional dan bertanggung jawab demi meningkatkan perekonomian rakyat, bangsa dan negara. Menurut Murjoko (2017) bahwa salah satu subsektor yang memegang peranan penting dalam perkembangan perekonomian di Indonesia

adalah subsector perkebunan. Subsektor ini menyediakan lebih dari 19,4 juta lapangan kerja bagi penduduk Indonesia. Selain itu, subsektor perkebunan juga menambah devisa negara secara signifikan. Upaya pengembangan komoditas perkebunan bukan hanya ditujukan untuk meningkatkan kuantitas produk, tetapi juga harus disertai peningkatan kualitas, keamanan, kontinuitas produksi dan tingkat harga yang kompetitif sehingga mampu bersaing di pasar internasional.

Tanaman perkebunan yang menjadi andalan Indonesia sebagai komoditas ekspor adalah kelapa sawit sehinggaluas lahan dan produksi kepala sawit Indonesia meningkat setiap tahun, baik pada kebun rakyat, perkebunan negara, maupun perkebunan swasta nasional. Data perkembangan jumlah produksi, ekspor dan luas lahan kepala sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkembangan Jumlah Produksi, Ekspor dan Luas Lahan Kepala Sawit Indonesia 2009-2017

Uraian	Tahun								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Produksi (juta ton CPO)	19,3	21,96	23,1	26,0	27,8	29,3	31,1	31,7	38,0
Export (juta ton CPO)	16,8	16,3	16,4	18,9	20,6	22,9	26,5	22,8	27,4
Export (juta dollar AS)	10,4	13,5	17,3	17,6	15,8	17,5	15,4	14,4	18,5
Luas Areal (juta ha)	7,9	8,4	9,0	9,6	10,5	10,7	11,2	11,2	14,1

Sumber: Ditjenbun, 2018

Dari Tabel 1 terlihat bahwa dalam jangka waktu 9 tahun, yaitu dari tahun 2009 – 2017 produksi CPO dari kelapa sawit nasional telah mengalami

peningkatan hampir dua kali lipat, yaitu dari 19,3 juta ton pada tahun 2009 menjadi 38,0 juta ton pada tahun 2017. Kontribusinya terhadap nilai ekspor juga meningkat dari US\$ 10,4 juta pada tahun 2009 menjadi US\$ 18,5 juta pada tahun 2007. Sementara luas lahan kelapa sawit meningkat dari 7,9 juta ha pada tahun 2009 menjadi 14,8 juta ha pada tahun 2017 (Direktorat Jendral Perkebunan, 2018). Produksi dan luas lahan diprediksi akan terus mengalami peningkatan seiring dengan tingginya ekspansi perkebunan kelapa sawit dan penambahan jumlah penduduk (petani) yang mengelola tanaman kelapa sawit.

Peningkatan produksi kelapa sawit memiliki konsekuensi serius berupa peningkatan limbah industri yang dihasilkan, baik limbah padat, limbah cair, maupun limbah gas. Limbah industri kelapa sawit telah menimbulkan pencemaran yang serius terhadap lingkungan hidup, khususnya terhadap lingkungan udara, karena terjadinya pelepasan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Selain mencemari udara, kedua gas tersebut telah menyebabkan terjadinya pemanasan global, yaitu peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat konsentrasi gas rumah kaca yang berlebih (Lingkungan Hidup, 2016). Oleh karena itu perlu diupayakan untuk mengolah dan memanfaatkan limbah industri kelapa sawit agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup, serta dapat memberikan manfaat ekonomi. Dampak negatif yang ditimbulkan adalah efek gas rumah kaca *green house gas* (GHG). Dengan adanya pengurangan nilai GHG ini maka perusahaan dapat memperoleh sertifikasi ISCC (*International Sustainability and Carbon Certification*). ISCC merupakan sistim sertifikasi bertaraf internasional pertama, yang diklaim dapat membuktikan *sustainability* dan *traceability* serta penghematan yang berasal dari efek gas rumah kaca, untuk segala jenis produksi biomass (energi terbarukan

generasi kedua). Melalui skim ISCC, CPO yang berhasil disertifikasi akan mendapatkan insentif harga premium sebesar US\$20-US\$30/Ton di pasar global. Keberadaan sertifikasi ISCC, yang berasal dari kebutuhan akan bio energi yang ramah lingkungan. Keberadaan bio energi, juga dibutuhkan untuk menekan efek GHG yang akan mengakibatkan pemanasan global. Sebab itu, keberadaan sertifikasi ISCC, bisa diterapkan kepada semua jenis minyak nabati (Info Sawit, 2018).

Salah satu jenis limbah padat yang paling banyak dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang dapat mencapai 22 – 23% dari total tandan buah segar (TBS) yang diolah (Fauzi et al., 2012). Maka diperkirakan bahwa jumlah limbah TKKS seluruh Indonesia pada tahun 2017 mencapai sekitar 38,0 juta ton. Agar limbah TKKS yang jumlahnya sangat besar ini tidak menimbulkan permasalahan lingkungan, maka diperlukan manajemen yang baik untuk mengelolanya. Salah satu alternatif cara pengelolaan TKKS adalah dengan melakukan pengomposan, sehingga limbah TKKS dapat digunakan sebagai pupuk organik (Fauzi et al., 2012).

Keunggulan kompos TKKS sebagai pupuk organik adalah: kandungan kalium yang tinggi, tanpa penambahan starter dan bahan kimia, memperkaya unsur hara yang ada di dalam tanah, dan mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi. Kandungan hara yang cukup tinggi diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik (pupuk kimia). Pengurangan penggunaan pupuk anorganik tentu akan berdampak pada pengurangan biaya produksi serta mengurangi emisi yang dihasilkan pupuk anorganik (Darnoko dan Ady, 2006).

Pada perusahaan perkebunan, biaya pupuk menjadi komponen biaya produksi yang terbesar setelah biaya tenaga kerja. Hal itu disebabkan pemupukan

masih didominasi pupuk anorganik, dan hanya sedikit menggunakan pupuk organik. Harga pupuk anorganik yang relatif mahal menyebabkan alokasi biaya untuk pemupukan menjadi cukup besar. Disamping itu, adanya peningkatan harga pupuk setiap tahun berpotensi menyebabkan semakin tingginya biaya produksi yang harus ditanggung oleh perusahaan. Dengan pemanfaatan limbah TKKS sebagai pupuk kompos, maka diharapkan dapat menggantikan sebagian dari pupuk anorganik sebagai sumber unsur hara tanaman, sehingga dapat mengurangi biaya pupuk (Darnoko dan Ady, 2006).

Pemberian pupuk anorganik pada tanaman kelapa sawit juga memiliki kontribusi cukup tinggi terhadap emisi karbon (jumlah emisi gas rumah kaca), khususnya pupuk nitrogen. Pupuk nitrogen lebih banyak berkontribusi terhadap pemanasan global dibandingkan penggunaan pupuk lain (Kusin et al., 2015). Penggunaan pupuk kompos TKKS yang mengandung berbagai jenis unsur hara termasuk hara nitrogen diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk nitrogen, sehingga mengurangi buangan gas emisi karbon.

Selain itu kompos TKKS memiliki beberapa sifat yang menguntungkan antara lain: (1) memperbaiki struktur tanah berlempung menjadi ringan; (2) membantu kelarutan unsur-unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman; (3) bersifat homogen dan mengurangi risiko sebagai pembawa hama tanaman; (4) merupakan pupuk yang tidak mudah tercuci oleh air yang meresap dalam tanah dan (5) dapat diaplikasikan pada sembarang musim. Intinya bahwa kompos TKKS dapat memperbaiki kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia dan biologi tanah. Penggunaan pupuk anorganik yang telah dilakukan secara terus

menerus dalam jangka waktu lama tentu telah berdampak negatif terhadap kesuburan tanah, dimana tanah menjadi keras dan lengket atau tidak gembur, terganggunya keseimbangan hara, serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu untuk mengembalikan (meningkatkan) kesuburan tanah tersebut perlu dilakukan penambahan kompos TKKS yang sekaligus dapat berfungsi sebagai sumber hara bagi tanaman. Peningkatan kesuburan tanah akan meningkatkan produktivitas, dimana hasil per hektar yang diperoleh akan meningkat secara signifikan. Dengan demikian, pemanfaatan limbah TKKS untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik akan memberikan manfaat yang cukup besar terhadap pengurangan biaya produksi, meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan produktivitas lahan, serta mengurangi emisi gas dari pupuk anorganik (Darnoko dan Ady, 2006).

PT Eastern Sumatra Indonesia (PTESI) adalah perusahaan perkebunan kelapa sawit yang berlokasi di Desa Pematang Syahkuda, Kecamatan Gunung Malela, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Perusahaan tersebut mengelola lahan sawit seluas 3000 ha, dan memiliki satu unit Pabrik Kelapa Sawit (PKS) untuk mengolah tandan buah segar (TBS) menjadi CPO dan PK dengan kapasitas 30 ton/jam.

PT ESI telah memproduksi kompos dari TKKS dengan menggunakan sistim aerobic sejak tahun 2016. Kompos TKKS yang dihasilkan telah diaplikasikan pada tanaman kelapa sawit sebagai pupuk tunggal atau pupuk campuran yang secara langsung akan mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Kompos TKKS dapat dihasilkan dan digunakan secara terus menerus dalam

jangka panjang karena bahan baku limbah TKKS akan selalu tersedia dari PKS. Oleh karena itu perlu diketahui sejauh mana dampak ekonomi dan lingkungan atas penggunaan kompos TKKS pada perusahaan, sehingga penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul: **Analisis Komparasi Kinerja dan Variabel Lingkungan Antara Penggunaan Pupuk Organik dan Anorganik di PT Eastern Sumatra Indonesia.**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan di atas, dapat diketahui bahwa PT Eastern Sumatra Indonesia yang merupakan perusahaan perkebunan yang mempunyai Pabrik Kelapa Sawit di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara mempunyai pengolahan Tanda Kosong Kelapa Sawit (TKKS) menjadi pupuk organik kompos yang dioalah dengan limbah cair Pabrik Kelapa Sawit menggunakan proses pengomposan secara aerobik. Berdasarkan pada masalah tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Apakah penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh terhadap biaya penggunaan pupuk di PT Eastern Sumatra Indonesia.
2. Apakah penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh terhadap produktivitas di PT Eastern Sumatra Indonesia.
3. Apakah penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh terhadap nilai GHG di PT Eastern Sumatra Indonesia.

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik dapat meningkatkan biaya penggunaan pupuk di PT Eastern Sumatra Indonesia.
2. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik dapat meningkatkan produktivitas di PT Eastern Sumatra Indonesia.
3. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik dapat menurunkan nilai GHG di PT Eastern Sumatra Indonesia.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dan hipotesis di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pengaruh penggunaan pupuk kompos TKKS terhadap biaya penggunaan pupuk di PT Eastern Sumatra Indonesia.
2. Untuk menganalisis pengaruh penggunaan pupuk kompos TKKS terhadap produktivitas di PT Eastern Sumatra Indonesia.
3. Untuk menganalisis pengaruh penggunaan pupuk kompos TKKS terhadap nilai GHG di PT Eastern Sumatra Indonesia.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dirumuskan dari dilakukannya penelitian ini terdiri dari dua manfaat, yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis.

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya dan perkebunan kelapa sawit pada khususnya.

2. Kegunaan Praktis

- a) Bagi peneliti, hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan perusahaan perkebunan dan Pabrik Kelapa Sawit.
- b) Bagi perusahaan, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran tentang kinerja (biaya penggunaan pupuk dan produktivitas kelapa sawit) dan lingkungan (nilai GHG).

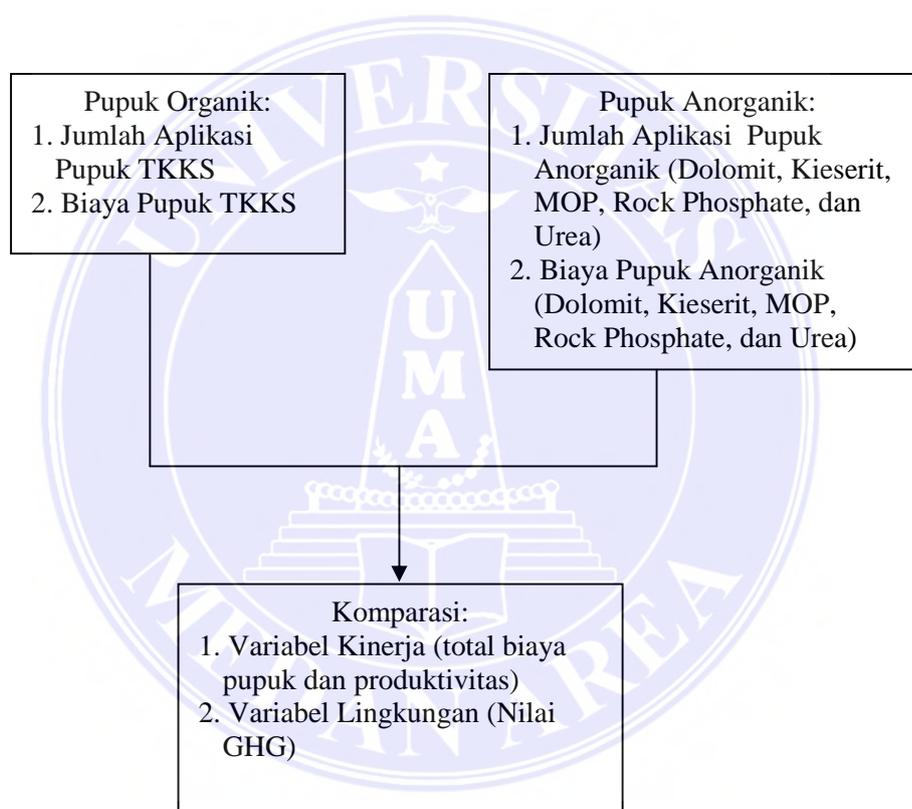
1.6. Kerangka Pemikiran

Pada perusahaan perkebunan, biaya pupuk menjadi komponen biaya produksi yang terbesar setelah biaya tenaga kerja. Hal itu disebabkan pemupukan masih didominasi pupuk anorganik, dan hanya sedikit menggunakan pupuk organik. Harga pupuk anorganik yang relatif mahal menyebabkan alokasi biaya untuk pemupukan menjadi cukup besar. Disamping itu, adanya peningkatan harga pupuk setiap tahun berpotensi menyebabkan semakin tingginya biaya produksi yang harus ditanggung oleh perusahaan. Dengan pemanfaatan limbah TKKS sebagai pupuk kompos, maka diharapkan dapat menggantikan sebagian dari pupuk anorganik sebagai sumber unsur hara tanaman, sehingga dapat mengurangi biaya pupuk.

