

**ANALISIS JEJAK EMISI KARBON PG MADUKISMO MENUJU
*GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Whika Nurul Arian

No Mahasiswa : 10522254

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2014

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 24 November 2014



Whika Nurul Arifah



PT MADUBARU

PG/PS MADUKISMO

SURAT KETERANGAN

No. : 6476/DIR/MB/X/2014

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa,

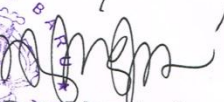
N a m a : Whika Nurul Arifah.
N I M : 10522254

Adalah mahasiswa Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah selesai melaksanakan Tugas Akhir di Bagian Pabrikasi Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta dari tanggal 18 Agustus 2014 s/d 18 September 2014.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Oktober 2014.

A/n Direktur PT Madubaru


Retna Isharsriyanti
 Kabag. SDM & Umum

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISIS JEJAK EMISI KARBON PG MADUKISMO MENUJU
*GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT***



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS JEJAK EMISI KARBON PG MADUKISMO MENUJU GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Whika Nurul Arifah

No. Mahasiswa : 10522254

Telah dipertahankan di depan sidang pengujian sebagai satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 24 November 2014

Tim Penguji

Prof.Dr.Ir.R. Chairul Saleh, M.Sc.

Ketua

Luqman Hakim, S.T., M.Si

Anggota I

Taufiq Immawan, S.T., M.M

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAAN

*Karya ini aku persembahkan untuk
Bapak dan Mama, orang tua terhebat dengan dukungan, doa dan kasih sayangnya
yang tanpa henti.*

*Kedua kakaku Mba Yosi dan Mas Arsa, Adikku Aries, dan keponakanku Qiara yang
selalu memberikan doa, dukungan, dorongan semangat, cinta kasih, air mata, dan
seluruh daya upaya aku ucapkan terimakasih atas semua kesabaran, dukungan
penantian untuk Tugas Akhir ini.*

*Semua teman-teman teknik Industri UII angkatan 2010 dan semua teman kerabat
yang tidak bisa disebutkan satu per satu terimakasih untuk semangat dan
dukungannya*

**SURAT KETERANGAN PELAKSANAAN TA DARI PIHAK
TERKAIT**

HALAMAN PERSEMBAHAAN

*Karya ini aku persembahkan untuk
Bapak dan Mama, orang tua terhebat dengan dukungan, doa dan kasih sayangnya
yang tanpa henti.*

*Kedua kakaku Mba Yosi dan Mas Arsa, Adikku Aries, dan keponakanku Qiara yang
selalu memberikan doa, dukungan, dorongan semangat, cinta kasih, air mata, dan
seluruh daya upaya aku ucapkan terimakasih atas semua kesabaran, dukungan
penantian untuk Tugas Akhir ini.*

*Semua teman-teman teknik Industri UII angkatan 2010 dan semua teman kerabat
yang tidak bisa disebutkan satu per satu terimakasih untuk semangat dan
dukungannya*

HALAMAN MOTO

فَإِنَّمَعَ الْعُسْرُ يُسْرًا ۖ إِنَّمَعَ الْعُسْرُ يُسْرًا ۖ

Kerana sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan (QS: Al-Insyirah 5-6)

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar (QS: Al-Baqarah 153)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji syukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang, sholawat serta salam selalu dihaturkan pada Nabi junjungan kita Muhammad SAW sebaik-baik ciptaan-Nya yang telah membawa kita ke jalan yang diridhai-Nya.

Dengan Rahmat dan Hidayah Allah SWT akhirnya tugas akhir yang berjudul “Analisis Jejak Emisi Karbon PG Madukismo Menuju *Green Supply Chain Management*” dapat terselesaikan dengan baik.

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah guna memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini, dengan rasa hormat penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Kepala Prodi Teknik Industri dan seluruh staf, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. R. Chairul Shaleh. M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Kedua orang tuaku tercinta atas segala doa, bantuan, dan kasih sayang yang tak henti-hentinya mengalir untukku.
5. Keluarga Bapak Chairul Shaleh yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materil.
6. Sahabatku Selia, Farah, Whinda, Nuansa, Ekin, Kartika yang selalu mendukung dengan kiriman do'a.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan pada masa mendatang.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, 24 November 2014

Whika Nurul Arifah

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran emisi CO₂ pada industri gula yakni PG Madukismo berdasarkan konsumsi energinya. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan pada aktivitas rantai pasok gula selama lima tahun terakhir. Setelah dilakukan identifikasi didapatkan enam aktivitas dalam rantai pasok yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Enam aktivitas tersebut adalah transportasi bahan baku tebu, transportasi karung dan plastik, pengangkutan tebu menggunakan lori, pembakaran pada mesin boiler, penggunaan listrik PLN, dan yang terakhir adalah transportasi distribusi gula ke konsumen. Perhitungan emisi berdasarkan model perhitungan IPCC 2006, dan didapatkan hasil bahwa berturut-turut dari tahun 2009 sampai dengan 2013 emisi CO₂ yang dihasilkan PG Madukismo dalam aktivitas rantai pasoknya adalah sebesar 107,064 ton CO₂, 123.710 ton CO₂, 97,164 ton CO₂, 111,999 ton CO₂ dan 132,618 ton CO₂. Kemudian dilakukan analisis terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ dan didapatkan hasil variabel jumlah tebu yang digiling, efisiensi mesin boiler, dan jarak tempuh kendaraan pengantar tebu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pengeluaran emisi CO₂ dengan nilai *R Square* sebesar 0.983. Pengujian variabel tersebut dilakukan menggunakan analisis regresi linier berganda dengan software SPSS 16.0.

Kata Kunci: Emisi CO₂, Rantai Pasok, IPCC 2006, Regresi Linier Berganda

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA	ii
SURAT KETERANGAN PELAKSANAAN TA DARI PIHAK TERKAIT	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xix
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II	
KAJIAN LITERATUR.....	8
2.1 KAJIAN INDUKTIF	8
2.2 KAJIAN DEDUKTIF	10
2.2.1 Pengertian Manajemen Rantai Pasok	10
2.2.2 Komponen Manajemen Rantai Pasok.....	11
2.2.3 Manajemen Rantai Pasok Hijau.....	12
2.2.4 Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global.....	12
2.2.5 Emisi Karbondioksida (CO ₂).....	14

2.2.6	Perhitungan Emisi CO ₂	15
2.2.7	Analisis Regresi	15
BAB III		
METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Lokasi dan Fokus Penelitian	19
3.2	Perancangan Penelitian	21
3.3	Penjelasan Diagram Alir Perancangan Penelitian:	22
3.3.1	Mulai.....	22
3.3.2	Konseptual Model.....	22
3.3.3	Emisi Langsung	30
3.3.4	Emisi Tidak Langsung.....	31
3.3.5	Pengambilan Data	31
3.3.6	Menghitung Emisi CO ₂	33
3.3.7	Menganalisis variabel-variabel yang berpengaruh terhadap total pengeluaran Emisi CO ₂	42
3.3.8	Analisis	48
3.3.9	Selesai	48
BAB IV		
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		49
4.1	Aktivitas Berpotensi Menghasilkan Emisi CO ₂	49
4.2	Klasifikasi Sumber Energi Aktivitas	50
4.3	Penentuan Tier	51
4.4	Pengumpulan Data.....	51
4.4.1	Data Konsumsi Solar Aktivitas Transportasi Bahan Baku Tebu.....	51
4.4.2	Data Konsumsi Solar Aktivitas Transportasi Karung dan Plastik.....	53
4.4.3	Data Konsumsi Solar Aktivitas Pengangkutan Tebu Menggunakan Lori.....	57
4.4.4	Data Konsumsi Bahan Bakar pada Aktivitas Pembakaran di Mesin Boiler	59
4.4.5	Data Penggunaan Energi Listrik PLN	61
4.4.6	Data Konsumsi Solar Pada Aktivitas Transportasi Distribusi Gula	63
4.5	Perhitungan Emisi Karbon.....	64
4.5.1	Perhitungan Emisi CO ₂ pada Aktivitas Transportasi Kedatangan Bahan Baku	64

4.5.2	Perhitungan Emisi CO ₂ pada Aktivitas Transportasi Kedatangan Karung dan Plastik.....	67
4.5.3	Perhitungan Emisi CO ₂ pada Aktivitas Pengangkutan tebu Menggunakan Lori	70
4.5.4	Perhitungan Emisi CO ₂ pada Aktivitas Pembakaran pada Mesin Boiler.	72
4.5.5	Perhitungan Emisi CO ₂ pada Aktivitas Penggunaan Listrik PLN	81
4.5.6	Perhitungan Emisi CO ₂ pada Aktivitas Transportasi Distribusi gula	84
4.5.7	Hasil perhitungan.....	86
4.6	Analisis Regresi Total Emisi CO ₂	89
4.6.1	Uji Normalitas	94
4.6.2	Multikolinearitas.....	95
4.6.3	Autokorelasi.....	96
4.6.4	Heteroskedestisitas	96
4.7	Pengujian Hipotesis	98
4.7.1	Koefisien Determinasi	98
4.7.2	Uji Signifikansi Simultan (Uji Statistik F)	98
4.7.3	Uji Signifikansi Parameter Individual (Uji Statistik t)	99
BAB V		
PEMBAHASAN		105
5.1	Analisis Pengeluaran Emisi CO ₂ dari Aktivitas Rantai Pasok Gula di PG Madukismo	105
5.1.1	Emisi CO ₂ di Indonesia	106
5.1.2	Dampak Emisi CO ₂	108
5.1.3	Langkah Pengurangan Emisi CO ₂	109
5.2	Menganalisis Variabel - Variabel yang Mempengaruhi Pengeluaran Emisi CO ₂	110
5.2.1	Pengaruh Variabel Jumlah Tebu Yang Digiling Terhadap Pengeluaran Emisi CO ₂	112
5.2.2	Pengaruh Variabel Efisiensi Mesin Boiler Terhadap Pengeluaran Emisi CO ₂	113
5.2.3	Pengaruh Variabel Jarak Tempuh Truk Pengantar Tebu Terhadap Pengeluaran Emisi CO ₂	114

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN.....	116
6.1 Kesimpulan	116
6.2 Saran	117
DAFTARPUSTAKA	118
LAMPIRAN.....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Stasiun putaran PG Madukismo	29
Tabel 3.2 Sumber Emisi Dari Pembakaran Bahan Bakar	355
Tabel 3.3 Deskripsi ruang lingkup 1,2, dan 3	366
Tabel 3.4 Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia	38
Tabel 3.5 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri manufaktur (kg CO ₂ per TJ nilai kalor netto)	400
Tabel 3.6 Faktor Emisi Pembakaran Kendaraan Jalan Raya (kg CO ₂ per TJ nilai kalor netto).....	411
Tabel 3.7 Faktor Emisi Pembakaran Transportasi Kereta Api (kg CO ₂ per TJ nilai kalor netto)	422
Tabel 3.8 Dasar pengambilan keputusan asumsi autokorelasi.....	466
Tabel 4.1 Aktivitas berpotensi menghasilkan emisi CO ₂	49
Tabel 4.2 Data sumber emisi aktivitas berpotensi mengeluarkan emisi CO ₂	500
Tabel 4.3 Data konsumsi solar aktivitas transportasi bahan baku tebu (liter)	522
Tabel 4.4 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2009.....	533
Tabel 4.5 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2009	544
Tabel 4.6 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2010.....	555
Tabel 4.7 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2010	566
Tabel 4.8 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2011.....	566
Tabel 4.9 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2011	566
Tabel 4.10 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2012.....	56
Tabel 4.11 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2012	57
Tabel 4.12 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2013.....	57
Tabel 4.13 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2013	57
Tabel 4.14 Data konsumsi solar aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori(liter)	58
Tabel 4.15 Data jumlah konsumsi bagasse pada aktivitas pembakaran di mesin boiler (ton).....	59
Tabel 4.16 Data jumlah konsumsi kayu bakar pada aktivitas pembakaran di mesin boiler (ton).....	60
Tabel 4.17 Data jumlah konsumsi MFO pada aktivitasakaran di mesin boiler (liter)	611

Tabel 4.18 Data penggunaan Energi listrik PLN (kWh).....	622
Tabel 4.19 Data konsumsi solar aktivitas transportasi distribusi gula (liter).....	633
Tabel 4.20 Perhitungan emisi transportasi kedatangan bahan baku tebu tahun 2009	655
Tabel 4.21 Pengeluaran emisi CO ₂ dari aktivitas transportasi bahan baku tebu (kg CO ₂)	66
Tabel 4.22 Perhitungan emisi transportasi kedatangan karung dan plastik tahun 2009	67
Tabel 4.23 Pengeluaran emisi CO ₂ dari aktivitas transportasi karung dan plastik (kg CO ₂)	69
Tabel 4.24 Perhitungan Emisi CO ₂ pada aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori tahun 2009.....	700
Tabel 4.25 Pengeluaran Emisi CO ₂ dari aktivitas Pengangkutan tebu menggunakan lori (kg CO ₂).....	72
Tabel 4.26 Perhitungan Emisi CO ₂ pada aktivitas pembakaran bagasse pada mesin boiler tahun 2009.....	73
Tabel 4.27 Pengeluaran Emisi CO ₂ dari aktivitas pembakaran bagasse pada mesin boiler (Kg CO ₂).....	75
Tabel 4.28 Perhitungan Emisi CO ₂ pada aktivitas pembakaran kayu pada mesin boiler tahun 2009.....	76
Tabel 4.29 Pengeluaran Emisi CO ₂ dari aktivitas pembakaran kayu di mesin boiler (Kg CO ₂)	77
Tabel 4.30 Perhitungan Emisi CO ₂ pada aktivitas pembakaran MFO pada mesin boiler tahun 2009.....	79
Tabel 4.31 Pengeluaran Emisi CO ₂ dari aktivitas pembakaran MFO pada mesin boiler (Kg CO ₂)	80
Tabel 4.32 Perhitungan Emisi CO ₂ pada aktivitas penggunaan listrik PLN.....	81
Tabel 4.33 Pengeluaran Emisi CO ₂ dari aktivitas penggunaan listrik PLN (Kg CO ₂)	83
Tabel 4.34 Perhitungan Emisi CO ₂ pada aktivitas transportasi distribusi gula tahun 2009.....	84
Tabel 4.35 Pengeluaran Emisi CO ₂ dari aktivitas transportasi distribusi gula	85
Tabel 4.36 Total Emisi CO ₂ pada periode giling tahun 2009-2013 (Ton CO ₂).....	86
Tabel 4.37 Proporsi (%) pengeluaran emisi CO ₂ berdasarkan aktivitas	89
Tabel 4.38 Input data uji regresi linear berganda.....	90