Pemberian pupuk anorganik pada tanaman kelapa sawit juga memiliki kontribusi cukup tinggi terhadap emisi karbon (jumlah emisi gas rumah kaca),

khususnya pupuk nitrogen. Pupuk nitrogen lebih banyak berkontribusi terhadap pemanasan global dibandingkan penggunaan pupuk lain (Kusin et al., 2015). Penggunaan pupuk kompos TKKS yang mengandung berbagai jenis unsur hara termasuk hara nitrogen diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk nitrogen, sehingga mengurangi buangan gas emisi karbon.

Kerangka pemikiran penelitian ini adalah:



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkembangan Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit adalah sumber utama minyak nabati sesudah kelapa di Indonesia. Tanaman ini dikenal di dunia barat setelah orang Portugis berlayar ke Afrika tahun 1466. Dalam perjalanan ke Pantai Gading (Ghana), penduduk setempat terlihat menggunakan kelapa sawit untuk memasak maupun untuk bahan kecantikan. Pada tahun 1970 untuk yang pertama kali dikapalkan sejumlah biji kelapa sawit ke Inggris dan memasuki daratan benua Eropa tahun 1844 (Rutgers, 1922 dalam Isroi, 2008).

Tahun 1848 tanaman kelapa sawit masuk ke Indonesia dan daerah-daerah lain di Asia sebagai tanaman hias. Ada 4 tanaman yang ditanam di Kebun Raya bogor (Botanical Garden) Bogor, dahulu bernama Buitenzorg, dua berasal dari Bourbon (Mauritius) dan dua lainnya dari Hortus Botanicus, Amsterdam (Belanda). Pada tahun 1853 keempat tanaman tersebut telah berbuah dan bijinya disebarkan secara gratis. Pada pengamatan tahun 1858, ternyata keempat tanaman tersebut tumbuh subur dan berbuah lebat. Walaupun berbeda waktu penanaman (asal Bourbon lebih dulu dua bulan), tanaman tersebut berbuah dalam waktu yang sama, mempunyai tipe yang sangat beragam, kemungkinan diperoleh dari sumber genetik yang sama (Rutgers, 1922 dalam Isroi, 2008).

Kira-kira 10 tahun kemudian, diadakan uji coba penanaman kelapa sawit pertama di Indonesia yang dilakukan di karesidenan Banyumas 14 acre dan di

karisidenan Palembang 3 acre (Sumatera Selatan). hasil uji coba tersebut menunjukkan bahwa tanaman kelapa telah berbuah pada tahun keempat setelah ditanam dengan tinggi batang 1,5 m, sedangkan di negeri asalnya baru berbuah pada tahun keenam atau ketujuh. Selanjutnya uji coba dilakukan di Muara Enim tahun 1869, Musi Ulu 1870 dan Biliton 1890 (Van Heurn, 1948 dalam Fauzi, et.al, 2012) tetapi tidak begitu baik pertumbuhannya. Hal ini baru disadari kemudian, bahwa iklim daerah Palembang kurang sesuai untuk pertumbuhan kelapa sawit. Kemudian dikembangkan ke Sumatera Utara, ternyata sungguh baik. Keunggulan kelapa sawit Sumatera Utara sudah dikenal sejak sebelum perang dunia ke II dengan varietas Dura Deli (bahasa Inggris: Deli Dura) yakni tanaman kelapa sawit yang ditanam di Tanah Deli (Medan dan sekitarnya).

Selama 40 – 50 tahun sesudah tanaman kelapa sawit masuk ke Indonesia hanya digunakan sebagai tanaman hias, barulah pada tahun 1911 diperkebunkan di Sumatera Utara, hanya 9,1% di Lampung dan 4,1 % di Aceh (Daswir dan Panjaitan, 1981 dalam Isroi, 2008). Sekarang ini sudah tersebar luas di berbagai propinsi lain termasuk di P. Jawa melalui proyek PIR atau perluasan usaha Perusahaan Perkebunan Negara (PPN) ataupun Perseoran Terbatas Perkebunan Nusantara (PTPN) yang kebanyakan berpusat di Sumatera Utara, dan Riau serta pembukaan lahan baru oleh perusahaan asing maupun swasta nasional (Daswir dan Panjaitan, 1981 dalam Isroi, 2008).

Secara nasional pengembangan komoditas ekspor kelapa sawit terus meningkat dari tahun ke tahun, terlihat dari rata-rata laju pertumbuhan luas areal

kelapa sawit selama tahun 2004 - 2014 sebesar 7,67%, sedangkan produksinya meningkat rata-rata 11,09% tahun-1 (Ditjenbun, 2014).

Perkebunan kelapa sawit banyak andil dalam membangun infrastruktur jalan dan jembatan yang bisa digunakan kepentingan umum. Perkebunan kelapa sawit juga membangun sekolah dilingkungan kebun, yang juga bisa untuk masyarakat sekitar kebun. Karena perkebunan kelapa sawit maka tumbuh pasar, pusat perdagangan dan kegiatan pendukung lainnya.

Dari Aspek kelestarian lingkungan, perkebunan kelapa sawit menjadi solusi penghutanan kembali (reforestasi) areal/hutan yang gundul atau terlantar (*degraded*). Akan sulit faktanya, menanam hutan (reboisasi) dalam jumlah besar dan berhasil. Tapi menanam kelapa sawit dalam satu unit kebun (rata-rata 10.000 ha) dalam setahun adalah hal yang sangat mungkin dan karena dirawat pasti akan menjadi (hutan) kelapa sawit yang subur. Dari aspek mitigasi emisi gas rumah kaca, kebun kelapa sawit memiliki kemampuan menyerap karbon (*carbon sequestration*) yang sangat baik (Joko S, 2017).

2.2. Jenis Limbah dari Kelapa Sawit

Proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) pada industri kelapa sawit dalam memproduksi minyak sawit mentah/CPO dan minyak inti sawit/PKO menghasilkan tiga macam limbah yakni limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat merupakan yang paling banyak yakni sekitar 35-40% dari total TBS yang diolah dalam bentuk tandan buah kosong, serat, cangkang buah, dan abu bakar. Limbah

cair dihasilkan dari sisa proses pembuatan minyak kelapa sawit berbentuk cair yang disebut *Palm Oil Mills Effluent* (POME). Sedangkan limbah gas berasal dari gas buangan pabrik kelapa sawit pada proses produksi CPO.

Sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, tentunya potensi limbah sawit Indonesia juga sangat besar. Sebagai gambaran, jumlah tandan kosong yang dihasilkan setiap ton TBS yang diolah mencapai sekitar 23%, namun belum banyak dimanfaatkan dan pengelolaannya masih terbatas sebagai abu bakar dan mulsa tanaman.

Sementara cangkang sawit yang memiliki bentuk seperti tempurung kelapa masih digunakan sebagai produk samping daripada sebagai substitusi energi. Padahal jika dibandingkan dengan batu bara, cangkang sawit memiliki kelebihan sebagai bahan bakar yang ramah terhadap lingkungan karena tidak mengandung sulfur sehingga tidak menghasilkan gas pencemar (Nurmala, 2018).

2.3. Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik merupakan pupuk yang dibuat di pabrik secara kimia. Pupuk anorganik dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah hara yang menyusunnya, yaitu pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk tunggal merupakan pupuk yang mengandung hanya satu unsur hara. Sedangkan pupuk majemuk merupakan pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur (Kasno, 2009).

Sumber hara N adalah pupuk urea, ZA, DAP, KNO, dan NPK. Nitrogen merupakan hara yang bersifat higroskopis atau mudah menyerap air dan mudah larut dalam tanah. Hara N diserap tanaman dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- .

Kadar NH_4^+ terlarut tertinggi terjadi pada saat pemupukan hingga hari ke 3 (Kasno, 2009), mudah hilang dan tidak tersedia bagi tanaman. Nitrogen bersifat mobil di dalam tanah. Sumber hara P adalah pupuk superfosfat, fosfat alam, DAP, dan NPK. Hara P dalam tanah stabil atau tidak mudah hilang. Hara K bersumber dari pupuk KCl, MOP, KNO_3 , dan NPK. Hara K dalam tanah bersifat mobil, mudah bergerak dan pada tanah tua (Ultisol dan Oxisol) mudah tercuci.

Pupuk anorganik diberikan berdasarkan sifat tanah atau kesuburan tanah dan varietas tanaman. Sifat tanah atau status hara tanah dapat diketahui dari hasil analisis tanah di laboratorium atau dengan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS). Dosis pupuk untuk tanaman dengan hasil lebih tinggi, misalnya padi hibrida akan lebih tinggi (Kasno, 2009).

2.4. Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari tanaman dan dari hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk mensuplai bahan organik, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Sudirja, 2012).

Sumber bahan organik dapat berupa, sisa panen (jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, dan sabut kelapa), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian, dan limbah kota yang berasal dari tanaman, setelah dipisah dari bahan yang tidak dapat di rombak misalnya plastik, kertas, botol, dan kertas (Simanungkalit et al., 2010).

Fungsi pupuk organik adalah mensuplai bahan organik, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Selain itu bahan/pupuk organik sangat bermanfaat

bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, mengurangi pencemaran lingkungan, dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan, pupuk organik/bahan organik memiliki fungsi kimia yang penting untuk tanaman seperti :

1. Penyediaan hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe, meskipun jumlahnya relatif sedikit. Penggunaan bahan organik dapat mencegah kekurangan unsur mikro pada tanah yang telah diusahakan secara intensif dengan pemupukan yang kurang seimbang.
2. Meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan
3. Dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti AL, Fe, dan Mn.

Fungsi biologis organik adalah sebagai sumber energi dan makanan mikroorganisme dalam tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang sangat bermanfaat dalam penyediaan hara dalam tanaman. Dengan demikian pemberian pupuk organik pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Pupuk yang telah dikomposkan relatif lebih kecil volumenya dan mempunyai kematangan tertentu sehingga sumber hara mudah tersedia bagi tanaman. Pengomposan antara lain bertujuan untuk menghasilkan pupuk organik dengan kepadatan serta kandungan air tertentu, menyederhanakan komponen bahan dasar yang mudah didekomposisi, serta memineralisasi hara untuk pertumbuhan tanaman (Nuansa persada online, 2009).

Kebutuhan pupuk sangat tinggi, di Sumatera Utara sendiri permintaan pupuk itu tidak terpenuhi. Permintaan pupuk organik di Sumatera Utara sedikitnya mencapai 500 ton per bulan sehingga dalam satu tahun bisa dijual 6.000 ton. Permintaan 500 ton per bulan itupun masih hanya datang dari petani atau pengusaha tanaman hortikultura di dua kabupaten yakni tanah Karo dan Simalungun (Pusri, 2007).

Penggunaan pupuk organik cukup besar karena didorong oleh pemahaman peranan bahan organik dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Nakada (1981 dalam Sutanto, 2002) melaporkan terjadinya kenaikan N, P, K dan si tanah karena pemberian kompos jangka panjang juga mampu meningkatkan aktivitas mikroba penyemat nitrogen melalui peningkatan kandungan bahan organik tanah yang mudah terdekomposisi, meningkatkan pembentukan agregat yang stabil dan kapasitas pertukaran kation.

Jenis pupuk organik sangat beragam, ditentukan berdasarkan bahan terbentuknya, dari sinilah lahir sebutan pupuk kandang, kompos TKKS, pupuk hijau, humus, dan pupuk burung liar atau guano.

2.5. Perbandingan Antara Pupuk Organik dan Anorganik

Berbagai jenis pupuk digunakan dan dikembangkan untuk menyuplai nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Pupuk sendiri didefinisikan sebagai salah satu material yang ikut di taburkan dalam tanah atau media tanam dengan tujuan memenuhi unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Material pupuk memiliki berbagai macam rupa dari mulai yang cair hingga padat dari mulai yang alami hingga anorganik.

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cairan, yang berfungsi menyuburkan tanah dan mengatasi sifat berbagai sifat yang ada dalam tanah. Sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk hasil proses rekayasa secara kimia, fisika dan atau biologi, dan merupakan hasil industri atau pabrik pembuat pupuk (Lingga dan Marsono, 2012). Berikut perbedaan pupuk organik dan anorganik yang lebih jelas.

1. Bahan Baku dan Jenis

Perbedaan mendasar dari pupuk organik dan anorganik adalah bahan baku pembuatannya. Kandungan unsur hara yang terdapat dalam pupuk organik berasal dari bahan-bahan alami yang menjadi bahan baku pembuatan pupuk organik, sementara pada pupuk anorganik, unsur-unsur yang dikandungnya berasal dari bahan sintetis atau bahan kimia yang ditambahkan.

Bahan-bahan yang dapat digunakan pada pembuatan pupuk organik dapat berasal dari pupuk kandang, kompos, kascing, gambut, rumput laut dan guano. Berdasarkan bahan bakunya, pupuk organik dapat dibuat dari kotoran hewan, dedaunan hijau maupun campuran kedua jenis bahan tersebut. Dedaunan yang digunakan sebagai bahan pupuk akan menghasilkan pupuk hijau. Pupuk hijau sendiri merupakan pupuk yang berasal dari pelapukan tanaman, baik tanaman sisa panen maupun tanaman yang biasa digunakan sebagai pupuk. Bahan yang digunakan untuk pembuatan pupuk hijau misalnya adalah leguminosa atau kacang-kacangan dan azola atau tanaman air yang dipilih karena kaya akan unsur hara terutama kandungan nitrogennya (Lingga dan Marsono, 2012).

Kotoran yang dipilih sebagai dasar pembuatan pupuk organik akan menghasilkan pupuk kandang. Kandungan pada pupuk kandang pun berbeda-beda, terutama dibedakan dari ada tidaknya urine hewan yang dimanfaatkan kotorannya. Selain pupuk hijau dan pupuk kandang, pupuk kompos juga merupakan jenis pupuk organik. Pupuk kompos berasal dari pelapukan bahan organik melalui proses biologis dengan bantuan organisme pengurai, yang biasanya berupa mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan kapang, atau makroorganisme seperti cacing tanah. Dalam pembuatannya, pupuk kompos dapat memanfaatkan atau meniadakan udara.