Tabel 4.39 Hasil Uji Normalitas	94
Tabel 4.40 Hasil uji multikolinearitas antar variabel independen	95
Tabel 4.41 Hasil uji autokorelasi	96
Tabel 4.42 Hasil Uji heteroskedestisitas	97
Tabel 4.43 Hasil uji signifikansi simultan	98
Tabel 4.44 Hasil uji signifikansi parameter individual	99
Tabel 4.45 Hasil prediksi menggunakan persamaan.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Emisi langsung dan tidak langsung dalam rantai pasok.....	2
Gambar 2.1 Jaringan dalam Manajemen Rantai Pasok.....	10
Gambar 3.1 Perancangan Penelitian	21
Gambar 3.2 Rantai Pasok Gula di PG Madukismo.....	22
Gambar 3.3 Skema stasiun pemerahan nira	24
Gambar 3.4 skema stasiun penguapan	27
Gambar 3.5 Skema Proses Kristalisasi	28
Gambar 4.1 Pengeluaran total emisi CO ₂ pada	88
Gambar 4.2 Hasil uji normalitas	95
Gambar 4.3 Hasil uji heteroskedesitas	97
Gambar 4.4 Perbandingan nilai emisi CO ₂ dengan hasil prediksi	104
Gambar 5.1 laju pertambahan emisi CO ₂ di Indonesia.....	107
Gambar 5.2 Persentase sumbangan emisi CO ₂ dari sektor industri di Indonesia	107

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Regresi Linier Sederhana	17
Persamaan (2.2) Regresi Linier Berganda	18
Persamaan (3.1) Rumus Dasar Perhitungan Emisi CO ₂	34
Persamaan (3.2) Perhitungan Emisi CO ₂ Sumber Stasioner.....	37
Persamaan (3.3) Konversi Konsumsi Energi	38
Persamaan (3.4) Perhitungan Emisi CO ₂ Sumber Transportasi Jalan Raya	39
Persamaan (3.5) Perhitungan Emisi CO ₂ Sumber Transportasi Kereta Api.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dekade terakhir ini masyarakat telah menaruh perhatian lebih pada perubahan iklim dikarenakan pemanasan global. Perubahan iklim ini tidak dapat dilepaskan dari aktivitas manusia sebagai penyebab baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak dari perubahan iklim ini bisa dirasakan secara nyata, seperti perubahan pola angin, meningkatnya badai atmosferik, perubahan pola hujan dan siklus hidrologi dan lain-lain dan akhirnya berdampak pada ekosistem yang ada di Bumi.

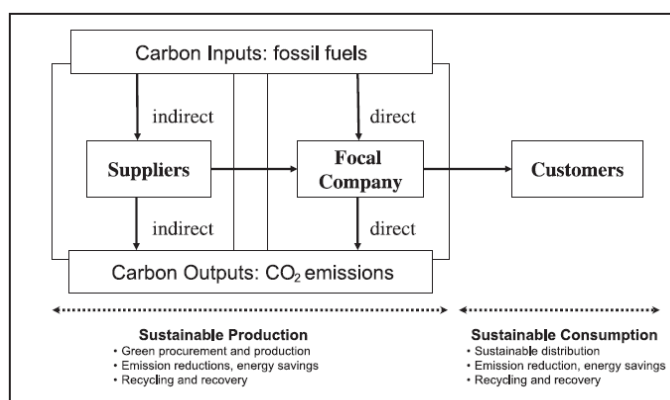
Manajemen puncak di berbagai sektor telah mengakui bahwa saat ini perubahan iklim dan manajemen karbon merupakan realitas bisnis (Bonini & Oppenheim, 2008). Dunia Internasional telah menyadari adanya dampak dari perubahan iklim dan isu ini telah disadari dengan melakukan berbagai konferensi perubahan iklim. Konferensi tersebut bertujuan untuk menstabilisasi konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem iklim. Salah satu Jenis GRK yang keberadaanya di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global adalah CO₂ (Karl & Trenberth, 2003).

World Bank telah menunjukkan data tentang Emisi CO₂ dunia yang semakin meningkat. World Bank mencatat emisi CO₂ dunia pada tahun 2010 adalah sebesar 33,615,389 ribu metrik ton, dan mengalami peningkatan sebesar 51,3 % sejak tahun 1990. Semakin bertambahnya populasi penduduk dunia membuat peningkatan emisi

CO₂ akan terus terjadi. Tahun 2013 populasi penduduk dunia adalah 12,546 milyar (World Bank, 2014), dan diprediksi akan meningkat menjadi 9,7 milyar pada tahun 2050 (Population Reference Bureau, 2012)

Aktivitas perusahaan dan operasi bisnis tentu mendapatkan dampak langsung dari perubahan iklim akibat pemanasan global salah satunya tekanan Kyoto Protocol yang semakin meningkat (Bonini & Oppenheim, 2008). Perusahaan kini mulai berusaha menerapkan konsep ramah lingkungan kedalam rencana strategis dan kegiatan operasional mereka, salah satu langkah yang ditempuh adalah dengan memperluas manajemen lingkungan menuju lingkup rantai pasok yang kemudian disebut *Green Supply Chain Management (Gr-SCM)*. Apalagi kini telah banyak Negara yang mewajibkan sektor industri untuk melaporkan emisi GRK yang ditimbulkan dari aktivitasnya seperti Jepang, USA, Kanada, dan Australia.

(Lee & Cheong, 2011) menyatakan bahwa kunci strategis dalam menerapkan manajemen karbon adalah identifikasi dan pengukuran jejak karbon dari produk dan proses didalam *Supply Chain Management (SCM)*. Sebab dengan melakukan pengukuran jejak karbon dan mengevaluasinya dapat membantu perusahaan dalam pengembangan dan eksploitasi penggunaan energi yang lebih baik. Pengukuran tersebut dilakukan baik terhadap emisi langsung maupun emisi tidak langsung.



Gambar 1.1 Emisi langsung dan tidak langsung dalam rantai pasok

Indonesia sebagai Negara berkembang tengah mengalami perkembangan pada sektor industri dengan pesat, bahkan Dinas Perindustrian mencatat laju pertumbuhan industri untuk tahun 2010-2014 melebihi target yang ditentukan (Kementrian Perindustrian, 2012). Hal tersebut menunjukkan Indonesia telah menyumbangkan emisi GRK yang signifikan melalui aktifitas industri dan terus mengalami peningkatan. Presiden telah mengeluarkan peraturan untuk mengatur pelaksanaan langkah aksi penurunan emisi dan inventarisasi gas rumah kaca di Indonesia melalui Perpres no 61 tahun 2001 tentang Rencana Aksi Nasional penurunan Emisi Gas rumah Kaca dan Perpres no 71 tahun 2011 tentang penyelenggaraan inventaris Gas Rumah Kaca Nasional.

PG Madukismo sebagai salah satu produsen gula yang cukup besar di Indonesia telah memiliki program manajemen lingkungan dengan mengelola limbah hasil produksi berupa limbah padat, limbah cair, limbah gas, maupun limbah B3. Namun demikian hingga saat ini belum ada pengelolaan pengeluaran emisi CO₂, yang merupakan penyebab pemanasan global. Walaupun telah ada peraturan Presiden tentang pelaksanaan langkah aksi penurunan emisi dan inventarisasi gas rumah kaca, namun PG Madukismo belum menerima mandat dari pemerintah untuk mengelola limbah CO₂. Sehingga perlu dilakukan eksplorasi dan investigasi pengukuran jejak karbon dalam rantai pasoknya. Hal ini sebagai bentuk dukungan terhadap program pemerintah yang ingin menurunkan tingkat emisi GRK sebesar 26% ditahun 2020 (Kementrian Lingkungan Hidup, 2012). Dan sebagai langkah awal PG Madukismo dalam mengevaluasi penggunaan energi pada rantai pasoknya.

1.2 Rumusan Masalah

Membangun lingkungan yang bersih dan hijau menjadi dambaan setiap insan supaya dapat melahirkan generasi masa depan yang sehat dan tenteram. Berdasarkan latar belakang diatas tentang dampak aktivitas rantai pasok yang melibatkan pabrik gula memunculkan ide pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana mengukur emisi CO₂ dalam aktivitas rantai pasok gula di PG Madukismo berdasarkan konsumsi energinya?
2. Bagaimana mengidentifikasi variabel yang mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ dalam aktivitas rantai pasok pengolahan produk gula di PG Madukismo?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, diperoleh batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di PG Madukismo Yogyakarta.
2. Objek penelitian dilakukan pada aktivitas rantai pasok pengolahan produk gula di PG Madukismo.
3. Pada penelitian ini akan digunakan metode tinjauan dokumen, wawancara dan pengamatan langsung.
4. Pengambilan data berdasarkan pengukuran emisi karbon secara langsung tipe (data sekunder) menggunakan data historis penggunaan energi di PG Madukismo.
5. Perhitungan dilakukan berdasarkan data historis tahun 2009-2013 pada masa giling setiap tahunnya.
6. Perhitungan emisi mengacu pada IPCC 2006.

7. Faktor Emisi yang digunakan adalah *default* IPCC.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada pertanyaan penelitian maka dapat disusun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengukur emisi CO₂ yang dihasilkan pada aktivitas rantai pasok gula di PG Madukismo berdasarkan konsumsi energinya.
2. Mengidentifikasi variabel yang dapat mempengaruhi pengukuran emisi CO₂ pada setiap aktivitas rantai pasok pengolahan produk gula di PG Madukismo.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian ini diatas maka hasil yang diperoleh dari kajian ini akan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat ikut berpartisipasi dalam pelaksanaan Protokol Kyoto dalam hal penurunan tingkat emisi gas rumah kaca yang sedang digalangkan Pemerintah Indonesia.
2. Dapat mengisi database ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang manajemen rantai pasok yang terfokus pada penelitian aktivitas rantai pasok untuk keberlangsungan (*Sustainability Supply Chain*).

1.6 Sistematika Penelitian

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terstruktur dan terarah, maka dalam penyusunannya disertakan sistematika penulisan berdasarkan bab demi bab yang berurutan, sistematika lanjutan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada Bab 1 diuraikan tentang latarbelakang penelitian, rumusan permasalahan yang berisikan pertanyaan penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian.

BAB 2 KAJIAN LITERATUR

Pada bab 2 sebagai bab kajian literatur akan dipresentasikan hasil kajian induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian yang memaparkan hasil-hasil penelitian terdahulu yang menjadi dasar kajian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Sedangkan kajian deduktif adalah landasan teori yang mendukung dan akan digunakan di dalam menyelesaikan permasalahan penelitian yang akan dihadapi. Kajian induktif diperoleh dari jurnal, proceeding, dan hasil-hasil penelitian yang tidak dipublikasi. Sedangkan kajian deduktif di peroleh dari buku teks yang telah bersifat umum. Kedua model kajian pustaka ini untuk mencari “*state of the art*” atau kekinian kajian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab 3 akan dipresentasikan metodologi penelitian yang terdiri dari beberapa bahasan seperti lokasi dan focus penelitian, identifikasi variabel dan parameter yang akan diteliti dan rancangan pembangunan model, data yang diperlukan, cara dan menganalisa data.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab 4 akan menguraikan cara pengumpulan dan pengolahan data baik melalui table ataupun gambar serta hasil dari analisa data yang dapat melahirkan kesimpulan implisit atau tidak langsung dari penelitian yang akan dilakukan.

BAB 5 PEMBAHASAN

Pada bab 5 pembahasan akan mendiskusikan hasil yang akan membahas dan mengungkap secara implisit kesimpulan yang harus diberikan.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab 6 berisikan hasil kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan hasil dan diikuti saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada bab 2 akan dipresentasikan hasil kajian induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian yang memaparkan hasil-hasil penelitian terdahulu, yang diperoleh dari artikel didalam jurnal hasil-hasil penelitian. Sedangkan kajian deduktif adalah landasan teori yang diperoleh dari buku-buku teks. Kedua kajian ini menjadi dasar kajian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Kedua model kajian pustaka ini untuk mencari “*state of the art*” atau kekinian kajian

2.1 KAJIAN INDUKTIF

Meningkatnya emisi karbon memberikan kontribusi dan mempercepat laju perubahan iklim. Efek yang paling jelas dan mendesak yang dapat dilihat saat ini adalah pemanasan global yang berpengaruh terhadap kenaikan suhu di bumi (Pittock, 2005). *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) telah mengakui bahwa perubahan iklim ini dapat menjadi tanggung jawab manusia, karena kegiatan manusia turut menyumbangkan emisi yang memperburuk pemanasan global (IPCC, 2007).

Salah satu sektor dalam kehidupan yang banyak menyumbangkan emisi karbon adalah sektor industri. Oleh karenanya beberapa penelitian menfokuskan pada pengukuran emisi karbon dalam rantai pasok (Carbontrust, 2006). Sundarakani et al (2010) mengenalkan model analitis yang mengukur emisi karbon dari kedua proses rantai pasok stasioner dan non-stasioner. Pengukuran emisi karbon ini juga dapat dilakukan berdasarkan konsumsi energi (Ozawa-Meida et al, 2013). Bahkan

Akbostancı et al, (2011) telah melakukan pengukuran emisi CO₂ di beberapa industri manufaktur di Turki berdasarkan konsumsi energinya.