Berbeda dengan pupuk organik yang memanfaatkan bahan alam, pupuk anorganik menggunakan bahan kimia dalam pembuatannya. Perpaduan bahan kimia yang pada pupuk anorganik akan menghasilkan kandungan unsur-unsur makro yang dibutuhkan tanaman. Pupuk anorganik sendiri dapat terdiri dari jenis pupuk anorganik tunggal dan majemuk. Pupuk anorganik tunggal hanya mengandung satu jenis unsur makro misalnya nitrogen, sementara pupuk anorganik majemuk dapat mengandung lebih dari satu unsur makro misalnya perpaduan unsur nitrogen, pospat dan kalium atau perpaduan nitrogen dan sulfur dalam satu jenis pupuk. Pada pupuk majemuk, unsur hara yang digunakan disesuaikan dengan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman, seperti diamonium phospat yang mengandung unsur nitrogen dan fosfor (Rinsema, 2010).

2. Kandungan dan Manfaatnya

Pebedaan pupuk alami dan buatan lainnya terdapat pada kandungan dan manfaat yang dihasilkannya. Karena terbuat dari bahan-bahan alami, pupuk

organik dapat mengandung baik unsur hara mikro dan makro yang dibutuhkan oleh tanaman serta zat-zat pengatur tumbuh yang dibutuhkan oleh tumbuhan, sedangkan pada pupuk anorganik hanya terdapat unsur-unsur makro yang berasal dari bahan-bahan kimia yang ditambahkan pada pupuk. Unsur hara makro yang dikandung pada pupuk anorganik pun terbatas hanya pada unsur yang ditambahkan. Misal pada pupuk urea hanya terdapat unsur nitrogen, atau pupuk NPK yang hanya mengandung unsur nitrogen, fosfor dan kalium.

Berbeda dengan pupuk anorganik atau buatan, pupuk organik atau pupuk alami dapat mengandung berbagai macam unsur hara makro dalam satu pupuk, seperti unsur karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Sulfur (S), Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Pupuk alami juga mengandung berbagai jenis unsur hara mikro seperti Besi (Fe), Klor (Cl), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Boron (Bo) dan Molibdenum (Mo). Berbagai ZPT juga dikandung pada pupuk organik. ZPT berperan dalam mengatur budidaya tanaman.

ZPT disebut juga hormon pengatur tumbuhan (plant hormone) yang digolongkan dalam lima jenis yaitu auksin, giberelin, sitokinin, etilen dan inhibitor. Penggunaan bahan-bahan alami dari tanaman sebagai pupuk organik dapat merangsang tanaman untuk semakin memproduksi ZPT yang berguna bagi pertumbuhannya. Karenanya penggunaan bahan baku dalam pupuk organik sangat dipengaruhi oleh tujuan penggunaan pupuk. Bila ditujukan untuk memaksimalkan pertumbuhan daun, maka sebaiknya digunakan pupuk organik berbahan daun.

Demikian pula bila hendak menggunakan pupuk untuk memaksimalkan pertumbuhan batang maupun buah (Abidin, 2012).

Manfaat penggunaan pupuk anorganik disesuaikan dengan unsur hara mikro yang dikandungnya. Beberapa unsur yang banyak digunakan adalah nitrogen, kalium, fosfor dan sulfur dengan manfaat sebagai berikut:

a. Nitrogen (N)

Unsur nitrogen digunakan dalam pertumbuhan terutama pada fase vegetatif yaitu untuk pertumbuhan daun, batang dan cabang. Nitrogen berperan pula dalam pembentukan klorofil, protein dan lemak.

b. Kalium (K)

Kalium berperan dalam membantu proses pertumbuhan protein dan karbohidrat, memperkuat jaringan tanaman dan berperan dalam pembentukan antibodi tanaman yang bisa melawan penyakit dan kekeringan.

c. Fosfor (P)

Fosfor berguna dalam pembentukan akar, mempercepat penuaan buah, memperkuat batang tanaman serta meningkatkan hasil biji-bijian dan umbi-umbian. Fosfor juga berfungsi untuk membantu proses asimilasi dan respirasi.

d. Sulfur (S)

Sulfur berperan dalam pembentukan bintil akar, pembentukan tunas dan pembentukan klorofil serta asam amino.

Berbeda dengan pupuk anorganik yang memiliki manfaat yang disesuaikan dengan unsur hara yang dikandungnya, pupuk organik memiliki

semua manfaat sekaligus, ditambah dengan manfaat dari unsur hara mikro yang juga dikandungnya.

3. Kelebihan dan Kekurangan

Meskipun mengandung unsur hara yang lengkap, baik unsur hara makro dan mikro, kandungan unsur hara pada pupuk organik atau alami jumlahnya lebih kecil sehingga harus diberikan dalam jumlah yang relatif banyak. Sebaliknya, pupuk anorganik mengandung lebih sedikit unsur hara dan sangat terbatas bergantung dari bahan kimia yang ditambahkan, namun jumlah kandungan tersebut lebih banyak sehingga penggunaannya pun tidak sebanyak menggunakan pupuk organik.

Pupuk organik tidak hanya menyediakan unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, namun juga berperan dalam memperbaiki sifat tanah, terutama sifat biologisnya. Menggunakan pupuk organik dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk meningkatkan suplai nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman. Tidak hanya baik tanaman, pupuk organik juga baik untuk memperbaiki dan menjaga struktur tanah. Pupuk anorganik hanya menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga dan tidak dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menghasilkan nutrisi. Penggunaan pupuk anorganik pun harus diberikan dalam takaran yang tepat karena dapat mempengaruhi karakteristik tanah dan pemakaiannya yang berlebihan dapat merusak tanah.

Sementara pupuk organik dapat berperan sebagai penyangga pH tanah yang akan menjaga keseimbangan keadaannya, pupuk anorganik sangat mungkin mempengaruhi keasaman tanah dan mengubahnya. Pupuk dengan kandungan sulfur seperti pupuk ZA dapat dengan cepat mengubah keasaman tanah dengan

menurunkan tingkat keasamannya, karena karakteristik ion sulfur yang dibawanya, sehingga penggunaan pupuk anorganik harus disesuaikan dengan karakteristik tanah agar tidak merusak struktur dan keseimbangannya (Rinsema, 2010).

Kandungan unsur hara dalam jumlah besar yang dikandung pada pupuk anorganik membuatnya dapat dengan cepat memberikan hasil bagi tanaman. Sedangkan karena mengandung jumlah unsur hara yang kecil, pupuk organik akan lebih lambat memberikan hasil bila dibandingkan dengan pupuk anorganik. Jumlah pupuk organik yang harus digunakanpun akan menjadi lebih banyak bila dibandingkan dengan pupuk anorganik, untuk memberikan jumlah nutrisi yang setara diantara kedua jenis pupuk (Rinsema, 2010).

2.6. Pembuatan Kompos dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TTKS mengandung unsur hara dan bahan organik yang cukup tinggi sehingga tankos dapat digunakan sebagai pupuk dan bahan amelioran (Schuchardt *et al.*, 2010). Manfaat tankos antara lain meningkatkan KTK (Kapasitas Tukar Kation) dan pH tanah, mengandung unsur hara N, P, K dan Mg, dapat berperan sebagai mulsa dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Hal senada di laporkan Djajakirana (2008), tankos merupakan sumber bahan organik yang banyak mengandung unsur hara dengan 0,74-0,98% N; 0,06-0,07% P; 2,10-2,18% K; 0,16-0,40% Ca; dan 0,13-0,15% Mg dan bila dikomposkan akan lebih tersedia bagi tanaman serta dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Pengomposan dengan proses aerob, yang berarti dalam prosesnya membutuhkan udara. Bahkan udara mungkin lebih penting dari makanan bagi mikroorganisme, pada umumnya dalam tumpukan kompos, udara lebih dahulu

habis daripada makanan. Jika tidak terdapat cukup udara, dekomposisi terjadi secara anaerob, yang merupakan hal buruk untuk dua alasan. Pertama, perosesnya lebih lambat daripada pengomposan secara aerob, dan kedua, beberapa produknya, seperti ammonia dan hidrogen sulfida menimbulkan bau busuk (Thompson K, 2007 dalam Wardani, 2012)

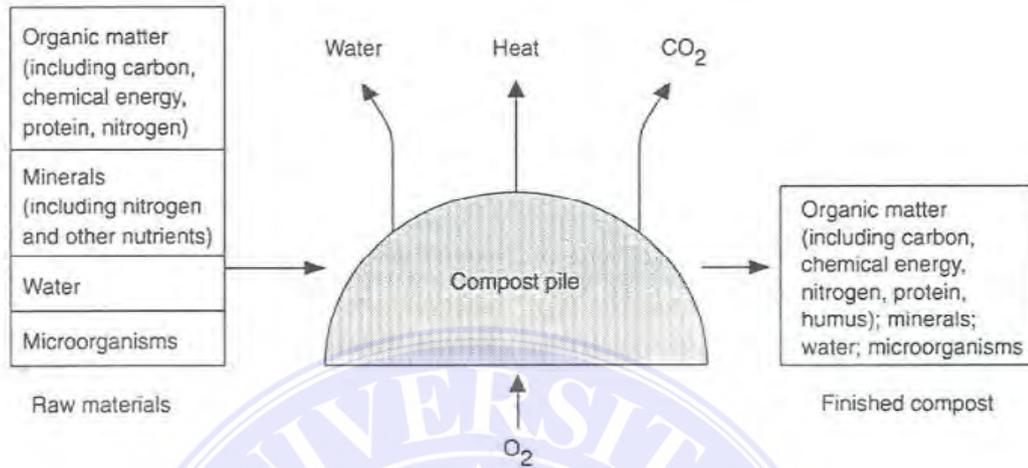
Oksigen disediakan pada material kompos melalui aerasi. Mekanisme aerasi dapat sangat efektif, tetapi tidak sempurna. Dalam kenyataan, sebagian dari proses dekomposisi juga terjadi secara anaerob (tanpa O₂). Proses anaerob berperan pada keseluruhan dekomposisi dari material kompos. Tetapi, dekomposisi anaerob yang berlebihan tidak diinginkan selama pengomposan karena menghasilkan degradasi yang tidak sempurna dan bau (Miller, 1993 dalam Dwi Ida Wardani, 2012). Menyediakan kondisi aerasi yang baik meminimalkan bau yang berhubungan dengan proses anaerob dan menyempurnakan dekomposisi dari produk degradasi anaerobik parsial seperti asam organik, yang dapat berperan pada fitotoksisitas ketika kompos digunakan (Stoffella dan Kahn, 2001 dalam Dwi Ida Wardani, 2012).

Tabel 2. Kondisi yang dianjurkan untuk pengomposan

Kondisi	Batas yang layak	Batas yang dianjurkan
Rasio C/N	20/1 – 40/1	25/1 – 30/1
Kelembaban	40 – 65 % ¹	50 – 60 %
Konsentrasi O ₂	>5 %	jauh lebih besar dari 5 %
Ukuran Partikel	3 – 13	Bervariasi ²
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Temperatur	43 – 66	54 – 60

¹ Rekomendasi untuk pengomposan cepat. Kondisi diluar batas tersebut dapat juga memberikan hasil yang baik

- ² Tergantung pada material yang digunakan, ukuran tumpukan, dan keadaan lingkungan (Rynk et al., 1992).



Gambar 2. Skema proses produksi kompos aerob (Rynk et al., 1992)

Dalam sistem pengomposan cepat (*high-rate composting*) yang diteliti oleh John R. Snell di Michigan State University, proses pengomposan dilakukan secara mekanis dalam reaktor vertikal. Penelitiannya menunjukkan bahwa limbah padat pada tanah memberikan hasil pengomposan terbaik ketika rasio C/N dalam reaktor berada dibawah kisaran 50/1, pH di dalam reaktor dipertahankan pada kisaran 5.5 – 8.0, dengan kelembaban diantara 50 – 60%. Inokulum mikrobial terbaik yang digunakan sebagai aktivator berasal dari kompos matang, jumlahnya antara 2 – 10% dari limbah padat yang dikomposkan. Kompos yang berada di dalam reaktor diaduk secara terus-menerus agar mendapat udara dengan baik. Udara ditiupkan ke dalam reaktor untuk menjaga supply oksigen bagi mikroorganisme. Temperatur dikontrol untuk memaksimalkan pertumbuhan mikroorganisme. Professor Snell menemukan bahwa proses pengomposan selesai ketika sudah tidak ada peningkatan temperatur yang signifikan, tidak ada lagi kandungan nitrogen yang hilang, dan kompos tidak menghasilkan bau yang

menyengat (McKinney, 2004 dalam Wardani, 2012). Sistem *high-rate composting* tersebut tidak cocok jika diterapkan dalam skala industri, karena biaya yang dibutuhkan untuk proses pengomposan akan sangat besar (Akbar, 2017).

2.7. Penggunaan Kompos TKKS Sebagai Pupuk Organik

Pemenuhan kebutuhan hara tanaman kelapa sawit dilakukan secara organik dengan memanfaatkan limbah TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) dan anorganik. Biaya pemupukan sebesar 60% dari total seluruh biaya produksi kelapa sawit sehingga perlu manajemen yang baik dalam pengelolaannya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa manajemen pemupukan di Sekunzir Estate sudah sangat baik dengan menerapkan konsep efektivitas dan efisiensi. Efektivitas dilihat dari aplikasi pemupukan dengan konsep 4T yaitu tepat (waktu, dosis, jenis dan cara). Efisiensi bertujuan agar penggunaan input produksi dapat sesuai dengan kebutuhan (Gery Juliansyah dan Supijatno, 2018).

Aplikasi kompos TKKS pada tanaman kelapa sawit dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia 50% dan produksi yang lebih tinggi dibanding dengan pemberian pupuk kimia standar 100% (Sutanto et al., 2005). Kompos Tankos dapat juga dimanfaatkan untuk tanaman semusim seperti tanaman palawija (Muhammad Hatta et al., 2014).

2.8. Dampak Perkebunan Kelapa Sawit Dalam Penyumbang Emisi Rumah

Kaca

Gas-gas rumah kaca yang dinyatakan paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global adalah karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), dinitro oksida

(N₂O), perfluorkarbon (PFC), hidrofluorkarbon (HFC), dan sulfurheksfluorida (SF₆) (Minardi, 2010). Tingginya gas rumah kaca (CO₂, CH₄ dan N₂O) ini di atmosfer yang mengganggu proses radiasi matahari. Pemerintah Indonesia dalam merespon hal tersebut telah menyatakan komitmennya pada Conference of Parties (COP) 15 tahun 2009 untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 26% (dengan usaha sendiri) dan sebesar 41% (jika mendapat bantuan internasional) pada tahun 2020 (DITJEN PPI KLHK, 2017).