Lee & Cheong (2011) juga telah melakukan perhitungan emisi karbon pada perusahaan Hyundai Motor co (HMC) dalam aktifitas manajemen rantai pasok. Secara garis besar Tian et al, (2011) menyebutkan bahwa variabel yang berpengaruh pada pengeluaran emisi karbon di China adalah jumlah proporsi batu bara pada keseluruhan konsumsi energi, efisiensi energi, populasi, jumlah konsumsi per kapita dan persentase urbanisasi terhadap populasi yang ada di China. Sedangkan Baareh (2013) menyebutkan bahwa variabel yang berpengaruh pada pengeluaran emisi karbon adalah banyaknya konsumsi minyak, natural gas, batu bara dan sumber energi utama yang dikonsumsi negara tersebut. Dari dua penelitian terdahulu dapat dilihat bahwa variabel yang berpengaruh pada pengeluaran CO₂ dapat berbeda-beda tergantung dengan objek penelitian.

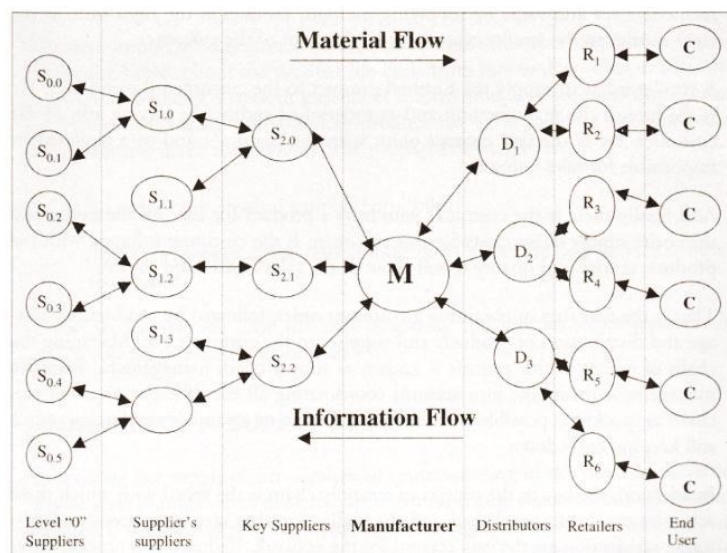
Dari penelitian diatas dapat diketahui bahwa emisi karbon dapat dihitung berdasarkan konsumsi energinya, dan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap pengeluaran emisi karbon berbeda-beda tergantung dari objek penelitiannya. Oleh karena itu penelitian difokuskan untuk menganalisis emisi karbon akibat aktivitas rantai pasok gula PG Madukismo. Analisis dilakukan untuk mengetahui jumlah emisi karbon yang dihasilkan dan variabel-variabel yang dapat mempengaruhi pengeluaran emisi karbon.

2.2 KAJIAN DEDUKTIF

2.2.1 Pengertian Manajemen Rantai Pasok

Pujawan (2010) mendefinisikan manajemen rantai pasok sebagai metode atau pendekatan integrasi untuk mengelola aliran produk, informasi dan uang secara bersama dan melibatkan pihak-pihak mulai dari hulu ke hilir yang terdiri dari pemasok, pabrik, jaringan distribusi maupun jasa-jasa logistik.

Menurut Kulkarni (2009) dalam kegiatan rantai pasok terdapat sebuah jaringan aliran material supplier, supplier dari supplier itu sendiri dan di lain sisi terdapat pula pembeli dan pembeli dari pembeli itu sendiri. Jaringan ini dibuat untuk memastikan aliran informasi, barang, pelayanan dan keuntungan berjalan dengan lancar diantara pihak-pihak yang terkait. Kulkarni (2009) menggambarkan jaringan dalam rantai pasok ini dengan node-node yang saling terkait, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Jaringan dalam Manajemen Rantai Pasok

2.2.2 Komponen Manajemen Rantai Pasok

Menurut Turban, *et al* (2004) terdapat 3 macam komponen rantai pasok, yaitu:

1. Rantai Hulu

Bagian *upstream* (hulu) rantai pasok meliputi aktivitas dari suatu perusahaan manufaktur dengan para penyalurannya (yang mana dapat manufaktur, *assembler*, atau kedua-duanya) dan koneksi mereka kepada para penyalur mereka (para penyalur *second-trier*). Hubungan para penyalur dapat diperluas kepada beberapa strata, semua jalan dari asal material. Di dalam rantai hulu aktivitas yang utama adalah pengadaan.

2. Rantai Internal

Bagian dari rantai internal meliputi semua proses pemasukan barang ke gudang yang digunakan dalam mentransformasikan masukan dari para penyalur ke dalam keluaran organisasi itu. Hal ini meluas dari waktu masukan masuk ke dalam organisasi. Di dalam rantai suplai internal, perhatian yang utama adalah manajemen produksi, pabrikasi, dan pengendalian persediaan.

3. Rantai Hilir

Hilir (arah muara) rantai pasok meliputi semua aktivitas yang melibatkan pengiriman produk kepada pelanggan akhir. Di dalam rantai hilir, perhatian diarahkan pada distribusi, pergudangan, transportasi, dan *after-sales-service*.

2.2.3 Manajemen Rantai Pasok Hijau

Pertumbuhan industri yang semakin pesat pada era globalisasi seperti saat ini telah memberikan dampak nyata pada lingkungan, seperti pembuangan sisa limbah produksi, limbah kemasan, ataupun produk itu sendiri yang bisa disebut dengan limbah padat. Pencemaran yang ditimbulkan dalam proses bisnis itulah yang kemudian mencetuskan gagasan untuk tidak mengabaikan aspek lingkungan dalam setiap proses bisnis perusahaan, mulai dari *green manufacture*, *green purchasing*, *green marketing* sampai dengan *green supply chain management*.

Manajemen rantai pasok hijau merupakan pengintegrasian pemikiran lingkungan ke dalam manajemen rantai pasokan, termasuk desain produk, sumber dan seleksi bahan baku, proses manufaktur, pengiriman produk akhir sampai ke tangan konsumen, serta manajemen hidup produk setelah masa manfaatnya (Srivastava, 2007)

Penerapan konsep manajemen rantai pasok hijau selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan juga dapat meningkatkan efisiensi perusahaan dalam rantai pasok. Dengan metode ini, perusahaan dapat mengurangi pemakaian sumber daya pada proses produksi terutama pada pengadaan bahan baku. Karena pendekatan ini akan mendorong perusahaan senantiasa melakukan inovasi teknologi untuk lebih baik dalam penggunaan material, energi, dan tenaga kerja.

2.2.4 Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global

Istilah Gas Rumah Kaca (GRK) disampaikan para ahli dalam menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Atmosfer bumi digambarkan sebagaimana kaca pada bangunan rumah

kaca yang sering kita jumpai dalam praktek budidaya tanaman. Atmosfer bumi melewati cahaya matahari hingga mencapai dan menghangatkan permukaan bumi sehingga memungkinkan bumi untuk ditinggali makhluk hidup. Tanpa atmosfer, bumi akan dingin. Hal ini terjadi karena adanya keberadaan gas-gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah.

Gas-gas di atmosfer yang bersifat seperti rumah kaca disebut “Gas Rumah Kaca”. Terminologi GRK diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (*antropogenik*), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi infra merah). Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan ini oleh GRK yang ada pada lapisan atmosfer bawah, dekat dengan permukaan bumi akan diserap dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai “Efek Rumah Kaca”.

Jenis/tipe GRK yang keberadaannya di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global adalah CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 , dan tambahan gas-gas yaitu NF_3 , SF_5 , CF_3 , $\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$, $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCHF}_2$, $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OCHF}_2$, dan senyawa-senyawa *halocarbon* yang tidak termasuk Protokol Montreal, yaitu CF_3I , CH_2Br_2 , CHCl_3 , CH_3Cl , CH_2Cl_2 . Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama ialah CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah CO_2 sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali.

Adanya peningkatan suhu global akan mempengaruhi proses fisik dan kimia yang ada baik di bumi maupun atmosfer dan pada akhirnya berdampak pada perubahan iklim. Jadi perubahan iklim merupakan perubahan yang terjadi pada sistem

iklim global akibat langsung atau tidak langsung dari aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer secara global dan variabilitas iklim yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

2.2.5 Emisi Karbondioksida (CO₂)

Kegiatan manusia (*anthropogenic*) telah meningkat dengan sangat berarti sejak 2 (dua) abad terakhir, khususnya setelah era pra-industri. Peningkatan penggunaan energi dari bahan bakar minyak untuk berbagai kegiatan manusia terutama dalam proses-proses industri, transportasi, dan kegiatan pembukaan hutan untuk keperluan pembangunan, intensifikasi budi daya tanaman serta produksi limbah, telah menyebabkan emisi gas-gas rumah kaca meningkat dengan laju yang semakin cepat. Rata global konsentrasi CO₂ di atmosfer pada awal revolusi industri (sekitar tahun 1750-an) hanya 280 ppm dan pada tahun 2006 sudah meningkat menjadi 381 ppm.

Diperkirakan konsentrasi CO₂ saat ini merupakan konsentrasi yang paling tinggi dalam 650,000 tahun terakhir (Petit JR, 1999) dan kemungkinan selama 20 juta tahun terakhir. Laju pertumbuhan konsentrasi CO₂ dalam tahun 2000-2006 mencapai 1.93 ppm per tahun. Laju ini merupakan laju tertinggi sejak adanya pengukuran kontinyu GRK sejak tahun 1959 dan peningkatannya juga sangat signifikan dibanding dengan laju emisi di awal tahun 1980an (1.58 ppm per tahun) dan 1990an (1.49 ppm per tahun).

Dilihat dari sisi sumber emisi, dalam periode 1959-2006 jumlah emisi terbesar berasal dari penggunaan bahan bakar minyak yaitu mencapai 80%, sedangkan dari perubahan penggunaan lahan sekitar 20%. Rata-rata emisi selama periode ini ialah sekitar 6.7 PgC per tahun. Emisi yang dilepaskan ini sebagian diserap kembali oleh

lautan dan daratan. Namun demikian kemampaun lautan dan daratan dalam menyerap kembali CO₂ tidak banyak mengalami perubahan. Dengan demikian, terjadinya peningkatan laju emisi menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer menjadi meningkat dari waktu ke waktu.

2.2.6 Perhitungan Emisi CO₂

Berdasarkan keputusan Para Pihak di COP 8 (*Decision 17/CP.8*), telah disepakati bagi negara berkembang (non-Annex 1) seperti Indonesia, pedoman yang digunakan untuk menyusun inventarisasi GRK ialah *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Selain itu juga dilengkapi dengan dua pedoman lainnya yaitu *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* yang diterima IPCC tahun 2000 dan *the Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry* (GPG for LULUCF) yang diterima IPCC tahun 2003

Sejalan dengan berkembangnya pengetahuan tentang inventarisasi GRK, IPCC kemudian menyusun pedoman inventarisasi GRK baru tahun 2006 yang sudah memperbaiki dan mengakomodasi metode yang disusun di ketiga pedoman sebelumnya yaitu *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* yang terdiri dari lima volume.

2.2.7 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah suatu model matematis yang dapat digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara dua variabel atau lebih yaitu variabel bebas dan

variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang nilai-nilainya tidak bergantung pada variabel lainnya, biasanya disimbolkan dengan X . Variabel ini digunakan untuk meramalkan atau menerangkan nilai dari variabel yang lain. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang nilai-nilainya bergantung pada variabel lainnya, biasanya disimbolkan dengan Y . Variabel itu merupakan variabel yang diramalkan atau diterangkan nilainya

Untuk mempelajari hubungan-hubungan antara beberapa variabel, analisis regresi dapat dilihat dari dua bentuk yaitu :

1. Analisis Regresi Sederhana (*Simple Analisis regression*)
2. Analisis regresi Berganda (*Multiple Analisis regression*)

A. Persamaan regresi

Persamaan Regresi (*regression equation*) adalah suatu persamaan matematis yang mendefinisikan hubungan antara dua variabel. Persamaan regresi yang digunakan untuk membuat taksiran mengenai variabel dependen disebut persamaan regresi estimasi, yaitu suatu formula matematis yang menunjukkan hubungan keterkaitan antara satu atau beberapa variabel yang nilainya sudah diketahui dengan satu variabel lain yang nilainya belum diketahui

Sifat hubungan antar variabel dalam persamaan regresi merupakan hubungan sebab akibat (*causal relationship*) Oleh karena itu, sebelum menggunakan persamaan regresi dalam menjelaskan hubungan antara dua atau lebih variabel, maka perlu diyakini terlebih dahulu bahwa secara teoritis atau perkiraan sebelumnya, dua atau lebih variabel tersebut memiliki hubungan sebab akibat. Variabel yang nilainya akan mempengaruhi nilai variabel lain disebut dengan variabel bebas (*independent*

variabel), sedangkan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh nilai variabel lain disebut variabel tergantung (*dependent variabel*)

B. Analisis Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana yaitu suatu prosedur untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk persamaan antara variabel bebas tunggal dengan variabel tak bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu peubah bebas X yang dihubungkan dengan satu peubah tak bebas. Persamaan regresinya adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \qquad \text{Pers ... (2.1)}$$

Dimana :

Y = Variabel dependen (variabel terikat/dipengaruhi)

X = Variabel independen (Variabel bebas/mempengaruhi)

a = Konstanta regresi

b = Intersep atau kemiringan garis regresi

C. Analisi Regresi Linier Berganda

Banyak persoalan penelitian/pengamatan yang terjadi sebagai akibat lebih dari dua variabel, atau dengan kata lain memerlukan lebih dari satu peubah bebas dalam membentuk model regresi. Persamaan yang digunakan pada regresi linier berganda sama seperti pada regresi sederhana, hanya saja pada regresi berganda ditambahkan variabel-variabel lain yang juga diikutsertakan dalam penelitian. Adapun rumus yang

digunakan disesuaikan dengan jumlah variabel yang diteliti. Adapun persamaan regresi berganda adalah sebagai berikut :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_nX_n \quad \text{Pers ... (2.2)}$$

Dimana:

Y = Variabel dependen (variabel terikat/dipengaruhi)

X = Variabel independen (Variabel bebas/mempengaruhi)

a = Konstanta regresi

b = Intersep atau kemiringan garis regresi

n = Jumlah variabel independen

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang mengandung beberapa sub bab seperti: lokasi dan fokus penelitian, kerangka penelitian, konseptual model, pengambilan data, cara perhitungan emisi, dan analisa data.