Emisi karbon merupakan buangan gas-gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran senyawa yang mengandung karbon. Pemupukan pada tanaman kelapa sawit memiliki kontribusi cukup tinggi terhadap emisi karbon (jumlah emisi gas rumah kaca). Kelapa sawit pada masa TM (5-20 tahun) memiliki jumlah emisi gas rumah kaca lebih tinggi daripada kelapa sawit pada masa TBM. Hal ini disebabkan dosis pupuk N yang digunakan lebih tinggi pada masa TM. Selain pupuk N, penggunaan pupuk P juga berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca. Akan tetapi, pupuk N lebih banyak berkontribusi terhadap pemanasan global dibandingkan penggunaan pupuk lain (Kusin et al., 2015). Penggunaan pupuk organik menurunkan kadar Nitrogen dibandingkan dengan pupuk anorganik. Hal tersebut berguna untuk meminimalkan emisi dari kegiatan pertanian

Salah satunya adalah dengan menerapkan sistem pemupukan yang dapat mengurangi penguapan unsur-unsur pupuk ke udara. Strateginya dengan mengefisienkan penggunaan pupuk kimia dengan mengkonversi sebagian dengan pupuk organik, atau memanfaatkan kacang-kacangan untuk menambat N sehingga mengurangi penggunaan pupuk NPK atau urea (Nasionalisme, 2016).

Sektor pertanian yang merupakan salah satu kontributor utama dalam meningkatnya emisi CO₂. Hal ini disebabkan oleh emisi CO₂ yang sangat berkaitan dengan pertumbuhan tanaman. Ketika karbon organik ditambahkan dalam tanah, laju respirasi tanah akan meningkat (Gallardo dan Schlesinger, 1994; Hogberg dan Ekblad, 1996 dalam Schlesinger dan Andrews, 2000).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan bahan organik yang mengandung (dalam sampel kering) : 42,8 % C; 2,90 % K₂O; 0,80% N; 0,22% P₂O₅; 0,30% MgO dan unsur-unsur mikro antara lain 10 ppm B; 23 ppm Cu dan 51 ppm Zn (Rankine dan Fairhurst,1998). Materi organik di dalam tanah digolongkan menjadi dua jenis sesuai dengan kemampuan degradasinya, yaitu materi organik labil dan materi organik *recalcitrant* (Rovira dan Vallejo, 2002 dalam Fabrizio *et al.*, 2008). Karbon labil adalah karbon yang mudah terdegradasi dan terlepas ke atmosfer sebagai CO₂ melalui respirasi tanah, sedangkan karbon *recalcitrant* adalah karbon yang tetap tinggal di dalam tanah karena sulit terdegradasi. Jumlah karbon organik tanah pada fraksi yang berbeda ini tergantung pada kualitas hasil proses dekomposisi bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah. Disamping melakukan strategi pengurangan emisi CO₂ yang berkelanjutan pada atmosfer, *carbon sequestration* dapat dijadikan salah satu manfaat tambahan dalam mengurangi CO₂ dengan memanfaatkan sumber daya alam seperti tanah dan bahan organik (Sanchez-Monedero *et al.*, 2008). TKKS sebagai kompos diharapkan dapat menahan karbon dalam tanah karena kandungan zat organik di dalamnya. Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada tandan kosong kelapa sawit adalah 41,30 – 46,50 % selulosa,

25,30 – 33,80 % hemiselulosa dan 27,60 – 32,50 % lignin. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai kompos diperkirakan dapat membantu kestabilan karbon di dalam tanah lebih lama karena kandungan selulosa yang cukup tinggi. (Dini Lestari dan Emenda Sembiring, 2013).

Penggunaan pupuk yang lebih efisien memberi manfaat baik pada penguranganemisi *langsung* N₂O dari pupuk itu sendiri dan dari pengurangan pupukproduksi (Smith et al., 2008).

2.9. Perhitungan Nilai Gas Rumah Kaca

Dalam perhitungan nilai *Green House Gas* (GHG) mempunyai banyak metode salah satu yang telah mendapatkan persetujuan dari Direktorat Jendral Energy Komisi Eropa (EC-EU RED) adalah kalkulator GHG Biograce yang telah disetujui pada tanggal 24 April 2015 (Biograce V.4d, 2015).

Metode kalkulator GHG Biograce mempunyai nilai standar, nilai standar adalah nilai yang diperlukan untuk mengubah data input menjadi emisi GHG. Contohnya adalah nilai pemanasan dan nilai yang lebih rendah untuk mengubah 1 kg pupuk nitrogen atau 1 megajoule gas alam menjadi emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄ dan N₂O).

Daftar nilai standar ini berisi faktor konversi yang digunakan untuk menghitung nilai default dalam Petunjuk Energi Terbarukan (2009/28 / EC) pada Lampiran V, untuk satu pengecualian Komisi Energy Eropa menghitung nilai default menggunakan potensi pemanasan global 25 untuk CH₄ (metana) dan 298 untuk N₂O (nitro oksida), sedangkan dalam Lampiran V bagian C Komisi Energy Eropa menetapkan bahwa potensi pemanasan global 23 untuk CH₄ dan 296 untuk

N₂O harus digunakan untuk perhitungan. Sehingga untuk memastikan bahwa perhitungan sesuai dengan aturan Komisi Energy Eropa, daftar nilai standar Biograce mengikuti metodologi yang ditetapkan dalam Lampiran V bagian C dan menggunakan nilai 23 dan 296 (GHG Calculation Tool).

2.10. Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian Poetryani (2011) dengan judul Analisis Perbandingan Efisiensi Usahatani Padi Organik dengan Anorganik (Kasus: Desa Purwasari, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor), menunjukkan bahwa usahatani padi organik lebih efisien dari segi biaya dan pendapatan. Hal tersebut dapat dilihat dari R/C rasio atas biaya total usahatani padi organik adalah sebesar 5,87 sedangkan R/C rasio atas biaya total usahatani padi anorganik adalah 3,47.

Hasil penelitian Pamuncak (2017) dengan judul Peran Penggunaan Pupuk pada Kinerja Produksi Tanaman Pangan Indonesia, menunjukkan bahwa persentase biaya pupuk terhadap total biayaproduksi tanaman pangan cukup kecil dibandingkan dengan biaya perawatan dan sewa lahan, yaitu 10,40 persen untuk padi sawah, 7,80 persen untuk padi ladang, 12,00 persen untuk jagung, dan 4,80 persen untuk kedelai. Aplikasi penggunaan pupuk memiliki peran penting dalam kinerja produksi padi, jagung, dan kedelai. Besar dan tingkat signifikan masing-masing pupuk untuk produksi tanaman pangan berbeda. Penelitian tersebut memberikan saran agar kebijakan yang lebih baik untuk menjamin ketersediaan pupuk guna meningkatkan kinerja produksi tanaman pangan di Indonesia.

Hasil penelitian Hanum (2018) dengan judul Respons Pertumbuhan Dua Varietas Padi Lokal dengan Beberapa Komposisi Kompos, menunjukkan bahwa

masing-masing varietas memiliki perbedaan tinggi tanaman sementaraperlakuan kompos nyata meningkatkan tinggi tanaman, dan jumlah anakan per rumpun. Kombinasi perlakuan media tanaman (blotong 7,2 kg/plot + TKKS 3,6 kg/plot) pada varietas Sikembiri dan Sigendek gendek menghasilkan rataaan tertinggi dari tinggi tanaman.

Hasil penelitian Mustaqim (2016) dengan judul Pengaruh Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk N, P, K terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.), menunjukkan bahwa kompos perlakuan tandan kosong kelapa sawit dan pupuk N, P, K berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, muncul bunga jantan dan bunga betina tetapi tidak signifikan pada diameter buah, berat buah per sampel dan berat buah per plot. Aplikasi kompos tandan kosong kelapa sawit dengan dosis 20 ton / ha dan pupuk ZA 120 kg / ha, pupuk TSP 80 kg / ha, KCl 200 kg / ha adalah dosis terbaik meningkatkan pertumbuhan dan produksi melon.

Hasil penelitian Satria (2017) dengan judul Pembuatan Pupuk Kompos dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Menggunakan Berbagai Jenis Dekomposer dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Aktivator, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh pemberian MOL Microbe-Lift dan MOL Larutan EM-4 dalam hal perbandingan C/N, pH, rendemen dan kadar air.

Hasil penelitian Susilawati dan Supijatno (2015) dengan judul Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau, menunjukkan bahwa penerapan tandan kosong sebagai pupuk organik

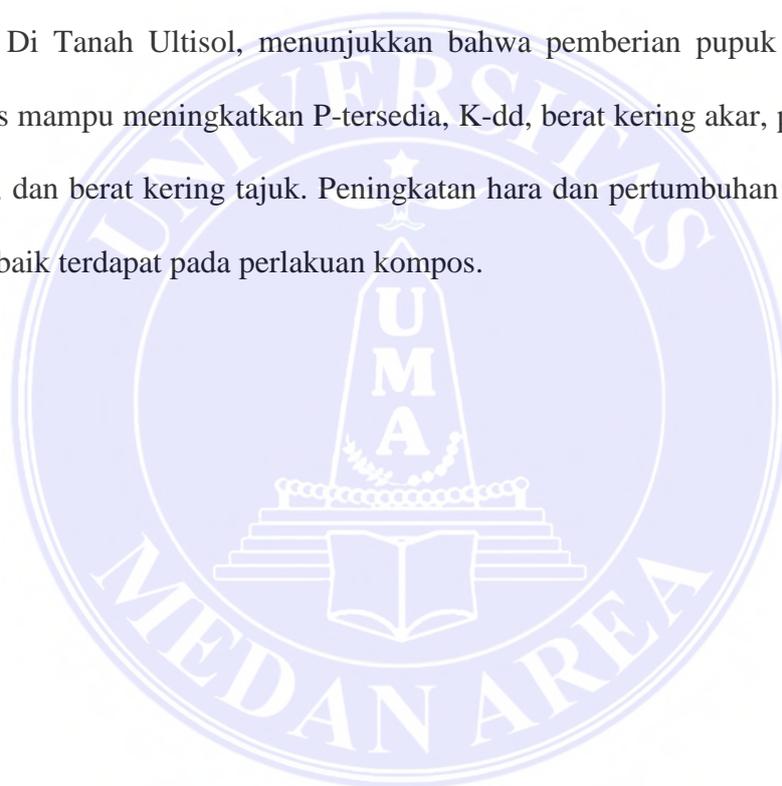
belum mampu meningkatkan jumlah nutrisi pada daun kelapa sawit dan peningkatan produksi minyak sawit. Aplikasi limbah pabrik kelapa sawit yang mampu meningkatkan jumlah nutrisi pada minyak kelapa daun kelapa sawit terutama nitrogen dan fosfat dan dampak positif untuk meningkatkan produksi perkebunan kelapa sawit terutama pada produktivitas (ton/ha).

Hasil penelitian Dirgantoro (2018) dengan judul Nilai Ekonomi Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Menuju *Zero Waste Production*, menunjukkan bahwa satu hektar kelapa sawit, setiap tahunnya menghasilkan 25 ton tandan buah segar (TBS) padahal yang menjadi minyak dan inti sawit hanya sekitar 25%, dengan demikian 19 ton dari TBS akan menjadi limbah. Dengan semakin gencarnya isu lingkungan maka diperlukan pemanfaatan dan pengendalian limbah industri kelapa sawit yang ramah lingkungan agar dapat memberikan nilai tambah dan mengurangi biaya yang pada akhirnya memberikan keuntungan bagi berbagai pihak, baik pihak perkebunan, pabrik, masyarakat dan lingkungan. Konsep 3R (*Reuse, Recycle dan Recovery*) akan mendorong setiap penghasil limbah untuk menjadikan limbahnya memiliki nilai ekonomis dan mengurangi biaya. Pemanfaatan limbah kelapa sawit dapat mengurangi biaya produksi listrik, briket arang, bahan baku pulp, pakan ternak, dan menghemat biaya pupuk.

Hasil penelitian Amri dkk (2018) dengan judul Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Dolomit pada Medium Sub Soil Inceptisol terhadap Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Utama, menunjukkan bahwa kombinasi pemberian kompos TKKS dengan dolomit berpengaruh nyata pada tinggi bibit, jumlah daun, volume akar, rasio tajuk akar dan berat kering.

Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh kombinasi kompos TKKS 112,5 g/polybag dengan dolomit 18 dan 27 g/polybag terhadap tinggi bibit, jumlah daun, diameter bonggol, volume akar, dan pH medium sub soil Inceptisol.

Hasil penelitian Wibowo (2017) dengan judul Aplikasi Kompos TKKS Dan Berbagai Dosis Pupuk Majemuk Untuk Meningkatkan Hara N, P, Dan K Serta Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Pada Pembibitan Utama Di Tanah Ultisol, menunjukkan bahwa pemberian pupuk majemuk dan kompos mampu meningkatkan P-tersedia, K-dd, berat kering akar, pH, C-organik, Mg-dd, dan berat kering tajuk. Peningkatan hara dan pertumbuhan tanaman yang paling baik terdapat pada perlakuan kompos.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.

Lokasi penelitian dilakukan di PT Eastern Sumatra Indonesia, Desa Pematang Syahkuda, Kecamatan Gunung Malela, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2019 sampai dengan Januari 2020.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini peneliti menggunakan data sekunder. Data sekunder juga diperoleh melalui beberapa literatur yang berasal dari buku, internet serta hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang dilakukan.

3.3. Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data sekunder. Data sekunder yang diperoleh dari PT. Eastern Sumatra Indonesia dengan metode dokumentasi. Data yang dibutuhkan adalah biaya penggunaan pupuk organik dan anorganik, produktivitas kelapa sawit, nilai GHG, dengan perincian sebagai berikut:

1. Data biaya yang diperlukan untuk pembuatan kompos TKKS di PKS PT Estern Sumatra Indonesia.
2. Data biaya aplikasi pupuk majemuk (Pupuk kompos dan anorganik) dari tahun 2014-2019 pada blok blok yang teraplikasi.

3. Data biaya aplikasi pupuk anorganik dari tahun 2014-2019.
4. Data nilai GHG dari aplikasi pupuk majemuk dan pupuk anorganik dari tahun 2014-2019.

3.4. Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah dengan menggunakan metode regresi linier dengan menganalisis data per semester dari tahun 2014-2019, secara matematik dapat ditulis sebagai berikut:

1. Untuk biaya pupuk

$$Y_1 = a + bX + e$$

Keterangan :

$$Y_1 = \text{Biaya Pupuk (Rp)}$$

$$X = \text{Pupuk Organik (ton)}$$

a = Koefisien intercept

b = Koefisien regresi (parameter yang dicari)

e = Error term (Sugiyono, 2016).