3.1 Lokasi dan Fokus Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Madu Baru PG Madukismo, Bantul, Yogyakarta. Perusahaan ini merupakan industri pembuatan gula yang mengolah tebu (*Saccharum Officinarum*) sebagai bahan bakunya. Penelitian dilakukan selama bulan satu yakni pada bulan September 2014.

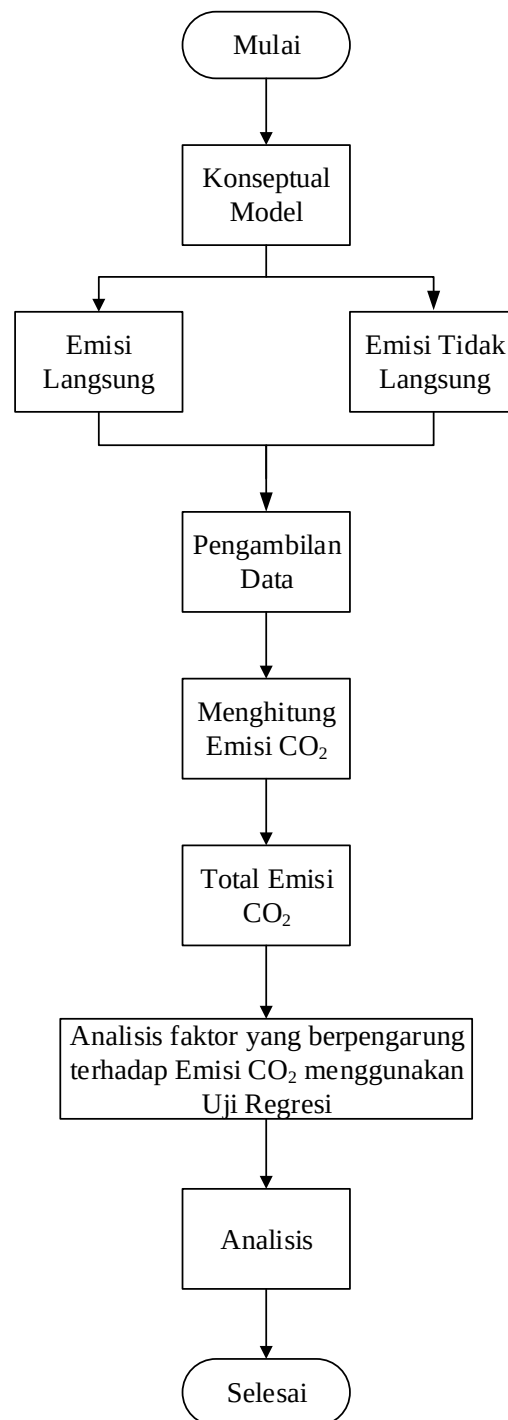
Sebagai salah satu produsen gula di Indonesia, PG Madukismo memiliki tingkat produksi yang tinggi. Hal ini berdampak positif kepada pengeluaran emisi karbon yang tinggi juga. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengetahui dan menyadari akan pentingnya efek gas rumah kaca terhadap lingkungan.

Kepedulian perusahaan terhadap pentingnya efek gas rumah kaca bagi alam dapat dibuktikan dengan menghitung emisi karbon yang dihasilkan oleh perusahaan. Dengan mengetahui jumlah emisi karbon yang dikeluarkan maka perusahaan dapat membuat program yang mendukung penurunan tingkat emisi karbon dan membuat target penurunannya.

Sesuai dengan masalah yang dihadapi perusahaan saat ini, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dan pengukuran terhadap jumlah emisi CO₂ berdasarkan

konsumsi energi pada rantai pasok gula PG Madukismo pada masa giling tahun 2009-2013, menganalisis variabel-variabel yang berpengaruh terhadap total pengeluaran emisi CO₂, dan memprediksikan total pengeluaran emisi CO₂ berdasarkan variabel yang mempengaruhinya dengan menggunakan metode prediksi.

3.2 Perancangan Penelitian



Gambar 3.1 Perancangan Penelitian

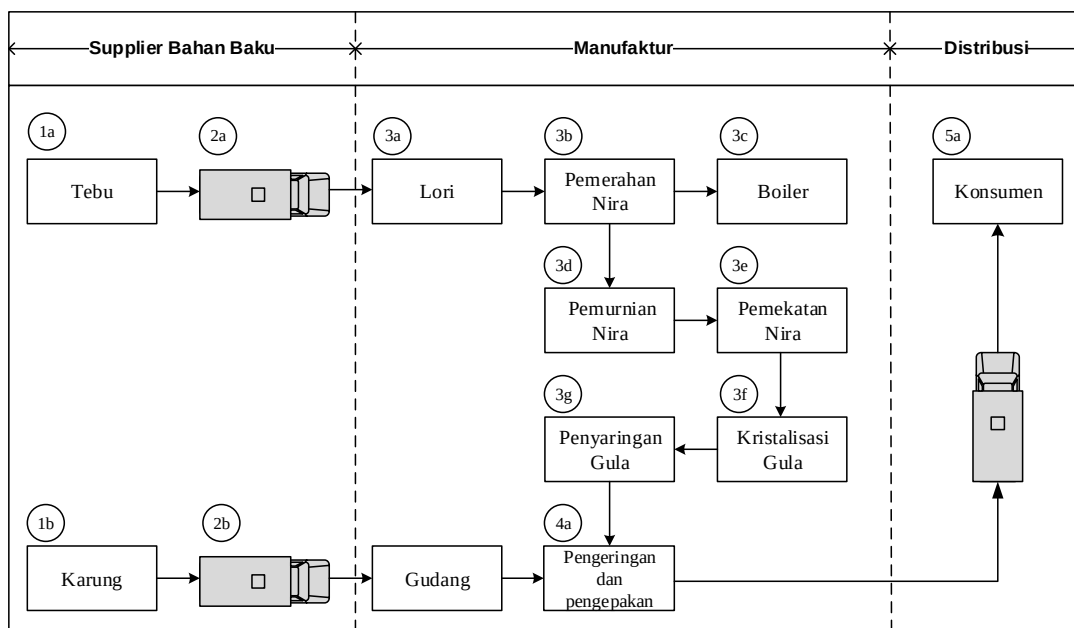
3.3 Penjelasan Diagram Alir Perancangan Penelitian:

3.3.1 Mulai

Tahapan dimana penelitian akan dilakukan, dengan metode yang telah disiapkan untuk menyelesaikannya.

3.3.2 Konseptual Model

Pada sub-bab ini, sebuah konseptual model diberikan untuk menyediakan gambaran secara visual dari aktifitas-aktifitas yang terjadi pada sistem perusahaan yang akan dilakukan perhitungan emisi CO₂. Hal ini bertujuan untuk memahami dengan mudah alur aktifitas rantai pasok di PG Madukismo. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Konseptual model ini dibagi menjadi tiga tahap penting yaitu bahan mentah, pabrikan, dan pengantaran.



Gambar 3.2 Rantai Pasok Gula di PG Madukismo

Rantai Pasok merupakan pengelolaan rantai siklus yang lengkap mulai bahan mentah dari supplier, ke kegiatan operasional di perusahaan, berlanjut ke distribusi sampai kepada konsumen. PG Madukismo juga memiliki aktivitas rantai pasok yang menghubungkannya dengan pemasok dan konsumen. Pada tahap pembelian bahan baku ke pemasok telah teridentifikasi dua pembelian material (1a-1b), untuk material 1a langsung diproses pada proses produksi gula, sedangkan material 1b disimpan terlebih dahulu di gudang untuk selanjutnya baru digunakan pada perlakuan akhir produksi yaitu pada stasiun pengepakan.

Pada ruang lingkup pabrikan, tujuh kegiatan produksi (3a-3g) dan satu proses tambahan (4a), serta satu kegiatan pada proses pengantaran produk ke konsumen (5a) telah teridentifikasi. Masing-masing aktivitas diatas berpotensi untuk menghasilkan emisi CO₂, oleh karena perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang pengeluaran emisi CO₂ pada aktivitas-aktivitas diatas. Kegiatan-kegiatan diatas dijelaskan lebih lanjut seperti dibawah ini :

1. Kedatangan Tebu

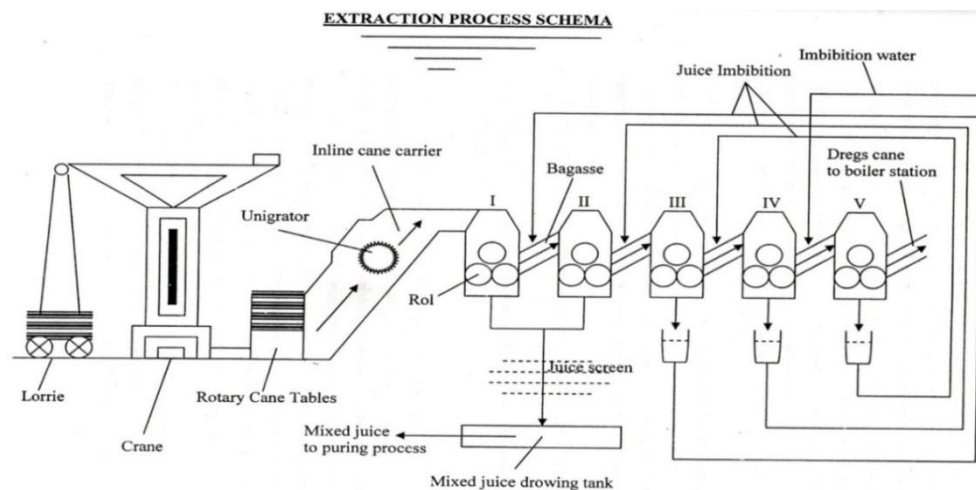
Pada tahap ini bahan baku berupa tebu (*Saccharum Officinarum*) dibawa dari pemasok menggunakan truk ke lokasi PG Madukismo. Sebelum diproses, tebu terlebih dahulu ditimbang di area depan pabrik kemudian diangkut menggunakan lori yang ditarik dengan lokomotif ke stasiun gilingan atau pemerahan.

Pada aktivitas kedatangan tebu berpotensi menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari pembakaran bahan bakar solar yang dikonsumsi truk saat kegiatan transportasinya. Emisi yang dihasilkan pada aktivitas ini merupakan emisi tidak

langsung, sebab konsumsi solar dalam aktivitas transportasi kedatangan tebu tidak dikendalikan perusahaan secara langsung.

2. Pemerahan Nira

Tebu setelah ditimbang dikirim ke stasiun gilingan (stasiun ekstraksi) untuk dipisahkan antara cairan yang mengandung gula (nira mentah) dengan bagian padat (ampas). Alat yang digunakan dalam stasiun gilingan adalah Unigrator Mark IV (*crusher*), *Cane Knife*, serta lima buah mesin penggilingan. Masing-masing mesin penggilingan terdiri dari tiga rol dengan ukuran 36" x 64". Dalam proses penggilingan tebu, perlu ditambahkan nira inhibisi dan air inhibisi. Air akan melarutkan nira yang terkandung dalam ampas tebu sehingga nira dapat terperah semaksimal mungkin. Air inhibisi yang ditambahkan sebanyak 20-30% berat tebu yang digiling dengan suhu 70-80°C. Proses pemerahan nira dapat digambarkan dalam skema berikut:



Gambar 3.3 Skema stasiun pemerahan nira
(Sumber: Bagian pabrikasi, PG Madukismo, 2014)

Ampas yang diperoleh dari proses pemerahan nira kurang lebih 35% dari berat tebu digiling. Ampas digunakan untuk bahan bakar stasiun ketel (boiler). Sedangkan

nira mentah dikirim ke stasiun pemurnian untuk diproses lebih lanjut. Pada aktivitas ini digunakan mesin-mesin seperti Unigrator Mark IV (*crusher*), *Cane Knife*, serta lima buah mesin penggilingan yang membutuhkan energi listrik sebagai energi penggerakannya. Penggunaan energi listrik inilah yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂.

3. Pemurnian Nira

Pemurnian nira mentah di PG Madukismo dilakukan dengan sistem sulfitasi. Pemurnian dilakukan untuk memisahkan kotoran dan atau zat-zat bukan gula yang ada di dalam nira. Nira mentah ditimbang menggunakan timbangan boulogne dan ditambahkan asam phospat (H₃PO₄). Kapasitas timbangan bolougne adalah 5 ton. Nira mentah yang tertimbang menuju tangki pemanas I hingga mencapai suhu 70-75°C. Suhu pemanasan dalam tangki tidak akan mencapai 100°C untuk menghindari terjadinya kerusakan monosakarida dalam nira.

Nira mentah tertimbang direaksikan dengan susu kapur dalam defekator dan diberi gas SO₂ hingga pH 7.0. Penambahan susu kapur dan belerang bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang ada dalam nira mentah dan membuat pH nira netral agar monosakarida dan sukrosa dalam nira tidak rusak. Monosakarida rusak pada pH rendah sedangkan sukrosa rusak pada pH tinggi.

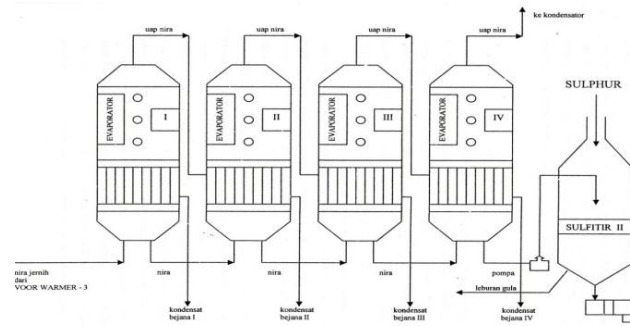
Nira kemudian dipanaskan kembali dengan suhu 100-105oC. Kotoran yang dihasilkan diendapkan dalam peti pengendap (*Door Clarifier*) dan disaring menggunakan *Rotary Vacuum Filter* (alat penapis hampa). *Rotary vacuum filter* akan memisahkan nira dari endapan kotorannya (blotong). Blotong digunakan sebagai pupuk organik. Kadar gula dalam blotong dibawah 2 %. Nira bersih yang telah

terpisah dari blotong dipanaskan pada suhu 102°C kemudian dialirkan menuju stasiun penguapan. Pada stasiun pemurnian nira ini juga digunakan energi listrik sebagai energi penggerak mesin-mesin yang ada, penggunaan energi listrik inilah yang membuat aktivitas pada stasiun pemurnian nira berpotensi menghasilkan emisi CO₂.