2. Untuk produktivitas

$$Y_2 = a + bX + e$$

Keterangan :

$$Y_2 = \text{Produktivitas (ton/ha)}$$

$$X = \text{Pupuk Organik (ton)}$$

a = Koefisien intercept

b = Koefisien regresi (parameter yang dicari)

e = Error term (Sugiyono, 2016).

3. Untuk nilai GHG

$$Y_3 = a + bX + e$$

Keterangan :

Y_3 = Nilai GHG (Kg CO₂/ton FFB)

X = Pupuk Organik (ton)

a = Koefisien intercept

b = Koefisien regresi (parameter yang dicari)

e = Error term (Sugiyono, 2016).

Untuk mengetahui perkembangan biaya pupuk, produktivitas dan GHG dilakukan dengan menggunakan grafik secara time series yaitu dari tahun 2014 – 2019 per semester.

3.5. Definisi Operasional

Untuk menghindari kesalahpahaman mengenai pengertian tentang istilah–istilah yang terdapat penelitian, maka dibuat definisi dan batasan operasional sebagai berikut:

1. Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari tanaman dan dari hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk mensuplai bahan organik, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, dalam penelitian ini menggunakan kompos TKKS, diukur dengan satuan ton.
2. Pupuk kompos merupakan bahan organik yang telah mengalami proses fermentasi atau dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme.

3. Pupuk anorganik adalah pupuk yang dibuat pabrik-pabrik pupuk dengan meramu bahan-bahan kimia (anorganik) berkadar hara tinggi, diukur dengan satuan kilogram.
4. Emisi karbon merupakan buangan gas-gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran senyawa yang mengandung karbon.
5. GHG (*Green House Gas*) adalah gas-gas yang menyerap panas matahari (radiasi inframerah) ketika dipantulkan kembali oleh permukaan bumi. Di antara GHG itu adalah uap air, karbondioksida (CO₂), nitro oksidan (N₂O) dan metan, diukur dengan satuan Kg CO₂,eq/Ton FFB.
6. Biaya pupuk adalah nilai rupiah yang dikeluarkan perusahaan untuk membeli pupuk anorganik dan pengolahan pupuk kompos TKKS, dengan satuan rupiah.
7. Produktivitas kelapa sawit adalah perbandingan produksi kelapa sawit dengan satuan luas lahan tanaman kelapa sawit perusahaan dengan satuan ton per hektar.

BAB IV

GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

4.1. Sejarah Singkat Perusahaan

PT. Eastern Sumatra Indonesia merupakan salah satu anak perusahaan SIPEF (*Societe Internationale de Plantation et de Finance*) Group yang berstatus PMA (Penanaman Modal Asing) dengan total luas areal 3,177.94 Ha dan berdiri pada tahun 1962 sesuai Akte Pendirian Perusahaan yang telah ditetapkan oleh Menteri Kehakiman Republik Indonesia nomor J.A.5/129/16 tanggal 26 November 1962.

SIPEF didirikan pada tahun 1921 di Belgia dan mulai bergerak membangun kegiatan usaha sektor perkebunan di wilayah Sumatera Utara semenjak tahun 1921 dengan menanam kopi dan karet. Pada tahun 1942, perkebunan diambil alih oleh Pemerintah Jepang. Namun pada tahun 1945 Pemerintah Belanda mengambil alih perkebunan tersebut. Berdasarkan Pem.Pres nomor 6 tahun 1964, perkebunan berada dalam penguasaan dan pengawasan Pemerintah Republik Indonesia dan tanggal 13 Mei 1968 Pemerintah Indonesia mengembalikan perkebunan tersebut kepada SIPEF. Selanjutnya pada tahun 1972 kebun karet diganti menjadi tanaman kelapa sawit.

PT. Eastern Sumatra Indonesia terletak di desa Pamatang Sakhuda, Kecamatan Gunung Malela, Kabupaten Simalungun. Sampai dengan saat ini PT. Eastern Sumatra Indonesia telah memiliki beberapa sertifikasi sebagai berikut :

- a. Produksi minyak kelapa sawit lestari / *Roundtable Sustainable Palm Oil* (RSPO) untuk Kebun dan Pabrik.

- b. Produksi minyak sawit lestari untuk diolah menjadi Bio Fuel dengan skema *International Sustainable Carbon Certification (ISCC)* Untuk Kebun dan Pabrik.
- c. *Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO)* untuk kebun dan pabrik Bukit Maradja
- d. Peringkat BIRU Program Penilaian Kinerja Perusahaan dalam pengelolaan lingkungan hidup (PROPER) tahun oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI
- e. Sertifikat ISO 9001 : 2015 tahun 2018

PT. Eastern Sumatra Indonesia memiliki 1 (satu) unit operasional kebun kelapa sawit, yaitu Kebun Bukit Maradja yang terdiri dari 4 (empat) Divisi dan 1 (satu) unit Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit berkapasitas 30 Ton/Jam.

Data produksi CPO PT Eastern Sumatra Indonesia Kebun Bukit Maradja Estate dari tahun 2014 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Produksi CPO PT Eastern Sumatra Indonesia Kebun Bukit Maradja Estate, Tahun 2014 – 2019

No	Tahun	Produksi CPO	Harga Premium*
1	2014	15.500.302	6.742.631.370.000
2	2015	15.394.882	6.696.773.670.000
3	2016	14.177.072	6.167.026.320.000
4	2017	14.085.567	6.127.221.645.000
5	2018	13.895.010	6.044.329.350.000
6	2019	13.862.914	6.030.367.590.000
	Rata-rata	14.485.958	6.301.391.657.500

Keterangan: *Asumsi ISCC Premium 30 USD/ton = Rp. 14.5000 x 30 = Rp. 435.000/ton

Sumber: PT Eastern Sumatra Indonesia, 2020.

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa rata-rata produksi CPO PT Eastern Sumatra Indonesia Kebun Bukit Maradja Estate pada tahun 2014 – 2019 diperoleh 14.485.958 ton, setelah diasumsikan ISCC Premium 30 USD/ton maka

diperoleh harga premium sebesar Rp. 6.301.391.657.500 per tahun sedangkan per semester sebesar Rp. 3.150.695.828.750. Ini menunjukkan dengan diperolehnya sertifikat ISCC maka perusahaan akan mendapatkan sebesar Rp. 3.150.695.828.750 per semester. Dengan demikian pengelolaan limbah sawit perlu dikembangkan untuk mengurangi dampak negatif perusahaan industri kelapa sawit dan dapat memperoleh sertifikasi ISCC.

4.2. Visi dan Misi Perusahaan

4.2.1. Visi

Visi dari PT. Eastern Sumatra Indonesia adalah menjadi perusahaan perkebunan terbaik yang akan memberikan keuntungan bagi pemangku kepentingan perusahaan.

4.2.2. Misi

Adapun misi dari PT. Eastern Sumatra Indonesia adalah:

- a. Kegiatan perusahaan tidak mengakibatkan adanya kerusakan lingkungan.
- b. Tercapainya Nihil Kecelakaan Kerja.
- c. Kegiatan Perusahaan Tidak menimbulkan permasalahan Sosial.

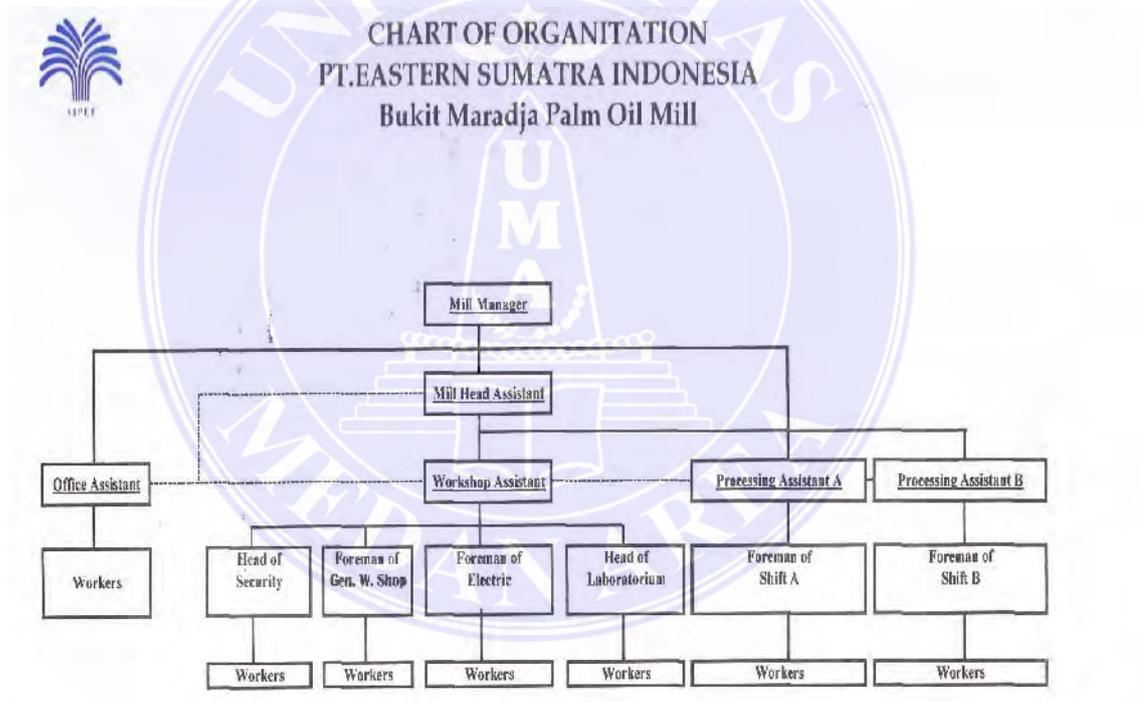
4.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Dengan adanya struktur organisasi suatu perusahaan, maka setiap pimpinan perusahaan maupun bawahannya akan mengetahui dengan jelas sampai dimana kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan, batas-batas yang ada padanya dan kepada siapa dia harus bertanggung jawab. Berhasil tidaknya suatu perusahaan dalam pencapaian tujuannya banyak dibantu dengan adanya struktur organisasi perusahaan. Dengan demikian, struktur organisasi perusahaan bukanlah

merupakan suatu tujuan perusahaan tetapi dipergunakan sebagai alat pencapaian tujuan yang telah ditetapkan.

Tanpa struktur organisasi maka sistem operasional perusahaan tidak akan berjalan dengan baik. Demikian juga dengan tugas dan batas wewenang masing-masing unit organisasi menjadi tidak jelas dan akhirnya akan menimbulkan kesimpangsiuran pelaksanaan kegiatan perusahaan. Struktur organisasi PT. Eastern Sumatra Indonesia dapat dilihat sebagai berikut:

1. Struktur Organisasi Palm Oil Mill Bukit Maradja



Gambar 3. Struktur Organisasi Palm Oil Mill Bukit Maradja

Adapun uraian tugas unit kerja yang terdapat pada struktur organisasi Bukit Maradja Palm Oil Mill - PT. Eastern Sumatra Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Mill Manager :

- a. Membuat dan mengusulkan budget (Capex dan opex) tahunan
- b. Mengoptimalkan operasional mill berjalan dengan baik (*effective* dan *efficien*) sesuai budget
- c. Mengkoordinir staff bawahan (MHA, MA dan OA) bahkan karyawan agar bekerja dengan produktif dan senantiasa melakukan *continuous improvement*
- d. Mengawasi Quality raw material maupun Quality produksi serta evaluasi dan *cost control*
- e. Memotivasi dan meningkatkan (*up grade*) *knowledge skill* serta disiplin kerja staff dan pekerja
- f. Mengawasi pengiriman produksi (CPO dan Kernel) dan penjualan produk lain dari Mill
- g. Mengontrol penerimaan dan pengeluaran material dan *spareparts* dari gudang
- h. Mengontrol dan memastikan implementasi standarisasi yang ada terlaksana dengan baik (ISO, RSPO, ISCC, ISPO dan PROPER)
- i. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh pekerjaan kontraktor agar sesuai spesifikasi (waktu pelaksanaan dan mutu)

2. Mill Head Assisstant (MHA) :

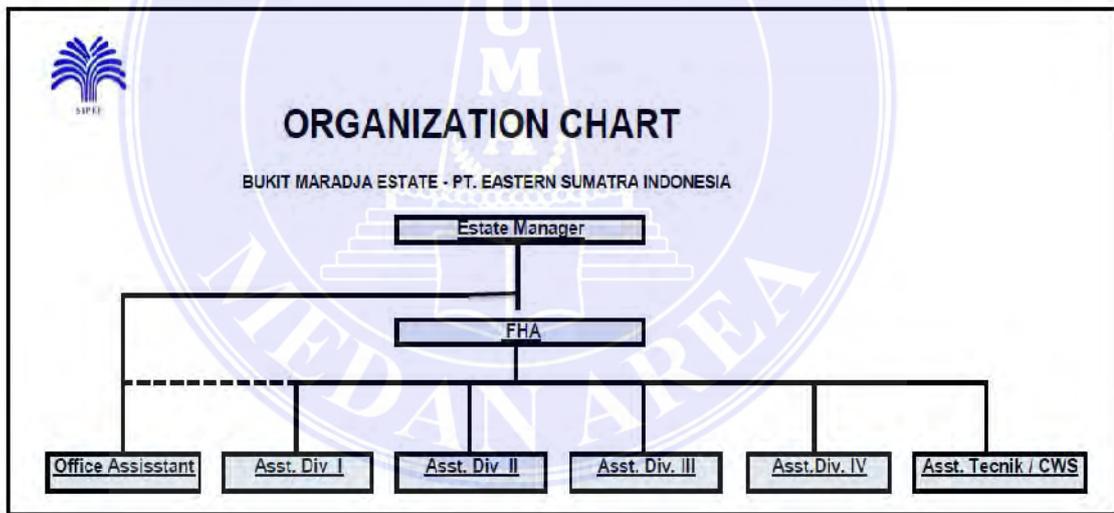
- a. Membantu Mill Manager Membuat dan mengusulkan budget (Capex dan opex) tahunan serta memonitoring serta evaluasi pelaksanaannya