4. Pemekatan Nira

Komponen terbesar dari nira encer yang dihasilkan stasiun pemurnian adalah air (brix nira mentah 10-12% yang berarti kandungan airnya 88-90%). Di dalam brix nira terdapat gula yang akan diambil dalam bentuk kristal sehingga kandungan airnya harus dihilangkan. Penghilangan atau penguapan air dalam pabrik gula ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu penguapan di stasiun penguapan yang sasarannya menghilangkan sebanyak mungkin air sehingga dicapai kondisi mendekati jenuh, sedangkan tahap kedua adalah melanjutkan penguapan sampai kristal sukrosa terbentuk yang dilakukan di stasiun kristalisasi (stasiun masakan).

Pada stasiun penguapan akan dihilangkan air sampai nira mendekati jenuh dengan kadar brix nya 60-64. Nira dengan kadar brix sebesar ini disebut nira kental. PG Madukismo memiliki 5 buah evaporator yang beroperasi dan menggunakan sistem *multi effect evaporator* dengan sistem kerja *quadruple effect*. Maksudnya dalam satu seri digunakan 4 badan penguap atau evaporator sedangkan satu badan evaporator sebagai cadangan yang dapat dijalankan sewaktu – waktu apabila terdapat kerusakan atau apabila salah satu badan evaporator sedang dibersihkan (*scrab*).



Gambar 3.4 skema stasiun penguapan
(Sumber : PG Madukismo, 2014)

Total luas bidang pemanas dalam evaporator adalah 5.990 m^2 . Nira kental yang keluar dari unit penguapan memiliki warna gelap, sehingga nira tersebut perlu dipucatkan sebelum dimasak di pan masakan. Nira kental dibawa ke *disk* sulfitir II untuk diberi gas SO_2 . Selain digunakan sebagai pemucat, gas SO_2 juga berfungsi sebagai penurun pH sehingga pHnya mencapai 5,4 dan proses ini berjalan pada suhu 75°C . Seperti halnya stasiun pemerahan nira dan pemurnian nira, pada stasiun ini juga digunakan energi listrik sebagai energi penggerak mesin. Oleh karena itu pada kegiatan ini termasuk kegiatan yang berpotensi menghasilkan emisi CO_2 .

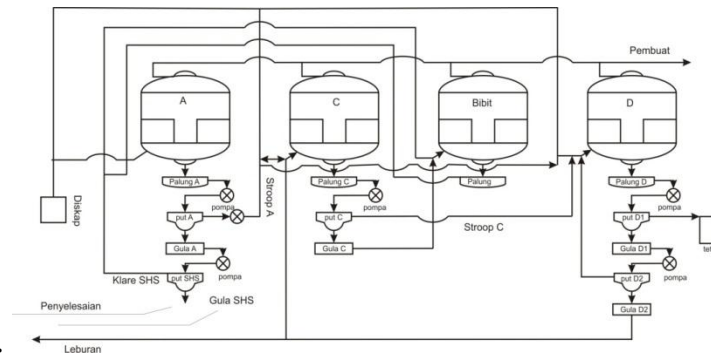
5. Kristalisasi Gula

Proses kristalisasi (masakan) bertujuan untuk mengkristalkan molekul sukrosa yang ada pada nira kental. Pemasakan dilakukan untuk meningkatkan nilai brix gula dari 60 sampai 99. Sistem yang dipakai yaitu A-C-D dimana gula A sebagai produk, sementara gula C dan D dipakai sebagai bibit serta dilebur untuk dimasak lagi. Ketiga sistem masakan tersebut memiliki harga kemurnian (HK) yang berbeda-beda, yaitu :

1. Masakan A dengan HK lebih dari 80.
2. Masakan C dengan HK antara 70 – 74.

3. Masakan D dengan HK antara 56 – 60.

Angka tersebut merupakan angka ideal. Perbedaan tingkat masakan ditentukan oleh tinggi rendahnya kemurnian. Pemanasan dilakukan menggunakan uap vacuum dengan tekanan di bawah atmosfer (65 mmHg) sehingga susu dididihnya hanya 65°C. Suhu ini menyebabkan sukrosa tidak rusak karena panas. PG Madukismo memiliki 12 pan kristalisasi dengan total luas pemanas 2220 m² atau dengan volume efektif 1690 HL. Hasil masakan merupakan campuran kristal gula dan larutan (stroop). Campuran ini didinginkan di kultrog (palung pendingin) terlebih dahulu sebelum dipisahkan di stasiun putaran.



Gambar 3.5 Skema Proses Kristalisasi
(Sumber : PG Madukismo, 2014)

6. Penyaringan Gula

Stasiun putaran bertujuan memisahkan gula kristal dari stroop, klare, dan tetes. Pemisahan ini dilakukan menggunakan alat putaran yang bekerja dengan gaya sentrifugal. Pemutaran menggunakan mesin pemisah (*centrifuge*) yang terdiri dari basket berdinding saring yang berputar. PG Madukismo memiliki lima bagian putaran, yaitu putaran masakan A, putaran SHS, putaran masakan C, putaran masakan D1, dan putaran masakan D2.

Tabel 3.1 Stasiun putaran PG Madukismo

No	Putaran	Jumlah	Kecepatan Putaran
1	Putaran A	3	950 rpm
2	Putaran C	4	1800 rpm
3	Putaran SHS	3	1200 rpm
4	Putaran D1	4	2000 rpm
5	Putaran D2	3	2000 rpm

(Sumber: PG Madukismo, 2014)

Hasil dari stasiun putaran adalah kristal gula yang belum kering dan belum murni (masih berwarna kemerahan) dan molases (tetes tebu). Kristal gula yang berwarna merah disebabkan oleh adanya lapisan tipis tetes yang masih tertinggal pada permukaan kristal sukrosa. Untuk memurnikan kristal gula dilakukan dengan membasahi kristal gula dengan larutan sukrosa jenuh kemudian diputar kembali. Sementara molases (tetes tebu) akan dikirim ke PS. Madukismo untuk diolah menjadi alkohol/spiritus.

7. Pengeringan dan Pengepakan

Gula hasil putaran SHS masih bercampur antara gula halus dan gula kasar dengan suhu yang masih tinggi dan teksturnya masih basah. Suhu yang tinggi dan tekstur basah ini disebabkan oleh pemberian air panas dan uap baru selama proses sentrifugasi. Sebelum gula digudangkan dilakukan beberapa *treatment*, pengeringan dan penyaringan.

Proses pengeringan gula di PG Madukismo dilakukan dengan alat pengering dan sebagai pengeringnya adalah udara kering yang mengalir. Hasil dari proses pengeringan adalah gula kristal putih kering yang tidak lengket. Gula kemudian didinginkan di talang getar (saringan getar). Gumpalan gula yang tertahan di talang getar akan ditampung kemudian dilebur untuk diproses lagi. Sedangkan gula yang

tersaring akan dimasukkan ke dalam *cillo*. Didalam *cillo* gula dipisahkan antara gula normal dengan gula halus. Gula halus dilebur dan diproses kembali. Sementara gula normal dikirim ke gudang gula dan dikemas dalam kemasan 50 kg.

Setelah diberi label, gula kemasan 50 kg siap disimpan dalam gudang. Kapasitas gudang gula adalah 125.000 kwintal gula. Gudang tempat penyimpanan gula dijaga dalam keadaan kering dengan cara memberi alas pada lantai gudang agar gula yang sudah dikemas tidak rusak. Alas yang digunakan urutan dari bawah keatas seperti berikut: pasir, anyaman bambu tebal, plastik dan keping (anyaman bambu tipis). Sementara untuk produk gula kemasan 1 kg dan 0,5 kg diproses dari gula kemasan 50 kg yang mengalami proses penyaringan kembali. Gula kemasan eceran ini dikemas dengan bahan plastik dengan jenis LDPE (*Low Density Polyetilen*) dan *Polyvinyl Chloride* atau PVC.

Jumlah produksi gula madukismo mencapai 40.000 ton/musim giling. Gula PG Madukismo yang memiliki merek dagang MK dijual dengan harga 9.300-10.200 rupiah/kg. Karena tidak menggunakan bahan tambahan, gula produksi PG Madukismo tidak memiliki masa kadaluarsa jika disimpan ditempat yang kering.

3.3.3 Emisi Langsung

Merupakan kumpulan aktifitas yang dapat menimbulkan emisi secara langsung bagi perusahaan. Emisi ini berupa semua emisi yang dihasilkan dibawah kendali perusahaan sesuai batas manajemen. Termasuk didalamnya, emisi yang dihasilkan oleh ruang pembakaran, proses kimia, unit transportasi, refrigerator dan sistem pendingin.

3.3.4 Emisi Tidak Langsung

Merupakan kumpulan aktifitas yang dapat menimbulkan emisi tidak langsung bagi perusahaan. Emisi tidak langsung ini bisa berupa pembelian energi dari perusahaan atau sumber energi seperti penggunaan listrik, uap (*steam*) atau panas (*heat*) yang dibeli dari pihak lain. Emisi tidak langsung ini tidak dibawah kendali perusahaan, misalnya emisi yang diakibatkan oleh aktivitas distribusi produk, kegiatan yang disub kontrakkan dan kendaraan yang digunakan dalam pengendalian limbah.

3.3.5 Pengambilan Data

Tahapan dimana mengumpulkan data historis yang dibutuhkan dalam perhitungan emisi CO₂ seperti data energi, intensitas pengiriman barang, jumlah karyawan dll. Pada bagian ini akan dibagi kedalam 2 bagian yaitu jenis dan sumber data serta metode pengumpulan data yang akan dijelaskan seperti dibawah:

1. Jenis dan Sumber Data

Data yang diperlukan dalam pengukuran emisi CO₂ merupakan data penggunaan energi dari aktivitas-aktivitas dalam rantai pasok PG Madukismo yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Data tersebut terbagi menjadi data primer dan data sekunder, data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara kepada orang yang ahli dalam bidang penggunaan energi dan proses bisnis gula. Sedangkan data sekunder merupakan data historis penggunaan energi pada rantai pasok PG Madukismo masa giling 2013 seperti bahan bakar boiler, penggunaan listrik, solar dll.

2. Metode Pengumpulan Data

A. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mencari informasi sebanyak-banyaknya dari jurnal, buku, pihak terkait, atau literature lainnya tentang emisi CO₂ termasuk mendapatkan informasi bagaimana dampak, model perhitungan, dan Strategi penurunan Emisi CO₂ yang diakibatkan aktivitas rantai pasok PG Madukismo masa giling tahun 2009-2013.

B. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan pada aktivitas didalam rantai pasok PG Madukismo. Sekaligus mengetahui aktivitas apa saja yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Observasi ini juga dilakukan untuk mengidentifikasi serta mempelajari penggunaan energi yang dilakukan selama aktivitas rantai pasok untuk mendapatkan data sekunder yang dibutuhkan.

C. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan para ahli dibidang gula khususnya yang ada di PG Madukismo untuk mendapatkan informasi data sekunder apa yang dibutuhkan dalam perhitungan emisi CO₂.

3.3.6 Menghitung Emisi CO₂

Berdasarkan keputusan Para Pihak di COP 8 (*Decision 17/CP.8*) , telah disepakati bagi negara berkembang (non-Annex 1) seperti Indonesia, pedoman yang digunakan untuk menyusun inventarisasi GRK ialah *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Selain itu juga dilengkapi dengan dua pedoman lainnya yaitu *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* yang diterima IPCC tahun 2000 dan *the Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG for LULUCF)* yang diterima IPCC tahun 2003.

IPCC kemudian menyusun pedoman inventarisasi GRK baru tahun 2006 yang sudah memperbaiki dan mengakomodasi metode yang disusun di ketiga pedoman sebelumnya yaitu *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* yang terdiri dari lima volume. Melalui model perhitungan IPCC 2006 tersebut negara dan perusahaan dapat menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan.

1. Penentuan Tier

Berdasarkan IPCC 2006, ketelitian penghitungan emisi CO₂ dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Dalam kegiatan inventarisasi CO₂, tingkat ketelitian perhitungan dikenal dengan istilah “Tier”. Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

- a. Tier 1: Estimasi berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi *default IPCC*.

- b. Tier 2: Estimasi berdasarkan data aktifitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).
- c. Tier 3: Estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktifitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

Penentuan Tier dalam inventarisasi CO₂ sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi CO₂ menggunakan Tier-1, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC.

2. Model Dasar Penghitungan

Pendekatan Tier-1 dan Tier-2 merupakan metodologi penghitungan emisi CO₂ yang paling sederhana, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi. Estimasi emisi CO₂ Tier-1 dan Tier-2 menggunakan Persamaan 1 berikut.

$$Emisi\ CO_2 = Data\ Aktivitas \times Faktor\ Emisi \qquad \text{Pers ... (3.1)}$$

Data Aktivitas adalah data mengenai banyaknya aktivitas yang terkait dengan banyaknya emisi CO₂. Adapun Faktor Emisi (FE) adalah suatu koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas. Unit aktivitas dapat berupa volume

yang diproduksi atau volume yang dikonsumsi. Untuk Tier-1, digunakan faktor emisi default (IPCC 2006).