- b. Mengoptimalkan operasional mill berjalan dengan baik (*effective* dan *efficien*) sesuai budget
 - c. Mengorganisir dan Mengkoordinir MA bahkan karyawan agar bekerja dengan produktif dan senantiasa melakukan *continous improvement* demi pencapaian Target dan kebersihan/kerapian Pabrik
 - d. Mengawasi *Quality raw* material maupun *Quality* produksi serta evaluasi dan *cost control*
 - e. Memotivasi dan meningkatkan (*up grade*) *knowledge skill* serta disiplin kerja staff dan pekerja
 - f. Mengawasi pengiriman produksi (CPO dan Kernel) dan penjualan produk lain dari Mill
 - g. Mengontrol penerimaan dan pengeluaran material dan spareparts dari gudang, terutama HSD OIL
 - h. Mengontrol dan memastikan implementasi standarisasi yang ada terlaksana dengan baik (ISO, RSPO, ISCC, ISPO dan PROPER)
 - i. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh pekerjaan kontraktor agar sesuai spesifikasi (waktu pelaksanaan dan mutu)
 - j. Mengawasi dan berkoordinasi dengan OA agar seluruh administrasi di Mill terlaksana sesuai jadwal
3. Mill Assisstant Process :
- a. Membuat dan Mengajukan budget tahunan di bidang Processing
 - b. Mengoperasi mill process sesuai WI (dengan mill process optimal)

- c. Mengawasi pekerjaan processing termasuk administrasinya (pengisian LOG BOOK dengan baik dan benar)
 - d. Memastikan mutu dan losses produksi sesuai target.
 - e. Membuat dan melaksanakan schedule dan rencana pembersihan peralatan dan lingkungan pabrik.
 - f. Membuat laporan produksi harian dan memastikan pabrik bersih dan rapi
 - g. Membimbing dan meng up gade dan memberikan arahan kepada pekerja yang kurang produktif
 - h. Melaksanakan implementasi : ISO, RSPO, ISCC, dan ISPO
 - i. Memelihara kondisi keselamatan, kesehatan kerja dan keamanan.
 - j. Memelihara kelestarian lingkungan Mill.
4. Office Assisstant
- a. Membuat budget tahunan, mengawasi dan mengevaluasi serta melaporkan realisasi (Capex) tiap bulan
 - b. Mengerjakan *Mill Account* terutama membuat *Cost variance* bulanan
 - c. Membuat *Cash/Bank voucher* melalui Program Lintramax dan *Cost requisition*
 - d. Memonitoring penerimaan/penggunaan spare part dan material serta memastikan *ready for use* (menjalankan *min/max stock*), dan memastikan stock fisik sesuai bukuterutama HSD Oil.
 - e. Membantu Manager dalam melakukan transaksi pembayaran untuk operasional perusahaan, agar bekerja dengan produktif, efektif dan efisien (memberi *training* terhadap bawahan)

- f. Mengawasi dan memastikan pengirimanProduksi CPO/PK dan lainnya dari Pabrik
- g. Mengawasi dan mengontrol absensi, Administrasi dan laporan bulanan seluruh karyawan
- h. Pengurusan izin-izimesin mesin serta ijin lainnya yang ada di mill
- i. Memastikan dan melaksanakan implementasi semua standarisasi yang ada berjalan dengan baik (QMS ISO 9001,RSPO, ISCC danPROPER serta Standard lainnya yang telah diterapkan oleh perusahaan).

2. Struktur Organisasi Kebun Bukit Maradja



Gambar 4. Struktur Organisasi Kebun Bukit Maradja

Adapun uraian tugas unit kerja yang terdapat pada struktur organisasi Kebun Bukit Maradja - PT. Eastern Sumatra Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Estate Manager :

- a. Mengawasi dan menjamin operasional kebun berjalan dengan baik sesuai dengan ketentuan managemen perusahaan

- b. Pengawasan seluruh territorial kebun, asset-aset kebun, keamanan kebun dan membuat strategi keamanan kebun
 - c. Memonitor pelaksanaan fungsi,tugas dan tanggung jawab staff dan melaksanakan kebijakan perusahaan
 - d. Membina staff untuk lebih professional
 - e. Evaluasi setiap pekerjaan untuk efisiensi
 - f. Membina hubungan baik dengan serikat pekerja dan karyawan
 - g. Membina hubungan dengan masyarakat dan pemerintahan
 - h. Melapor ke manajemen untuk hak insidental
 - i. Melakukan konsultasi dan komunikasi dengan masyarakat
 - j. Bertanggung jawab terhadap penerapan sustainability system (RSPO,ISPO & ISCC) dan standart-standart lainnya yang ditentukan perusahaan
2. Field Head Assisstant (FHA) :
- a. Membantu Estate Manager dalam menjamin operasional kebun berjalan dengan baik
 - b. Mengawasi pelaksanaan fungsi dan tugas FA
 - c. Menciptakan team work yang baik dan mengkoordinir FA dalam hal pengetahuan kerja divisi koordinir FA dalam hal pengetahuan kerja divisi
 - d. Melatih Field Assistant dan karyawan agar dapat menjalankan tugas secara efektif dan efisien
 - e. Monitoring produktifitas pekerjalapangan, harvester, manuring, gardener, security
 - f. Menyusun rencana estimate dan rencana kerja

- g. Meneruskan instruksi EM kepada FA
 - h. Melaporkan hasil pekerjaan divisi kepada EM
 - i. Membantu EM menemukan solusi atas permasalahan yang timbul di kebun
 - j. Mewakili EM bila EM berhalangan tugas
 - k. Merencana kan dan control atas pencapaian produksi FFB/RB/TEA
 - l. Kontrol biaya operasional lapangan, pemeliharaan standart kondisi lapangan jalan, emplasmen, Kontrolatas order material (SIN) dari FA, mutu produksi, Kontrol atas pelaksanaan pekerjaan FA
 - m. Melakukan konsultasi dan komunikasi dengan masyarakat
 - n. Bertanggung jawab terhadap penerapan sustainability system (RSPO, ISPO& ISCC) dan standart-standart lainnya yang ditentukan perusahaan
3. Office Assisstant :
- a. Bertanggung jawab terhadap pembukuan/Administrasi perusahaan
 - b. Mengerjakan Account LPD
 - c. Membantu Manager untuk mengkoordinir karyawan & karyawan di Estate
 - d. Mengawasi dan mengatur seluruh pekerjaan kantor, gudang, polyklinik, TK, control absensi, Administrasi dan laporan bulanan seluruh karyawan Estate, jam kerja dan disiplin kerja karyawan Office
 - e. Membuat *cash/bank voucher* melalui program LPD
 - f. Membantu manager dalam melakukan transaksi pembayaran untuk operasional perusahaan
 - g. Bertanggung jawab atas semua pekerjaan yang di delegasikan oleh Estate Manager sesuai dengan keinginan perusahaan

- h. Melakukan konsultasi dan komunikasi dengan masyarakat
 - i. Bertanggung jawab terhadap penerapan sustainability system (RSPO, ISPO & ISCC) dan standart-standart lainnya yang ditentukan perusahaan
4. Field Assisstant/Asisten Divisi :
- a. Perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, pengawasan divisimeliputi : produksi, pemeliharaan tanaman dan asset divisi, urusan karyawan dan lainnya.
 - b. Merencanakan estimate divisi dan bertanggung jawab atas pencapaiannya
 - c. Membuat program kerjataan,bulanan dan harian divisi yang dipimpinnya
 - d. Mengatur dan mengawasi pekerjaan karyawan dan memastikan pekerjaan sesuai standart perusahaan.
 - e. Mengelola kebersihan dan kerapian Emplasment dan asset perusahaan di divisi
 - f. Membuat laporan produksi perawatan dan lainnya
 - g. Membina dan mengevaluasi karyawan di divisinya
 - h. Membuat permintaan biaya Free Labour (FL)
 - i. Melaksanakan perawatan tanaman mature sesuai dengan kebijakan perusahaan
 - j. Mengawasi proses panen dan menjaga keamanan divisi
 - k. Bertanggungjawab terhadap penerapan sustainability system (RSPO, ISPO& ISCC) dan standart-standart lainnya yang ditentukan perusahaan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan kompos TKSS adalah sebesar 9.096,67 ton per semester dengan luas aplikasi 305,36 hektar, sehingga dosis aplikasinya menjadi 179,34 ton per hektar per semester. Sedangkan total biaya pupuk per semester adalah sebesar Rp. 3.236.888.566,56, yang terdiri dari Rp. 763.312.388,24 biaya pupuk organik dan Rp. 2.473.576.178,32 biaya pupuk anorganik. Secara per hektar, rata-rata biaya pupuk adalah sebesar Rp. 13.875.206,94, yang terdiri dari Rp. 2.499.713,09 biaya pupuk organik dan Rp. 11.122.787,46 biaya pupuk anorganik.
2. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh signifikan terhadap biaya penggunaan pupuk di PT Eastern Sumatra Indonesia, dimana setiap penggunaan kompos TKKS sebesar 1 ton per hektar akan meningkatkan biaya pupuk sebesar Rp. 395.766,9 per hektar per semester.
3. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas.
4. Penggunaan pupuk kompos TKKS sebagai pupuk organik berpengaruh signifikan terhadap nilai GHG di PT Eastern Sumatra Indonesia, dimana

setiap penggunaan kompos TKKS sebesar 1 ton per hektar akan mengurangi nilai GHG sebesar 4,022 kg CO₂,eq/ton FFB per semester.

6.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas dapat dibuat beberapa saran sebagai berikut:

1. Perusahaan sebaiknya mempertahankan penggunaan kompos TKKS sebagai pupuk organik karena dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dengan menurunkan nilai GHG sehingga dapat mengikuti skema sertifikasi ISCC untuk mendapatkan nilai premium pada kisaran 20-30 USD/ton CPO.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sebagai upaya untuk meningkatkan kadar hara pada kompos TKKS agar dapat berperan meningkatkan produktivitas kelapa sawit.
3. Perlu dilakukan Penelitian lebih lanjut terhadap waktu penerapan kompos TKKS di tanaman kelapa sawit pada kurun waktu lebih lama dari 6 tahun atau lebih untuk melihat dampak penerapan kompos TKKS terhadap produktivitas kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2012. *Dasar Pengetahuan Ilmu Tanaman*. Angkasa. Bandung.
- Akbar, 2017. *Teknik pengomposan tanda kosong kelapa sawit*, 7 April 2017, <http://naaf.web.id/2013/04/07/teknik-pengomposan-tandan-kosong-kelapa-sawit>.
- Amri, Al Ichsana, Armaini Armaini dan Mazmur Rahmat Amindo Purba. 2018. *Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Dolomit pada Medium Sub Soil Inceptisol terhadap Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pembibitan Utama*. Jurnal Agroteknologi, Vol. 8 No. 2, Februari 2018 : 1 – 8.
- Biograce V.4d, *Approval GHG Calculator from EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR ENERGY*, Ref. Ares (2015)1741712 - 24/04/2015.
- Darnoko dan Ady Sigit Sutarta, 2006. *Pabrik Kompos di Pabrik Sawit*. 9 Agustus 2019, Tabloid Sinar Tani.
- Dini Lestari, dan Emenda Sembiring, 2013. *Composting And Fermentation Of Oil Palm Empty Fruit Bunches*, 2013, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
- Dirgantoro, Muhammad Arief. 2018. *Nilai Ekonomi Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Menuju Zero Waste Production*. Biowallacea, Vol. 5 (2), Hal : 825-837.
- Ditjenbun, 2014. *Pertumbuhan areal kelapa sawit meningkat*, <http://ditjenbun.pertanian.go.id/berita-362-pertumbuhan-areal-kelapasawit-meningkat.html>, pada 27 Mei 2019, 15.30 Wib.
- Ditjendbun, 2018, *Statistik Perkebunan Indonesia 2017-2019*, Sekretariat Ditjendbun, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Ditjen PPI, KLHK, 2017. *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan MRV Nasional 2017*. <http://ditjenppi.menlhk.go.id/berita-ppi/3150-kontribusi-penurunan-emisi-grk-nasional,-menuju-ndc-2030.html>, pada 28 Mei 2019, 09.00 Wib.
- Djajakirana, G. 2008. *Karakterisasi dan resiliensi tanah terdegradasi di lahan kering Kalimantan Tengah*. Jurnal Tanah dan Iklim 27 : 21-32.

- Fabrizio, A., F.Tambone, P.Genevini. 2008. *Effect of compost application rate on carbon degradation and retention in soils*. *Waste Management* 29.
- Fauzi, Yan, Yustina Erna Widyatusti, Iman Satyawibawa dan Rudi Hartono, 2012. *Kelapa Sawit, Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisa, Usaha dan Pemasaran*. Edisi Revisi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- GAPKI, *Perkembangan Luas Kelapa sawit Indonesia*, <https://gapki.id/news/tag/perkembangan-luas-perkebunan-kelapa-sawit-indonesia-1980-2016> pada 29 MEI 2019 08.00 Wib.
- GAPKI Sumut, 2019. *Konsistensi Kelapa Sawit Dalam Pembangunan Masyarakat Berkelanjutan*, <https://gapkisumut.org/read/16730/konsistensi-kelapa-sawit-dalam-pembangunan-masyarakat-berkelanjutan>, pada 12 February 2020, 14.00 Wib
- Gery, Juliansyah dan Supijatno, 2018. *Organic and Inorganic Fertilizing Management of Palm Oil in Sekunzir Estate*, Central Borneo Bul. Agrohorti 6(1) : 32-41 (2018)
- GHG Calculation Tool, *Biograce V4d*, <https://www.biograce.net/content/ghgcalculationtools/standardvalues>, pada 28 Mei 2019, 10.00 Wib.
- Hanum, Chairani. 2018. *Respons Pertumbuhan Dua Varietas Padi Lokal dengan Beberapa Komposisi Kompos*. *Jurnal Pertanian Tropik* Vol.5. No.3. Desember 2018 (47) 364- 369.
- Indonesia Investment, 2017. *Minyak Kelapa Sawit*, <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-sawit/item166?>, pada 27 Mei 2019, 14.00 Wib.
- Info Sawit, 2018. *Sertifikasi ISCC Sawit Dapat Insentif Dollar*. <https://www.infosawit.com/images/news/August-2018/sertifikasi-iscc-sawit-dapat-insentif-dollar/sertifikasi-iscc-sawit-dapat-insentif-dollar.png>, diakses pada tanggal 5 Agustus 2020 pukul 16.00 wib.
- Isroi, 2008. *Sejarah Singkat Kelapa Sawit*, <https://isroi.com/2008/06/18/sejarah-singkat-penyebaran-kelapa-sawit-ke-indonesia/> osted on 28 June 2001, pada 27 Mei 2019, 13.00 Wib.
- Joko S, 2017. *Sejarah sawit*, <https://gapki.id/news/3652/video-sejarah-kelapa-sawit-indonesia> , pada 27 Mei 2019, 12.00 Wib.
- Kasno, 2009. *Jenis dan Sifat Pupuk Anorganik*, Balai Penelitian Tanah, Jakarta.

- Kusin F. M., N. I. M. Akhir, F. Mohamat-Yusuff and M. Awang, 2015. *The impact of nitrogen fertilizer use on greenhouse gas emissions in an oil palm plantation associated with land use change*, https://www.researchgate.net/publication/282602138_The_impact_of_nitrogen_fertilizer_use_on_greenhouse_gas_emissions_in_an_oil_palm_plantation_associated_with_land_use_change pada 28 Mei 2019, 12.30 Wib.
- Lingga, P. dan Marsono, 2012. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lingkungan Hidup, 2016. *Penyebab Perubahan Iklim dan Pemanasan Global*, 16 January 2016, <https://lingkunganhidup.co/penyebab-perubahan-iklim-pemanasan-global/> pada 27 Mei 2019, 15.00 Wib.
- Muhammad Hatta, Jafri dan Dadan Permana, 2014. *Pemanfaatan Tandan Kosong Sawit Untuk Pupuk Organik Pada Intercropping Kelapa Sawit dan Jagung*, Maret 2014, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Barat.
- Murjoko, 2017. *Analisis Kinerja Ekspor 5 Komoditas Perkebunan Unggulan Indonesia Tahun 2012-2016*. Journal The 5th Urecol Proceeding, UAD Yogyakarta. 18 Februari 2017.
- Mustaqim, Rahmat, 2016. *Pengaruh Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk N, P, K terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon (Cucumis melo L.)*, JOM FAPERTA Vol. 3 No. 1 Febuari 2016.
- Nasionalisme, 2016. *Perkebunan Jalan Keluar Mengatasi Pemanasan Global*, 2016 <http://www.nasionalisme.co/perkebunan-jalan-keluar-mengatasi-pemanasan-global/>, pada 28 May 2019, 8.00 WIB
- Nuansa Persada Online, 2009. *Pupuk Organik Untuk Produksi Pertanian*, http://nuansaonline.net/index2.php?option=comcontent&do_pdf=1&id=24.
- Nurmala, Noviyanti, 2018. *Mengenal potensi limbah sawit Indonesia*, 1 April 2018, <https://kumparan.com/noviyanti-nurmala1519197736585/dari-limbah-menjadi-berkah-mengenal-potensi-limbah-kelapa-sawit-indonesia>, pada 27 Mei 2019, 10.00 Wib.
- Pamuncak, Ririn. 2017. *Peran Penggunaan Pupuk pada Kinerja Produksi Tanaman Pangan Indonesia*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Poetryani, Antari, 2011. *Analisis Perbandingan Efisiensi Usahatani Padai Organik dengan Anorganik (Kasus: Desa Purwasari, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor)*. Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB. Bogor.

- Pusri, 2007. *PT. Petrokimia Gresik akan meningkatkan Produksi pupuk Organik*, <https://www.pusri.co.id/ina/berita-amp-kegiatan-media-massa/petrokimia-gresik-tingkatkan-produksi-pupuk-organik/>, pada 28 Mei 2019, 13.30 Wib
- Rankine, I., Fairhurst, T., 1998. *Seri Tanaman Sawit Volume 3 : Tanaman Menghasilkan*. Oxford Graphic Printers Singapore.
- Rynk, R., M. van de Kamp, G.G. Willson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kolega, F.R. Gouin, L. Laliberty Jr., D. Kay, D. Murphy, H.A.J. Hoitink, and W.F. Brinton, 1992. *On-Farm Composting Handbook*. R. Rynk (Ed.). NRAES-54. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service. Ithaca, New York.
- Rinsema, W.T., 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Bhatara Karya. Jakarta.
- Sanchez-Monedero, M. A., Cayuela, M. L., Mondini, C., Serramia, N., and Roig, A., 2008. *Potential of olive mill wastes for soil C sequestration*. Waste Manage.
- Satria, Dennis. 2017. *Pembuatan Pupuk Kompos dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Menggunakan Berbagai Jenis Dekomposer dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Aktivator*. J.Rekayasa Pangan dan Pert., Vol.5 (Supp.1) Th. 2017.
- Schuchardt, F., Darnoko, D. Darmawan, Erwinsyah, dan Guritno, P., 2010. *Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Limbah Cair Pabrik*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Schlesinger dan Andrews, 2000. *Dictionary of Environmental Science and Technology*. John Willey and sons Ltd: England.
- Simanungkalit, M. D. R., D. R. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorii dan W. Hartatik., 2010. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Biofertilizer)*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bogor.
- Smith P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J. Smith, 2008. *Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture*, ISSN: 0962-8436.

- Sudirja, R, 2012. *Standar Mutu Pupuk Organik dan Pembenhahan Tanah*, Balai Besar dan Pengembangan Peluasan Kerja, <http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/03/standar-mutu-pupuk-organik-dan-pembenhahan-tanah.pdf>.
- Sugiyono, 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Jakarta.
- Susilawati dan Supijatno. 2015. *Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau*, Bul. Agrohorti 3 (2): 203-212.
- Sutanto, R, 2002. *Pupuk Organik: Potensi Biomassa dan Proses Pengomposan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Wardani, Dwi Ida, 2012. *Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Alternatife Pupuk Organik*, 4 Januari 2012, <https://uwityangyoyo.wordpress.com/2012/01/04/tandan-kosong-kelapa-sawit-tkks-sebagai-alternatif-pupuk-organik/>pada 29 Mei 2019, 9.30 Wib
- Wibowo. 2017. *Aplikasi Kompos TKKS Dan Berbagai Dosis Pupuk Majemuk Untuk Meningkatkan Hara N, P, Dan K Serta Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.) Pada Pembibitan Utama Di Tanah Ultisol*. Jurnal Agroekoteknologi FP USU E-ISSN No. 2337- 6597, Vol.5.No.3. Juli 2017 (66): 500- 507).
- Wood, Sam and Annette Cowie, 2004. *A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production*. IEA Bioenergy.

Lampiran 1. Jumlah Penggunaan Pupuk Organik

Tahun	Semester	Jumlah Aplikasi (ton)	Luas Aplikasi (ha)	Dosis Per Ha (ton/ha)
2014	I	10.349,00	352,12	177,47
	II	9.778,00	356,77	159,53
	Total	20.127,00	708,89	337,00
2015	I	8.707,00	312,70	166,22
	II	11.145,00	387,86	172,05
	Total	19.852,00	700,56	338,27
2016	I	7.910,00	267,83	177,39
	II	8.983,00	303,39	180,51
	Total	16.893,00	571,22	357,89
2017	I	5.872,00	198,40	181,14
	II	6.489,00	202,30	194,95
	Total	12.361,00	400,70	376,09
2018	I	6.011,00	219,44	165,85
	II	11.691,00	372,19	189,05
	Total	17.702,00	591,63	354,91
2019	I	9.721,00	305,18	191,50
	II	12.504,00	386,16	196,39
	Total	22.225,00	691,34	387,89
Rata-rata		9.096,67	305,36	179,34

Lampiran 2. Biaya Penggunaan Pupuk Organik

Tahun	Semester	Biaya Kompos TKKS (Rp)	Luas Aplikasi (ha)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	54.763.707,35	352,12	155.525,69
	II	36.568.825,88	356,77	102.499,72
	Total	91.332.533,23	708,89	128.838,79
2015	I	43.020.692,54	312,70	137.578,17
	II	46.118.089,71	387,86	118.903,96
	Total	89.138.782,25	700,56	127.239,33
2016	I	40.655.939,99	267,83	151.797,56
	II	33.486.959,43	303,39	110.375,95
	Total	74.142.899,42	571,22	129.797,45
2017	I	1.096.849.249,93	198,40	5.528.474,04
	II	1.221.118.693,62	202,30	6.036.177,43
	Total	2.317.967.943,55	400,70	5.784.796,47
2018	I	1.323.279.548,80	219,44	6.030.256,78
	II	2.745.347.795,84	372,19	7.376.199,78
	Total	4.068.627.344,64	591,63	6.876.979,44
2019	I	1.104.897.469,92	305,18	3.620.477,98
	II	1.413.641.685,92	386,16	3.660.766,74
	Total	2.518.539.155,84	691,34	3.642.981,97
Rata-rata		763.312.388,24	305,36	1,390,886.12

Lampiran 3. Jumlah dan Biaya Penggunaan Pupuk Dolomit

Tahun	Semester	Jumlah Pupuk (kg)	Jumlah Biaya (Rp)	Luas Aplikasi (ha)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	42.300,00	22.116.743,37	364,51	60.675,27
	II	259.400,00	144.531.479,57	1.761,87	82.033,00
	Total	301.700,00	166.648.222,94	2.126,38	142.708,27
2015	I	35.000,00	20.538.023,16	278,69	73.694,87
	II	130.850,00	58.041.732,85	2.346,67	24.733,66
	Total	165.850,00	78.579.756,01	2.625,36	98.428,53
2016	I	77.600,00	65.715.311,34	1.779,53	36.928,47
	II	138.150,00	119.006.829,13	1.334,04	89.207,84
	Total	215.750,00	184.722.140,47	3.113,57	126.136,31
2017	I	8.100,00	4.159.803,43	180,90	22.995,04
	II	99.450,00	58.770.539,21	1.363,03	43.117,57
	Total	107.550,00	62.930.342,64	1.543,93	66.112,61
2018	I	65.900,00	28.743.765,91	1.188,49	24.185,11
	II	82.150,00	61.534.657,18	1.084,35	56.747,97
	Total	148.050,00	90.278.423,09	2.272,84	80.933,08
2019	I	33.150,00	31.842.759,17	411,82	77.322,03
	II	32.600,00	26.303.210,41	412,82	63.715,93
	Total	65.750,00	58.145.969,58	824,64	141.037,96
Rata-rata		83.720,83	53.442.071,23	1.042,23	51.276,82

Lampiran 4. Jumlah dan Biaya Penggunaan Pupuk Kieserit

Tahun	Semester	Jumlah Pupuk (kg)	Jumlah Biaya (Rp)	Luas Aplikasi (ha)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	2.185,00	5.560.268,81	118,32	46.993,48
	II	54.867,00	164.441.367,14	563,74	291.697,18
	Total	57.052,00	170.001.635,95	682,06	249.247,33
2015	I	54.854,00	183.747.260,21	877,77	209.334,18
	II	17.103,00	56.078.234,37	338,40	165.715,82
	Total	71.957,00	239.825.494,58	1.216,17	197.197,34
2016	I	-	-	-	-
	II	250,00	10.132.137,07	84,43	120.006,36
	Total	250,00	10.132.137,07	84,43	120.006,36
2017	I	900,00	34.510.061,85	6,00	5.751.676,98
	II	10.600,00	308.119.830,40	72,78	4.233.578,32
	Total	11.500,00	342.629.892,25	78,78	4.349.198,94
2018	I	5.050,00	186.760.950,75	69,78	2.676.425,20
	II	-	-	-	-
	Total	5.050,00	186.760.950,75	69,78	2.676.425,20
2019	I	-	-	-	-
	II	-	-	-	-
	Total	-	-	-	-
Rata-rata		12.150,75	79.112.509,22	177,60	445.449,14

Lampiran 5. Jumlah dan Biaya Penggunaan Pupuk MOP

Tahun	Semester	Jumlah Pupuk (kg)	Jumlah Biaya (Rp)	Luas Aplikasi (ha)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	111.950,00	428.092.005,56	890,20	480.894,19
	II	311.500,00	679.378.845,48	2.208,65	307.599,14
	Total	423.450,00	1.107.470.851,04	3.098,85	357.381,24
2015	I	334.700,00	1.465.011.601,27	3.151,33	464.886,76
	II	294.150,00	1.457.077.768,18	2.669,83	545.756,76
	Total	628.850,00	2.922.089.369,45	5.821,16	501.977,16
2016	I	166.900,00	1.254.972.784,76	1.428,13	878.752,48
	II	132.150,00	872.671.803,18	1.358,68	642.293,85
	Total	299.050,00	2.127.644.587,94	2.786,81	763.469,55
2017	I	121.750,00	752.665.886,59	1.282,17	587.025,03
	II	129.350,00	942.470.075,24	1.279,16	736.788,26
	Total	251.100,00	1.695.135.961,83	2.561,33	661.818,65
2018	I	93.700,00	861.250.273,24	1.329,92	647.595,55
	II	113.800,00	1.108.669.100,81	1.079,35	1.027.163,66
	Total	207.500,00	1.969.919.374,05	2.409,27	817.641,60
2019	I	37.350,00	803.141.896,48	412,82	1.945.501,42
	II	36.750,00	801.751.154,04	412,62	1.943.073,90
	Total	74.100,00	1.604.893.050,52	825,44	1.944.287,96
Rata-rata		157.004,17	952.262.766,24	1.458,57	652.873,48

Lampiran 6. Jumlah dan Biaya Penggunaan Pupuk Rock Phosphate

Tahun	Semester	Jumlah Pupuk (kg)	Jumlah Biaya (Rp)	Luas Aplikasi (ha)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	210.600,00	271.099.705,60	1.522,58	178.052,85
	II	142.200,00	249.646.449,08	1.165,08	214.274,08
	Total	352.800,00	520.746.154,68	2.687,66	193.754,48
2015	I	181.700,00	210.344.372,19	1.455,36	144.530,82
	II	178.350,00	330.142.017,71	1.358,73	242.978,38
	Total	360.050,00	540.486.389,90	2.814,09	192.064,36
2016	I	181.700,00	373.724.703,28	1.426,81	261.930,25
	II	188.550,00	414.811.479,29	1.452,96	285.494,08
	Total	370.250,00	788.536.182,57	2.879,77	273.819,15
2017	I	230.000,00	228.534.078,92	1.727,17	132.317,07
	II	213.200,00	249.761.266,15	1.943,50	128.511,07
	Total	443.200,00	478.295.345,07	3.670,67	130.301,92
2018	I	206.950,00	369.632.529,58	1.538,01	240.331,68
	II	115.350,00	262.452.242,64	1.079,65	243.090,11
	Total	322.300,00	632.084.772,22	2.617,66	241.469,39
2019	I	88.700,00	199.902.425,01	1.263,02	158.273,36
	II	90.600,00	238.812.180,83	1.292,94	184.704,77
	Total	179.300,00	438.714.605,84	2.555,96	171.643,77
Rata-rata		168.991,67	283.238.620,86	1.435,48	197.312,26