Sumber emisi CO₂ hasil pembakaran bahan bakar dikelompokkan ke dalam 2 (dua) kategori utama, yaitu sumber tidak bergerak (stasioner) dan sumber bergerak, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Sumber emisi dari pembakaran bahan bakar

Kode	Kategori	Kegiatan	Keterangan
1A1	Industri Produsen Energi	Pembangkit listrik*	Tidak Bergerak
		Kilang Minyak	Tidak Bergerak
		Produksi Bahan Bakar Padat dan Industri Energi Lainnya	Tidak Bergerak
			Tidak Bergerak
1A2	Industri Manufaktur dan Konstruksi	Besi dan Baja	Tidak Bergerak
		Logam Bukan Besi	Tidak Bergerak
		Bahan-bahan kimia	Tidak Bergerak
		Pulp, Kertas, dan bahan barang cetakan	Tidak Bergerak
		Pengolahan Makanan, Minuman dan Tembakau	Tidak Bergerak
		Mineral Non Logam	Tidak Bergerak
		Peralatan Transportasi	Tidak Bergerak
		Permesinan	Tidak Bergerak
		Pertambangan non-bahan bakar dan Bahan Galian	Tidak Bergerak
		Kayu dan Produk Kayu	Tidak Bergerak
		Konstruksi	Tidak Bergerak
		Industri Tekstil dan Kulit	Tidak Bergerak
		Industri lainnya	Tidak Bergerak
1A3	Transportasi	Penerbangan sipil	Bergerak
		Transportasi Darat	Bergerak
		Kereta Api (<i>Railways</i>)	Bergerak
		Angkutan Air	Bergerak
		Transportasi Lainnya	Bergerak
1A4	Sektor Lainnya	Komersial dan Perkantoran	Tidak Bergerak
		Perumahan	Tidak Bergerak
		Pertanian/kehutanan/nelayan/perikanan	Tidak Bergerak
1A5	Lain-lain	Emisi dari Stasioner, peralatan bergerak (mobile)	Bergerak/Tidak Bergerak

*) Kegiatan utamanya adalah pembangkitan listrik (untuk dijual kepada pihak lain), sedangkan kegiatan pembangkitan listrik yang digunakan untuk keperluan sendiri dimasukkan dalam kategori yang sesuai dengan kegiatan pembangkitan listrik

tersebut. Misalnya pembangkit tersebut terdapat pada kegiatan manufaktur maka dimasukkan dalam kegiatan energi di sektor manufaktur.

Dalam perusahaan ruang lingkup emisi diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu lingkup (*scope*) 1-3. Konsep ruang lingkup inilah yang digunakan untuk menggambarkan berbagai jenis sumber emisi karbon dan untuk membantu akuntansi dan pelaporan. Istilah lingkup 1, lingkup 2 dan lingkup 3 telah diterima secara luas dan telah digunakan pada sejumlah program dan standar . Tabel berikut adalah deskripsi dari Lingkup (*Scope*) 1, 2, dan 3.

Tabel 3.3 Deskripsi ruang lingkup 1,2, dan 3

<i>Scope</i> 1	Emisi GRK langsung	Emisi GRK terjadi dari sumber yang dimiliki atau dikendalikan oleh perusahaan, misalnya: emisi dari pembakaran boiler, tungku, kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan; emisi dari produksi kimia pada peralatan yang dimiliki dan dikendalikan oleh perusahaan.
<i>Scope</i> 2	Emisi GRK secara tidak langsung yang berasal dari listrik	Mencakup emisi GRK dari pembangkit listrik yang dibeli atau dikonsumsi oleh perusahaan.
<i>Scope</i> 3	Emisi GRK tidak langsung lainnya	➤ Lingkup 3 adalah kategori pelaporan opsional yang memungkinkan untuk perlakuan semua emisi tidak langsung lainnya. ➤ Lingkup 3 adalah konsekuensi dari kegiatan perusahaan, tetapi terjadi dari sumber yang tidak dimiliki atau dikendalikan oleh perusahaan.

Sumber emisi stasioner dibedakan dari sumber emisi bergerak karena faktor emisi CO₂ berbeda-beda bergantung kepada jenis bahan bakar dan teknologi penggunaan bahan bakar tersebut.

3. Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Stasioner

Besarnya emisi CO₂ hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar. Banyaknya bahan bakar direpresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar direpresentasikan oleh faktor emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \left(\frac{Kg}{Thn} \right) & \qquad \qquad \qquad \text{Pers ... (3.2)} \\ & = \text{Konsumsi Energi} \left(\frac{TJ}{thn} \right) \times \text{Faktor Emisi} \left(\frac{Kg}{TJ} \right) \end{aligned}$$

Faktor emisi menurut default IPCC dinyatakan dalam satuan emisi per unit energi yang dikonsumsi (kg CO₂/TJ). Di sisi lain data konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan fisik (ton batubara, kilo liter minyak diesel dll). Oleh karena itu sebelum digunakan pada Persamaan (3.2) , data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi TJ (Terra Joule) dengan Persamaan (3.3).

Konsumsi Energi (TJ)

$$= \text{Konsumsi Energi (Sat. Fisik)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{TJ}{\text{Sat. Fisik}} \right) \quad \text{Pers ... (3.3)}$$

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut nilai kalor dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada Tabel 3.4:

Tabel 3.4 Nilai kalor bahan bakar Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium*	33×10^{-6} TJ/Liter	Kendaraan Bermotor
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6} TJ/Liter	Kendaraan Bermotor, Pembangkit Listrik
Minyak Diesel (IDO)	38×10^{-6} TJ/Liter	Boiler Industri, Pembangkit Listrik
MFO	40×10^{-6} TJ/Liter	Pembangkit Listrik
	4.04×10^{-2} TJ/Ton	
Gas Bumi	1.055×10^{-6} TJ/SCF	Industri, rumah tangga, restoran
	38.5×10^{-6} TJ/Nm ³	
LPG	47.3×10^{-6} TJ/Kg	Rumah tangga, restoran
Batubara	18.9×10^{-3} TJ/Ton	Pembangkit listrik, Industri

Catatan: *) termasuk Pertamina, Pertamina Plus

HSD: *High Speed Diesel*

ADO: *Automotive Diesel Oil*

IDO: *Industrial Diesel Oil*

4. Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Bergerak

Emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak adalah emisi CO₂ dari kegiatan transportasi, meliputi transportasi darat (jalan raya, *off road*, kereta api), transportasi melalui air (sungai atau laut) dan transportasi melalui udara (pesawat terbang).

A. Transportasi Jalan Raya

Sumber emisi dari transportasi jalan raya meliputi mobil pribadi (sedan, minivan, jeep dll.), kendaraan niaga (bus, minibus, pick-up, truk dll), dan sepeda motor. Estimasi emisi CO₂ dari transportasi jalan raya dapat dilakukan dengan Tier-1 adalah sebagai berikut :

$$Emisi = \sum Konsumsi Energi BB_a * Faktor Emisi_a \quad \text{Pers ... (3.4)}$$

Dimana :

Emisi : Emisi CO₂

Konsumsi BB_a : Bahan Bakar dikonsumsi

Faktor Emisi_a : Faktor Emisi CO₂ menurut jenis bahan bakar (Liter/TJ)

a : Jenis Bahan Bakar (Premium, solar, dll)

B. Transportasi Kereta Api

Dari segi sumber energinya, di Indonesia terdapat dua jenis kereta api yaitu berbahan bakar diesel (KRD) atau menggunakan tenaga listrik (KRL). Bagi KRL emisi CO₂ terjadi pada sisi pembangkit listrik sedangkan pada KRD emisi terjadi pada kereta api dan diperhitungkan sebagai sumber emisi dari pembakaran yang bergerak. Estimasi emisi CO₂ Tier-1 kereta api berdasarkan pada data aktivitas (konsumsi bahan bakar) dan faktor emisi dengan persamaan berikut:

$$Emisi = \sum Konsumsi\ Energi\ BB_j * Faktor\ Emisi_j \quad \text{Pers ... (3.5)}$$

Dimana :

Emisi : Emisi CO₂

BB : Bahan Bakar

Faktor Emisi_j : Faktor Emisi CO₂ menurut jenis bahan bakar (Liter/TJ),
Default IPCC 2006

J : Jenis Bahan Bakar (Premium, Solar)

5. Faktor Emisi

Tabel 3.5 sampai 3.7 merupakan faktor *default* IPCC untuk kegiatan pembakaran bahan bakar baik stasioner maupun bergerak.

Tabel 3.5 Faktor emisi pembakaran stasioner di industri manufaktur (kg CO₂ per TJ nilai kalor netto)

Bahan Bakar		Default F.E
Crude Oil		73.300
orimulsion		77.000
Natural Gas Liquids		64.200
Jet Kerosene		71.500
Other Kerosene		71.900
Shale Oil		73.300
Gas/Diesel Oil		74.100
MFO		77.400
Residual Oil		77.400
Petroleum Coke		97.500
Refinery Feedstock		73.300
Other Oil	Refinery Gas	57.600
	Paraffin Waxes	73.300
	White Spirit and SBP	73.300

Bahan Bakar		Default F.E
	Other Petroleum Product	73.300
Anthracite		98.300
coking coal		94.600
Other Bituminous coal		95.600
Sub-Bituminous coal		96.100
Lignite		101.000
Oil Shale and tar sand		107.000
Brown Coal Briquettes		97.500
Patent Fuel		97.500
Coke	Coke Oven coke And lignite Coke	107.000
	Gas Coke	107.000
Coal Tar		80.700
Derived Gases	Gas Works gas	44.400
	Coke Oven Gas	44.400
	Blast Furnance gas	260.000
	Oxygen Steel Furnance Gas	182.000
Natural gas		56.100
Municipal Wastes (non-biomass fraction)		91.700
Industrial Wastes		143.000
Waste oil		73.300
Peat		106.000
Solid Biofuels	wood/wood waste	112.000
	Sulphite Iyes (Black Liquor)	95.300
	Other Primary Solid Biomass	100.000
	Charcoal	112.000

Tabel 3.6 Faktor emisi pembakaran kendaraan jalan raya
(kg CO₂ per TJ nilai kalor netto)

Bahan Bakar	Default F.E
Motor Gasoline	69.300
Gas/ Diesel Oil	74.100
Liquefied Petroleum Gases	63.100
Kerosene	71.900
Lubricants	73.300
Compressed Natural Gas	56.100
Liquefied Natural gas	56.100

Tabel 3.7 Faktor emisi pembakaran transportasi kereta api
(kg CO₂ per TJ nilai kalor netto)

Bahan Bakar	Defaul F.E
Diesel	74.100
Sub-bituminous Coal	96.100

3.3.7 Menganalisis variabel-variabel yang berpengaruh terhadap total pengeluaran Emisi CO₂

Tahapan dilakukannya analisis terhadap variabel-variabel apa saja yang dapat mempengaruhi total pengeluaran emisi CO₂ pada rantai pasok sehingga didapatkan sebuah hipotesis. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hipotesis tersebut untuk mengetahui apakah variabel-variabel hasil analisis secara positif memiliki pengaruh terhadap total pengeluaran emisi CO₂. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji regresi untuk mengetahui pengaruh variabel terhadap total emisi CO₂.

1. Metode Analisis Variabel

Dalam melakukan analisis variable dilakukan metode wawancara, pengamatan langsung dan kajian literatur guna mengetahui variabel-variabel apa saja yang dapat mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂. Wawancara dilakukan kepada karyawan PG Madukismo guna mendapatkan informasi terkait proses produksi gula dan aktivitas-aktivitas lainnya yang terjadi dalam rantai pasok. Kajian literatur dilakukan untuk mencari teori terkait variabel-variabel yang dapat mempengaruhi emisi CO₂. Kajian literatur berupa penelitian-penelitian terdahulu baik berupa jurnal ilmiah maupun buku.

Namun sebelum melakukan pengujian regresi terhadap hipotesis penelitian, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi klasik yakni uji normalitas, autokorelasi,

multikolinieritas dan heteroskedastisitas yang berguna untuk menguji kesalahan model regresi yang digunakan dalam penelitian.

2. Uji Asumsi Klasik

Sebelum dilakukan pengujian regresi terhadap hipotesis penelitian, maka terlebih dahulu perlu dilakukan pengujian asumsi klasik yang meliputi uji; normalitas, autokorelasi, multikolinieritas dan heteroskedastisitas. Regresi terpenuhi apabila penaksir kuadrat terkecil (*least square*) dari koefisien regresi adalah linear, tak bias dan mempunyai varians minimum, dengan kata lain penaksir tersebut adalah penaksir tak bias kolinear terbaik, maka perlu dilakukan uji (pemeriksaan) terhadap gejala multikolinearitas, korelasi dan heteroskedastisitas serta uji kenormalan residual, sehingga asumsi klasik penaksir kuadrat terkecil biasa (*least square*) tersebut terpenuhi.

A. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Seperti diketahui bahwa uji t dan F mengasumsikan bahwa nilai residual mengikuti distribusi normal. Kalau asumsi ini dilanggar maka uji statistik menjadi tidak valid untuk jumlah sampel kecil.

Pada prinsipnya normalitas dapat dideteksi dengan melihat penyebaran data (titik) pada sumbu diagonal dari grafik atau dengan melihat histogram dari residualnya. Dasar pengambilan keputusan :

- a. Jika data menyebar disekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal atau grafik histogramnya menunjukkan pola distribusi normal, maka model regresi memenuhi asumsi normalitas.
- b. Jika data menyebar jauh dari diagonal dan/atau tidak mengikuti arah garis diagonal atau grafik histogram tidak menunjukkan pola distribusi normal, maka model regresi tidak memenuhi asumsi normalitas.

Uji statistik yang dapat digunakan untuk menguji normalitas residual adalah uji statistik non-parametrik Kolmogrov-Smirnov (K-S). Jika hasil Kolmogrov-Smirnov menunjukkan nilai signifikan di atas 0,05 maka data residual terdistribusi dengan normal. Sedangkan jika hasil Kolmogrov-Smirnov menunjukkan nilai signifikan di bawah 0,05 maka data residual terdistribusi tidak normal.

B. Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas bertujuan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi antar variabel bebas (independen). Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi di antara variabel independen. Jika variabel independen saling berkorelasi, maka variabel-variabel ini tidak ortogonal.

Multikolinearitas dapat dideteksi dengan nilai Tolerance dan VIF. Kedua ukuran ini menunjukkan setiap variabel independen manakah yang dijelaskan oleh variabel independen lainnya. Tolerance mengukur variabilitas variabel independen yang terpilih yang tidak dijelaskan oleh variabel independen lainnya. Jadi nilai tolerance yang rendah sama dengan nilai VIF tinggi (karena $VIF = 1/Tolerance$). Nilai cutoff yang umum dipakai untuk menunjukkan adanya multikolinearitas adalah nilai $Tolerance \leq 0.10$ atau sama dengan nilai $VIF \geq 10$.

C. Uji Heteroskedestisitas

Uji Heteroskedastisitas bertujuan menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika *variance* dan residual satu pengamatan ke pengamatan lain tetap, maka disebut Homoskedastisitas dan jika berbeda disebut Heteroskedastisitas. Model regresi yang baik adalah yang Homoskedastisitas atau tidak terjadi Heteroskedastisitas.