Lampiran 7. Jumlah dan Biaya Penggunaan Pupuk Urea

Tahun	Semester	Jumlah Pupuk (kg)	Jumlah Biaya (Rp)	Luas Aplikasi (ha)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	293.450,00	1.272.696.478,95	2.306,15	551.870,64
	II	308.063,00	1.268.274.923,90	2.481,15	511.164,15
	Total	601.513,00	2.540.971.402,85	4.787,30	530.773,38
2015	I	40.440,00	179.677.752,61	445,01	403.761,16
	II	293.892,00	1.305.046.911,83	5.227,43	249.653,64
	Total	334.332,00	1.484.724.664,44	5.672,44	261.743,56
2016	I	167.550,00	1.071.749.326,33	1.428,13	750.456,42
	II	180.980,00	1.454.111.918,89	1.358,28	1.070.553,88
	Total	348.530,00	2.525.861.245,22	2.786,41	906.493,03
2017	I	179.170,50	1.048.749.422,24	1.481,04	708.116,88
	II	206.750,00	1.022.254.486,33	1.891,94	540.320,77
	Total	385.920,50	2.071.003.908,57	3.372,98	613.998,28
2018	I	229.050,00	1.527.092.245,65	1.905,00	801.623,23
	II	100.600,00	1.046.705.958,68	957,11	1.093.610,93
	Total	329.650,00	2.573.798.204,33	2.862,11	899.266,00
2019	I	92.550,00	895.353.399,37	1.285,86	696.307,06
	II	94.500,00	1.174.529.704,58	1.314,62	893.436,66
	Total	187.050,00	2.069.883.103,95	2.600,48	795.961,94
Rata-rata		182.249,63	1.105.520.210,78	1.840,14	600.779,40

Lampiran 8. Jumlah Biaya Penggunaan Pupuk Anorganik

Tahun	Semester	Dolomit		Kieserit		MOP		Rock Phosphate		Urea		Total Biaya Anorganik	
		Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Total Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	22.116.743,37	60.675,27	5.560.268,81	46.993,48	428.092.005,56	480.894,19	271.099.705,60	178.052,85	1.272.696.478,95	551.870,64	1.999.565.202,29	3.600.656,89
	II	144.531.479,57	82.033,00	164.441.367,14	291.697,18	679.378.845,48	307.599,14	249.646.449,08	214.274,08	1.268.274.923,90	511.164,15	2.506.273.065,17	9.528.613,30
	Total	166.648.222,94	142.708,27	170.001.635,95	249.247,33	1.107.470.851,04	357.381,24	520.746.154,68	193.754,48	2.540.971.402,85	530.773,38	4.505.838.267,46	13.129.270,19
2015	I	20.538.023,16	73.694,87	183.747.260,21	209.334,18	1.465.011.601,27	464.886,76	210.344.372,19	144.530,82	179.677.752,61	403.761,16	2.059.319.009,44	5.378.416,65
	II	58.041.732,85	24.733,66	56.078.234,37	165.715,82	1.457.077.768,18	545.756,76	330.142.017,71	242.978,38	1.305.046.911,83	249.653,64	3.206.386.664,94	6.312.167,58
	Total	78.579.756,01	98.428,53	239.825.494,58	197.197,34	2.922.089.369,45	501.977,16	540.486.389,90	192.064,36	1.484.724.664,44	261.743,56	5.265.705.674,38	11.690.584,23
2016	I	65.715.311,34	36.928,47	-	-	1.254.972.784,76	878.752,48	373.724.703,28	261.930,25	1.071.749.326,33	750.456,42	2.766.162.125,71	11.703.964,61
	II	119.006.829,13	89.207,84	10.132.137,07	120.006,36	872.671.803,18	642.293,85	414.811.479,29	285.494,08	1.454.111.918,89	1.070.553,88	2.870.734.167,56	7.067.577,50
	Total	184.722.140,47	126.136,31	10.132.137,07	120.006,36	2.127.644.587,94	763.469,55	788.536.182,57	273.819,15	2.525.861.245,22	906.493,03	5.636.896.293,27	18.771.542,11
2017	I	4.159.803,43	22.995,04	34.510.061,85	5.751.676,98	752.665.886,59	587.025,03	228.534.078,92	132.317,07	1.048.749.422,24	708.116,88	2.068.619.253,03	16.066.964,42
	II	58.770.539,21	43.117,57	308.119.830,40	4.233.578,32	942.470.075,24	736.788,26	249.761.266,15	128.511,07	1.022.254.486,33	540.320,77	2.581.376.197,33	30.061.959,37
	Total	62.930.342,64	66.112,61	342.629.892,25	4.349.198,94	1.695.135.961,83	661.818,65	478.295.345,07	130.301,92	2.071.003.908,57	613.998,28	4.649.995.450,36	46.128.923,79
2018	I	28.743.765,91	24.185,11	186.760.950,75	2.676.425,20	861.250.273,24	647.595,55	369.632.529,58	240.331,68	1.527.092.245,65	801.623,23	2.973.479.765,13	11.376.750,95
	II	61.534.657,18	56.747,97	-	-	1.108.669.100,81	1.027.163,66	262.452.242,64	243.090,11	1.046.705.958,68	1.093.610,93	2.479.361.959,31	10.643.583,76
	Total	90.278.423,09	80.933,08	186.760.950,75	2.676.425,20	1.969.919.374,05	817.641,60	632.084.772,22	241.469,39	2.573.798.204,33	899.266,00	5.452.841.724,44	22.020.334,70
2019	I	31.842.759,17	77.322,03	-	-	803.141.896,48	1.945.501,42	199.902.425,01	158.273,36	895.353.399,37	696.307,06	1.930.240.480,03	12.127.400,81
	II	26.303.210,41	63.715,93	-	-	801.751.154,04	1.943.073,90	238.812.180,83	184.704,77	1.174.529.704,58	893.436,66	2.241.396.249,86	9.605.393,66
	Total	58.145.969,58	141.037,96	-	-	1.604.893.050,52	1.944.287,96	438.714.605,84	171.643,77	2.069.883.103,95	795.961,94	4.171.636.729,89	21.732.794,47
Rata-rata		53.442.071,23	51.276,82	79.112.509,22	445.449,14	952.262.766,24	652.873,48	283.238.620,86	197.312,26	1.105.520.210,78	600.779,40	2.473.576.178,32	11.122.787,46

Lampiran 9. Jumlah Biaya Penggunaan Pupuk

Tahun	Semester	Biaya Pupuk Organik		Biaya Pupuk Anorganik		Total Biaya Pupuk	
		Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)	Total Biaya (Rp)	Biaya Per Hektar (Rp/ha)
2014	I	54.763.707,35	155.525,69	1.999.565.202,29	3.600.656,89	2.054.328.909,64	3,756,182.58
	II	36.568.825,88	102.499,72	2.506.273.065,17	9.528.613,30	2.542.841.891,05	9,631,113.02
	Total	91.332.533,23	128.838,79	4.505.838.267,46	13.129.270,19	4.597.170.800,69	13,387,295.60
2015	I	43.020.692,54	137.578,17	2.059.319.009,44	5.378.416,65	2.102.339.701,98	5,515,994.82
	II	46.118.089,71	118.903,96	3.206.386.664,94	6.312.167,58	3.252.504.754,65	6,431,071.54
	Total	89.138.782,25	127.239,33	5.265.705.674,38	11.690.584,23	5.354.844.456,63	11,947,066.36
2016	I	40.655.939,99	151.797,56	2.766.162.125,71	11.703.964,61	2.806.818.065,70	11,855,762.17
	II	33.486.959,43	110.375,95	2.870.734.167,56	7.067.577,50	2.904.221.126,99	7,177,953.45
	Total	74.142.899,42	129.797,45	5.636.896.293,27	18.771.542,11	5.711.039.192,69	19,033,715.62
2017	I	1.096.849.249,93	5.528.474,04	2.068.619.253,03	16.066.964,42	3.165.468.502,96	21,595,438.46
	II	1.221.118.693,62	6.036.177,43	2.581.376.197,33	30.061.959,37	3.802.494.890,95	36,098,136.80
	Total	2.317.967.943,55	5.784.796,47	4.649.995.450,36	46.128.923,79	6.967.963.393,91	57,693,575.26
2018	I	1.323.279.548,80	6.030.256,78	2.973.479.765,13	11.376.750,95	4.296.759.313,93	17,407,007.73
	II	2.745.347.795,84	7.376.199,78	2.479.361.959,31	10.643.583,76	5.224.709.755,15	18,019,783.54
	Total	4.068.627.344,64	6.876.979,44	5.452.841.724,44	22.020.334,70	9.521.469.069,08	35,426,791.27
2019	I	1.104.897.469,92	3.620.477,98	1.930.240.480,03	12.127.400,81	3.035.137.949,95	15,747,878.79
	II	1.413.641.685,92	3.660.766,74	2.241.396.249,86	9.605.393,66	3.655.037.935,78	13,266,160.40
	Total	2.518.539.155,84	3.642.981,97	4.171.636.729,89	21.732.794,47	6.690.175.885,73	29,014,039.19
Rata-rata		763.312.388,24	2.499.713,09	2.473.576.178,32	11,122,787.46	3.236.888.566,56	13,875,206.94

Lampiran 10. Produksi dan Produktivitas

Tahun	Semester	Produksi (ton)	Luas Panen (ha)	Produktivitas (ton/ha)
2014	I	19,239.95	1,578.41	12.19
	II	19,575.77	1,569.31	12.47
	Total	38,815.72	1,573.86	24.66
2015	I	18,388.97	1,632.34	11.27
	II	23,294.31	1,625.51	14.33
	Total	41,683.28	1,628.92	25.59
2016	I	16,204.75	1,647.28	9.84
	II	20,139.37	1,647.28	12.23
	Total	36,344.11	1,647.28	22.06
2017	I	17,211.83	1,581.93	10.88
	II	20,113.88	1,581.93	12.71
	Total	37,325.71	1,581.93	23.60
2018	I	15,349.51	1,581.93	9.70
	II	18,910.17	1,581.93	11.95
	Total	34,259.67	1,581.93	21.66
2019	I	15,320.63	1,581.70	9.69
	II	16,174.96	1,581.65	10.23
	Total	31,495.58	1,581.67	19.91
Rata-rata		18,327.01	799.63	11.46

Lampiran 11 Nilai Green House Gas (GHG)

Tahun	Semester	Nilai GHG (Kg CO ₂ ,eq/Ton FFB)
2014	I	391.83
	II	460.94
	Total	852.77
2015	I	249.08
	II	388.59
	Total	637.67
2016	I	349.52
	II	324.99
	Total	674.51
2017	I	339.19
	II	327.31
	Total	666.5
2018	I	391.21
	II	238.18
	Total	629.38
2019	I	241.23
	II	245.1
	Total	486.33
Rata-rata		328.93

Lampiran 12. Regression Pengaruh Penggunaan Pupuk Kompos TKKS terhadap Total Biaya Pupuk

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X) ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Total Biaya Pupuk (Y)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.531 ^a	.282	.211	7.95449E6

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.489E14	1	2.489E14	3.933	.075 ^a
	Residual	6.327E14	10	6.327E13		
	Total	8.816E14	11			

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)

b. Dependent Variable: Total Biaya Pupuk (Y)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-57101623.295	35861285.551		-1.592	.142
	Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)	395766.869	199552.208	.531	1.983	.035

a. Dependent Variable: Total Biaya Pupuk (Y)

Lampiran 13. Regression Pengaruh Penggunaan Kompos TKKS terhadap Produktivitas

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X) ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Produktivitas (Y)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.166 ^a	.027	-.070	1.49329

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.628	1	.628	.282	.607 ^a
	Residual	22.299	10	2.230		
	Total	22.927	11			

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)

b. Dependent Variable: Produktivitas (Y)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	15.022	6.732		2.231	.050
	Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)	-.020	.037	-.166	-.531	.607

a. Dependent Variable: Produktivitas (Y)

Lampiran 14. Regression Pengaruh Jumlah Kompos TKKS terhadap Nilai GHG

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X) ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Total Biaya Pupuk (Y)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.662 ^a	.438	.382	57.43792

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25707.720	1	25707.720	7.792	.019 ^a
	Residual	32991.152	10	3299.115		
	Total	58698.872	11			

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)

b. Dependent Variable: Nilai GHG (Y)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1050.293	258.948		4.056	.002
	Jumlah Pupuk Kompos TKKS (X)	-4.022	1.441	-.662	-2.791	.019

a. Dependent Variable: Nilai GHG (Y)

Lampiran 15. Tabel Uji t

df=(n-k)	= 0.05	= 0.025
1	6.314	12.706
2	2.920	4.303
3	2.353	3.182
4	2.132	2.776
5	2.015	2.571
6	1.943	2.447
7	1.895	2.365
8	1.860	2.306
9	1.833	2.262
10	1.812	2.228
11	1.796	2.201
12	1.782	2.179
13	1.771	2.160
14	1.761	2.145
15	1.753	2.131
16	1.746	2.120
17	1.740	2.110
18	1.734	2.101
19	1.729	2.093
20	1.725	2.086
21	1.721	2.080
22	1.717	2.074
23	1.714	2.069
24	1.711	2.064
25	1.708	2.060
26	1.706	2.056
27	1.703	2.052
28	1.701	2.048
29	1.699	2.045
30	1.697	2.042
31	1.696	2.040
32	1.694	2.037
33	1.692	2.035
34	1.691	2.032
35	1.690	2.030
36	1.688	2.028
37	1.687	2.026
38	1.686	2.024
39	1.685	2.023
40	1.684	2.021
41	1.683	2.020
42	1.682	2.018
43	1.681	2.017
44	1.680	2.015
45	1.679	2.014
46	1.679	2.013
47	1.678	2.012
48	1.677	2.011
49	1.677	2.010
50	1.676	2.009

df=(n-k)	= 0.05	= 0.025
51	1.675	2.008
52	1.675	2.007
53	1.674	2.006
54	1.674	2.005
55	1.673	2.004
56	1.673	2.003
57	1.672	2.002
58	1.672	2.002
59	1.671	2.001
60	1.671	2.000
61	1.670	2.000
62	1.670	1.999
63	1.669	1.998
64	1.669	1.998
65	1.669	1.997
66	1.668	1.997
67	1.668	1.996
68	1.668	1.995
69	1.667	1.995
70	1.667	1.994
71	1.667	1.994
72	1.666	1.993
73	1.666	1.993
74	1.666	1.993
75	1.665	1.992
76	1.665	1.992
77	1.665	1.991
78	1.665	1.991
79	1.664	1.990
80	1.664	1.990
81	1.664	1.990
82	1.664	1.989
83	1.663	1.989
84	1.663	1.989
85	1.663	1.988
86	1.663	1.988
87	1.663	1.988
88	1.662	1.987
89	1.662	1.987
90	1.662	1.987
91	1.662	1.986
92	1.662	1.986
93	1.661	1.986
94	1.661	1.986
95	1.661	1.985
96	1.661	1.985
97	1.661	1.985
98	1.661	1.984
99	1.660	1.984
100	1.660	1.984