Cara untuk mendeteksi ada atau tidaknya heteroskedastisitas yaitu dengan melihat grafik plot antara nilai prediksi variabel terikat (dependen) yaitu ZPRED dengan residualnya SRESID. Deteksi ada tidaknya pola tertentu pada grafik scatterplot antara SRESID dan ZPRED dimana sumbu Y adalah Y yang telah diprediksi, dan sumbu X adalah residual ($Y \text{ prediksi} - Y \text{ sesungguhnya}$) yang telah di *studentized*. Dasar analisis:

- a. Jika ada pola tertentu, seperti titik-titik yang ada membentuk pola tertentu yang teratur (bergelombang, melebar kemudian menyempit), maka mengindikasikan telah terjadi heteroskedastisitas.
- b. Jika tidak ada pola yang jelas, serta titik-titik menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y, maka tidak terjadi heteroskedastisitas.

B. Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi linear ada korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode t dengan kesalahan pengganggu pada periode $t-1$ (sebelumnya). Jika terjadi korelasi, maka dinamakan ada problem autokorelasi. Autokorelasi muncul karena observasi yang berurutan muncul sepanjang

waktu berkaitan satu sama lainnya. Dasar pengambilan keputusan ada tidaknya autokorelasi dengan menggunakan Durbin-Watson adalah sebagai berikut:

Tabel 3.8 Dasar pengambilan keputusan asumsi autokorelasi

Hipotesis Nol	Keputusan	Jika
Tidak ada autokorelasi positif	Tolak	$0 < DW < d_L$
Tidak ada autokorelasi positif	Tidak ada keputusan	$d_L \leq DW \leq d_U$
Tidak ada autokorelasi negatif	Tolak	$4 - d_L < DW < 4$
Tidak ada autokorelasi negatif	Tidak ada keputusan	$4 - d_U \leq DW \leq 4 - d_L$
Tidak ada autokorelasi, baik positif maupun negatif	Diterima	$d_U < DW < 4 - d_U$

1. Pengujian Hipotesis

Analisis regresi digunakan untuk memprediksi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat (Hartono, 2008). Analisis regresi juga dapat dilakukan untuk mengetahui linearitas variabel terikat dengan variabel bebasnya, karna dalam melakukan analisis korelasi parametrik terlebih dahulu harus diketahui variabel-variabel yang akan dikorelasikan itu merupakan regresi linear atau non linear.

Ketepatan fungsi regresi sampel dalam menaksir nilai aktual dapat diukur dari *Goodness of fit*nya. Secara statistik, setidaknya ini dapat diukur dari nilai koefisien determinasi, nilai statistik F dan nilai statistik t. Perhitungan statistik disebut signifikan secara statistik apabila nilai uji statistiknya berada dalam daerah kritis (daerah dimana H_0 ditolak). Sebaliknya disebut tidak signifikan bila nilai uji statistiknya berada dalam daerah dimana H_0 diterima.

A. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Nilai R^2 yang kecil berarti kemampuan variabel-variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen amat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti variabel-variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel dependen.

B. Uji Signifikansi Simultan (Uji F)

Uji F dilakukan untuk menguji apakah model regresi yang digunakan *fit*. Dasar pengambilan keputusannya adalah:

1. Jika $F\text{-hitung} < F\text{-tabel}$, maka model regresi tidak *fit* (hipotesis ditolak).
2. Jika $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$, maka model regresi *fit* (hipotesis diterima).

Uji F dapat juga dilakukan dengan melihat nilai signifikansi F pada *output* hasil regresi menggunakan SPSS dengan *significance level* 0,05 ($\alpha=5\%$). Jika nilai signifikansi lebih besar dari α maka hipotesis ditolak, yang berarti model regresi tidak *fit*. Jika nilai signifikan lebih kecil dari α maka hipotesis diterima, yang berarti bahwa model regresi *fit*.

C. Uji Signifikansi Parameter Individual (Uji t)

Uji statistik t dilakukan untuk menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel independen secara individual dalam menerangkan variasi variabel dependen. Dasar pengambilan keputusannya adalah:

1. Jika $t\text{-hitung} < t\text{-tabel}$, maka variabel independen secara individual tidak berpengaruh terhadap variabel dependen (hipotesis ditolak).
2. Jika $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$, maka variabel independen secara individual berpengaruh terhadap variabel dependen (hipotesis diterima).

Uji t dapat juga dilakukan dengan melihat nilai signifikansi t masing masing variabel pada *output* hasil regresi menggunakan SPSS dengan *significance level* 0.05 ($\alpha = 5\%$). Jika nilai signifikansi lebih besar dari α maka hipotesis ditolak, yang berarti secara individual variabel independen tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Jika nilai signifikansi lebih kecil dari α maka hipotesis diterima (koefisien regresi signifikan), berarti secara individual variabel independen mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

3.3.8 Analisis

Bagian dimana dilakukan analisis dari hasil perhitungan serta hasil uji regresi yang telah dilakukan.

3.3.9 Selesai

Berakhirnya proses penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dipresentasikan proses pengambilan dan pengolahan data. Data diambil dari aktivitas rantai pasok PG Madukismo yaitu dari datangnya bahan baku yang berasal dari pemasok sampai distribusi gula ke konsumen. Pengolahan data pertama yang dilakukan adalah menghitung emisi CO₂ pada aktivitas rantai pasok menggunakan model perhitungan IPCC 2006. Dari hasil perhitungan emisi karbon dapat dilakukan analisis terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi pengeluaran total emisi CO₂, dan dilakukan prediksi total pengeluaran emisi CO₂ berdasarkan variabel-variabel yang terbukti signifikan berpengaruh terhadap total pengeluaran emisi CO₂.

4.1 Aktivitas Berpotensi Menghasilkan Emisi CO₂

Langkah awal sebelum melakukan perhitungan emisi adalah melakukan kajian terhadap aktivitas rantai pasok untuk dapat mengidentifikasi aktivitas apa saja yang berpotensi menghasilkan emisi karbon. Dari hasil kajian telah dapat diidentifikasi enam aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Hasil identifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aktivitas berpotensi menghasilkan emisi CO₂

No	Aktivitas	Keterangan
1	Transportasi bahan baku tebu	Bergerak
2	Transportasi plastik dan karung	Bergerak
3	Pengangkutan tebu menggunakan Lori	Bergerak

No	Aktivitas	Keterangan
4	Pembakaran di mesin boiler	Tidak Bergerak
5	Penggunaan energi listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN)	Tidak Bergerak
6	Transportasi distribusi gula	Bergerak

4.2 Klasifikasi Sumber Energi Aktivitas

Berdasarkan hasil identifikasi sumber aktivitas yang berpotensi mengeluarkan emisi karbon selanjutnya diklasifikasikan menjadi dua aktivitas penghasil emisi secara langsung, dan tidak langsung. Emisi langsung dan tidak langsung kemudian dikelompokkan kedalam tiga ruang lingkup yang menggambarkan sumber emisi emisi yaitu ruang lingkup 1, 2 dan 3. karbon (WBCSD dan WRI, 2004).

Tabel 4.2 Data sumber emisi aktivitas berpotensi mengeluarkan emisi CO₂

No	Aktivitas	Ruang lingkup	Klasifikasi Aktivitas
1	Transportasi bahan baku tebu	3	Tidak Langsung
2	Transportasi plastik dan karung	3	Tidak Langsung
3	Pengangkutan tebu menggunakan Lori	1	Langsung
4	Pembakaran di Boiler	1	Langsung
5	Penggunaan energi listrik PLN	2	Tidak Langsung
6	Transportasi Distribusi Gula	3	Tidak Langsung

Tabel 4.2 menunjukan terdapat dua aktivitas yang masuk kedalam ruang lingkup 1 yakni aktivitas pembakaran di mesin boiler dan aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori. Hal tersebut dikarenakan pada dua aktivitas diatas telah menyumbangkan emisi secara langsung yang berasal dari hasil pembakaran bahan bakar pada kegiatan yang dapat terkontrol secara langsung oleh perusahaan.

Pada ruang lingkup 2 terdapat aktivitas penggunaan energi listrik dari PLN, sebab aktivitas ini telah menghasilkan emisi karbon tidak langsung yang berasal dari penggunaan energi yang dibeli dari perusahaan lain yakni PLN. Sedangkan aktivitas

transportasi bahan baku, transportasi karung dan plastik, dan transportasi distribusi gula masuk kedalam ruang lingkup 3. Karena pada aktivitas-aktivitas ini telah dihasilkan emisi karbon tidak langsung lainnya yang dihasilkan pada aktivitas rantai pasok yang mana tidak masuk kedalam klasifikasi ruang lingkup 2.

4.3 Penentuan Tier

Pada perhitungan emisi CO₂ rantai pasok ini seluruhnya menggunakan Tier 1 dimana digunakan nilai-nilai *default* dari IPCC *Guidelines* 2006 karena belum tersedianya nilai spesifik faktor emisi untuk Indonesia. Namun khusus untuk aktivitas penggunaan energi listrik PLN digunakan Tier-2 karena Indonesia telah memiliki faktor emisi untuk kegiatan pembangkitan listrik (Dewan Nasional Perubahan Iklim, 2014).

4.4 Pengumpulan Data

Perhitungan emisi karbon dapat dilakukan berdasarkan konsumsi energi aktivitas (IPCC, 2006). Oleh karena itu sebelum melakukan perhitungan dibutuhkan data penggunaan energi pada aktivitas-aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi karbon. Data penggunaan energi ini didapatkan dari laporan konsumsi bahan bakar pada beberapa bagian di perusahaan seperti Bagian Tebang dan Angkut, Bagian Instalasi, Bagian Gudang Pusat, Bagian Remis dan Bagian Kendaraan.

4.4.1 Data Konsumsi Solar Aktivitas Transportasi Bahan Baku Tebu

Untuk dapat menghitung emisi karbon pada aktivitas diperlukan data konsumsi solar truk pengangkut tebu dari pemasok ke perusahaan. Data ini diperoleh dari catatan

harian solar milik Bagian Tebang Angkut. Tabel 4.3 menunjukkan jumlah konsumsi solar untuk aktivitas transportasi bahan baku tebu tahun 2009 sampai 2013.

Tabel 4.3 Data konsumsi solar aktivitas transportasi bahan baku tebu (liter)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	98.175	0	71.710	0	105.097
	2	136.257	62.322	105.279	63.393	107.965
	3	142.614	122.409	121.096	110.522	103.097
	4	179.635	157.806	167.174	187.862	64.313
Juni	1	98.101	109.630	115.343	124.224	83.064
	2	116.373	111.322	102.330	84.769	79.561
	3	125.446	110.571	118.356	81.485	24.909
	4	160.226	153.318	153.859	125.158	111.026
Juli	1	119.990	115.561	109.067	115.363	76.616
	2	113.505	117.567	124.371	128.716	78.024
	3	131.826	136.855	121.507	111.192	113.383
	4	182.050	202.661	144.543	187.391	158.973
Agustus	1	129.237	141.008	98.201	109.990	31.213
	2	119.996	142.818	97.726	93.387	0
	3	99.574	144.637	79.065	62	122.732
	4	209.780	207.067	27.977	107.631	189.044
September	1	143.736	86.692	18.176	119.354	116.973
	2	131.719	0	67.490	99.481	129.373
	3	21.701	78.823	57.687	94.434	127.967
	4	60.276	116.579	0	120.952	147.517
Oktober	1	113.735	83.780	0	83.420	124.704
	2	106.676	43.139	0	72.172	105.397
	3	62.444	72.457	0	56.477	70.153
	4	0	115.648	0	76.611	114.400
November	1	0	71.116	0	17.330	99.391
	2	0	59.185	0	0	104.804
	3	0	60.742	0	0	102.046
	4	0	115.204	0	0	61.970
Desember	1	0	119.418	0	0	0
	2	0	114.589	0	0	0
	3	0	7.540	0	0	0

4.4.2 Data Konsumsi Solar Aktivitas Transportasi Karung dan Plastik

Untuk dapat menghitung emisi karbon pada aktivitas ini diperlukan data konsumsi bahan bakar solar truk pengantar karung dan plastik dari pemasok ke perusahaan. Untuk mendapatkan data konsumsi solar ini telah tersedia data jumlah truk pengiriman karung dan plastik pada bagian gudang pusat.

Dari tahun 2009 sampai tahun 2013 PG Madukismo menjalin kerjasama dengan 2 pemasok karung yaitu PT. Sami Surya Indah Plastik dan PT. Rajawali Citramas yang masing-masing terletak di Sukoharjo dan Mojokerto dan satu pemasok plastik yaitu PT. Solindo Grapika yang terletak di Karanganyar. Tabel 4.4 dan 4.5 menunjukkan data jumlah truk masuk dan kebutuhan solar aktivitas transportasi karung dan plastik tahun 2009.

Tabel 4.4 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk Pemasok (Unit)		B Jarak Pemasok (Km)		C Jarak Total (Km)		D Jarak Total 2 Pemasok (Km)	E Konsumsi Solar (Liter)
		1	2	1	2	1	2		
Mei	2	2	0	240	562	480	0	480	96
	3	3	0	240	562	720	0	720	144
	4	1	0	240	562	240	0	240	48
Juni	1	1	0	240	562	240	0	240	48
	2	1	0	240	562	240	0	240	48
	3	1	0	240	562	240	0	240	48
	4	1	0	240	562	240	0	240	48
Juli	1	2	0	240	562	480	0	480	96
	2	2	0	240	562	480	0	480	96
	3	3	0	240	562	720	0	720	144
Agustus	3	1	0	240	562	240	0	240	48

Tabel 4.5 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk Pemasok (Unit)	B Jarak Pemasok (Km)	C Jarak Total (Km)	D Konsumsi Solar (Liter)
Mei	2	1	164	164	32.8
	3	1	164	164	32.8
Juni	1	1	164	164	32.8
Agustus	2	2	164	328	65.6
	3	2	164	328	65.6
Oktober	1	1	164	164	32.8

Data konsumsi solar didapatkan dari total jarak yang ditempuh oleh truk pengantar dari masing-masing pemasok dibagi dengan rata-rata jarak tempuh kendaraan per 1 liter solar. Untuk tipe truk yang biasa digunakan oleh pemasok karung dan plastik adalah truk mitsubishi yang memiliki rata-rata jarak tempuh per 1 liternya adalah 5 Km. Maka untuk menghitung konsumsi solar dari data jumlah truk pengantar karung tahun 2009 yang ditunjukkan pada tabel 4.4 adalah sebagai berikut :

- Langkah 1 Kolom A berisi jumlah truk dari pemasok yang datang untuk mengantar plastik.
- Langkah 2 Kolom B berisi jarak pemasok ke PG Madukismo.
- Langkah 3 Kolom C merupakan total jarak hasil perkalian antara jumlah truk yang datang dengan jarak pemasok.
- Langkah 4 Kolom D merupakan total jarak dari dua pemasok
- Langkah 5 Kolom E adalah estimasi jumlah solar yang dikonsumsi hasil pembagian antara kolom D dengan rata-rata jarak tempuh per 1 liternya (5 km/1 liter)

Hal yang sama juga dilakukan untuk menghitung konsumsi solar dari data jumlah truk pengantar plastik tahun 2009 yang ditunjukkan pada tabel 4.5. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 Kolom A berisi jumlah truk dari pemasok yang datang untuk mengantar plastik.
- Langkah 2 Kolom B berisi jarak pemasok ke PG Madukismo.
- Langkah 3 Kolom C merupakan total jarak hasil perkalian antara jumlah truk yang datang dengan jarak pemasok.
- Langkah 5 Kolom D adalah estimasi jumlah solar yang dikonsumsi hasil pembagian antara kolom C dengan rata-rata jarak tempuh per 1 liternya (5 km/1 liter)

Dengan langkah yang sama kemudian dilakukan untuk menghitung estimasi konsumsi solar dari data jumlah truk pengantar karung dan plastik tahun 2010-2013 yang ditunjukkan pada tabel 4.6 sampai 4.13 :

Tabel 4.6 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2010

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk Pemasok (Unit)		B Jarak Pemasok (Km)		C Jarak Total (Km)		D Total Jarak 2 Pemasok (Km)	E Konsumsi Solar (Liter)
		1	2	1	2	1	2		
Juni	1	0	1	240	562	0	562	562	112.4
	2	1	0	240	562	240	0	240	48
	3	0	1	240	562	0	562	562	112.4
Juli	1	0	1	240	562	0	562	562	112.4
	3	0	1	240	562	0	562	562	112.4
Agustus	2	0	1	240	562	0	562	562	112.4
	3	0	1	240	562	0	562	562	112.4
	4	0	1	240	562	0	562	562	112.4
Oktober	1	0	2	240	562	0	1124	1124	224.8
	2	0	2	240	562	0	1124	1124	224.8
	3	0	1	240	562	0	562	562	112.4

Tabel 4.7 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2010

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truck suplier (Unit)	B Jarak suplier (Km)	C Jarak Total (Km)	D Konsumsi Solar (liter)
Juni	2	1	164	164	32.8
Juli	2	1	164	164	32.8
	4	1	164	164	32.8
Oktober	4	1	164	164	32.8

Tabel 4.8 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2011

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk Suplier (Unit)		B Jarak Suplier (Km)		C Jarak Total (Km)		D Total Jarak 2 Pemasok (Km)	E Konsumsi Solar (Liter)
		1	2	1	2	1	2		
Mei	1	0	2	240	562	0	1124	1124	224.8
	3	0	2	240	562	0	1124	1124	224.8
Juni	1	0	1	240	562	0	562	562	112.4
	2	0	1	240	562	0	562	562	112.4

Tabel 4.9 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2011

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk suplier (Unit)	B Jarak suplier (Km)	C Jarak Total (Km)	D Konsumsi Solar (Liter)
Juni	3	1	164	164	32.8
Juli	4	1	164	164	32.8
Agustus	4	1	164	164	32.8

Tabel 4.10 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2012

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk Suplier (Unit)		B Jarak Suplier (Km)		C Jarak Total (Km)		D Jarak Total 2 Pemasok (Km)	E Konsumsi Solar (Liter)
		1	2	1	2	1	2		
Juni	4	1	0	240	562	240	0	240	48
September	2	1	0	240	562	240	0	240	48
	3	1	0	240	562	240	0	240	48
	4	1	0	240	562	240	0	240	48
Oktober	1	2	0	240	562	480	0	480	96
	2	2	0	240	562	480	0	480	96
	3	2	0	240	562	480	0	480	96
November	1	1	0	240	562	240	0	240	48

Tabel 4.11 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2012

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk suplier (Unit)	B Jarak suplier (Km)	C Jarak Total (Km)	D Konsumsi Solar (Liter)
Juni	2	1	164	164	32,8
	4	1	164	164	32,8
September	1	1	164	164	32,8
	2	1	164	164	32,8
	3	1	164	164	32,8

Tabel 4.12 Data konsumsi solar aktivitas transportasi karung tahun 2013

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk Suplier (Unit)		B Jarak Suplier (Km)		C Jarak Total (Km)		D Jarak Total 2 Suplier (Km)	E Konsumsi Solar (Liter)
		1	2	1	2	1	2		
Mei	1	1	4	240	562	240	2248	2488	497,6
	2	0	4	240	562	0	2248	2248	449,6
	3	0	1	240	562	0	562	562	112,4
Juni	1	1	0	240	562	240	0	240	48
Juli	1	1	0	240	562	240	0	240	48
	3	1	0	240	562	240	0	240	48
Agustus	1	1	0	240	562	240	0	240	48
September	1	2	0	240	562	480	0	480	96
	3	2	0	240	562	480	0	480	96
Oktober	3	1	0	240	562	240	0	240	48

Tabel 4.13 Data konsumsi solar aktivitas transportasi plastik tahun 2013

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah Truk suplier (Unit)	B Jarak suplier (Km)	C Jarak Total (Km)	D Konsumsi Solar (Liter)
Agustus	1	2	164	328	65,6
	3	2	164	328	65,6
	4	5	164	820	164

4.4.3 Data Konsumsi Solar Aktivitas Pengangkutan Tebu Menggunakan Lori

Tebu yang dikirim dari pemasok selanjutnya diangkut menggunakan lori yang ditarik oleh lokomotif dari timbangan ke meja potong tebu. Aktivitas ini berpotensi menghasilkan emisi karbon karena terjadi pembakaran bahan bakar solar pada

lokomotif. Tabel 4.14 adalah data penggunaan solar pada lokomotif yang didapatkan dari Bagian Remis:

Tabel 4.14 Data konsumsi solar aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori (liter)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	1.730	0	1.740		1.200
	2	1.735	795	1.260	290	1.331
	3	1.600	1.280	1.520	1.550	1.525
	4	1.920	1.860	1.955	2.165	1.269
Juni	1	1.685	1.450	1.400	1.585	1.377
	2	1.390	1.205	1.630	1.145	988
	3	1.735	1.040	1.540	1.315	1.435
	4	1.795	1.309	1.645	1.505	1.710
Juli	1	1.590	1.260	1.515	1.325	1.576
	2	1.400	1.420	1.295	1.490	1.706
	3	1.230	1.206	1.410	1.280	1.353
	4	2.210	1.685	2.115	1.860	1.670
Agustus	1	1.500	1.229	1.345	1.235	327
	2	1.400	1.397	1.310	1.485	0
	3	1.055	1.169	1.170	0	1.675
	4	2.070	2.099	625	965	1.953
September	1	985	827	390	1.355	1.535
	2	1.570	0	1.390	1.300	1.480
	3	245	914	1.270	1.370	1.360
	4	545	1.332	0	1.765	1.765
Oktober	1	1.265	1.092	0	1.435	1.464
	2	1.440	1.177	0	1.665	1.350
	3	880	1.498	0	1.695	1.605
	4	0	1.789	0	1.660	1.436
November	1	0	1.565	0	850	1.237
	2	0	1.115	0	0	1.305
	3	0	1.250	0	0	1.560
	4	0	1.415	0	0	844
Desember	1	0	1.085	0	0	0
	2	0	1.020	0	0	0
	3	0	270	0	0	0

4.4.4 Data Konsumsi Bahan Bakar pada Aktivitas Pembakaran di Mesin Boiler

Aktivitas pembakaran di mesin boiler menggunakan bagasse, kayu bakar, dan MFO sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap yang akan digunakan untuk menggerakkan mesin turbin. Bagian instalasi memiliki data jumlah bagasse, kayu bakar, dan MFO yang dibakar setiap minggunya. Tabel 4.15 hingga 4.17 secara berurutan adalah data historis pembakaran bagasse, kayu bakar, dan MFO yang dibakar pada tahun 2009 sampai dengan 2013:

Tabel 4.15 Data jumlah konsumsi bagasse pada aktivitas pembakaran di mesin boiler (ton)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	4.014,50	0	4.058,06	0	4.597,28
	2	6.173,56	1.679,94	6.645,02	2.004,84	5.986,54
	3	6.515,10	5.187,80	6.816,28	6.331,06	5.625,77
	4	8.381,64	7.717,60	9.556,21	9.710,65	3.005,24
Juni	1	4.956,73	4.548,78	6.369,49	6.214,86	4.951,23
	2	4.580,10	5.278,14	6.719,75	5.545,42	5.297,03
	3	5.278,32	5.153,18	6.732,39	4.611,81	4.635,19
	4	6.750,20	7.132,96	8.598,06	6.647,75	6.961,45
Juli	1	5.251,64	4.526,44	6.711,65	5.555,83	5.661,17
	2	4.659,07	5.211,20	6.768,21	5.767,98	4.711,94
	3	5.650,55	5.352,14	6.652,31	5.871,64	7.109,98
	4	7.898,88	7.957,65	9.484,06	8.406,69	10.618,50
Agustus	1	5.571,04	6.984,97	6.039,88	5.991,23	3.431,90
	2	5.555,79	6.997,08	6.181,77	5.906,93	0
	3	4.266,09	6.816,50	5.504,68	441,25	5.935,27
	4	7.829,74	10.202,43	2.600,08	4.024,24	9.272,18
September	1	5.946,07	4.561,56	338,10	6.752,54	5.504,80
	2	6.001,53	0	5.467,82	6.800,11	5.767,18
	3	1.615,47	2.455,66	5.147,30	6.768,58	5.635,61
	4	1.963,95	4.497,72	0	8.320,25	6.967,11
Oktober	1	5.482,17	3.817,81	0	5.754,17	5.992,01
	2	4.824,65	3.991,43	0	5.434,36	5.239,15
	3	3.124,16	3.532,52	0	5.320,80	4.193,23
	4	0	5.387,43	0	4.169,00	5.531,76
November	1	0	2.420,08	0	2.403,82	5.585,74

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
	2	0	2.664,97	0	0	5.594,94
	3	0	2.905	0	0	5.629,44
	4	0	4.351,34	0	0	4.058,79
	1	0	4.367,59	0	0	0
Desember	2	0	5.751,34	0	0	0
	3	0	1.080,72	0	0	0

Tabel 4.16 Data jumlah konsumsi kayu bakar pada aktivitas pembakaran di mesin boiler (ton)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	53,58	0	338,81	0,00	102,34
	2	122,12	44,14	43,13	147,22	0
	3	232,22	83,11	0	146,15	149,41
	4	343	280,67	43,95	0	255,95
Juni	1	283,23	289,88	39,87	71,37	266,48
	2	204,23	270,26	127,69	79,75	335,22
	3	214,49	227,33	91,75	285,11	293,09
	4	184,56	257,48	0	407,46	433,59
Juli	1	221,4	157,61	79,19	51,17	418,95
	2	137,12	189,08	0	105,11	495,12
	3	0	169,13	12,39	0	440,1
	4	0	27,26	14,21	0	0
Agustus	1	0	0	36,08	0	0
	2	0	0	48,86	0	0
	3	120,97	0	25,08	0	159,58
	4	41,29	144,99	68,6	20,03	0
September	1	68,57	17,27	76,9	0	0
	2	0	0	199,98	0	72,7
	3	0	68,57	104,55	0	0
	4	104,91	0	0	0	74,81
Oktober	1	37,74	79,95	0	0	0
	2	163,095	49,21	0	0	0
	3	155,47	121,46	0	0	230,31
	4	0	210,595	0	0	417,52
November	1	0	0	0	0	166,53
	2	0	0	0	0	138,26
	3	0	0	0	0	203,16
	4	0	0	0	0	12,61
Desember	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

Tabel 4.17 Data jumlah konsumsi MFO pada aktivitas pembakaran di mesin boiler (liter)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	97.000	0	49.000	0	14.000
	2	77.000	90.000	15.000	45.000	0
	3	52.000	47.000	6.000	4.000	3.000
	4	63.000	95.000	4.000	0	19.000
Juni	1	46.000	39.000	3.000	0	17.000
	2	47.000	60.000	0	0	27.000
	3	3.000	48.000	2.000	1.000	20.000
	4	10.000	6.000	0	10.000	4.000
Juli	1	17.000	5.000	3.000	0	3.000
	2	13.000	22.000	0	0	37.000
	3	0	13.000	0	0	0
	4	0	0	1.000	0	0
Agustus	1	6.000	0	0	0	14.000
	2	3.000	6.000	0	0	0
	3	23.000	2.000	0	0	0
	4	19.000	24.000	74.000	0	0
September	1	1.000	19.000	0	0	0
	2	4.000	0	74.000	0	0
	3	0	3.000	6.000	0	0
	4	7.000	2.000	0	0	3.000
Oktober	1	6.000	6.000	0	0	0
	2	31.000	2.000	0	0	0
	3	69.700	30.000	0	0	0
	4	0	75.700	0	3.000	24.000
November	1	0	0	0	0	5.000
	2	0	0	0	0	1.000
	3	0	0	0	0	2.000
	4	0	0	0	0	0
Desember	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0

4.4.5 Data Penggunaan Energi Listrik PLN

Aktivitas selanjutnya yang berpotensi menghasilkan emisi karbon adalah penggunaan energi listrik yang dibeli dari PLN. Untuk menghitung emisi CO₂ dari penggunaan listrik PLN tersebut membutuhkan data penggunaan listrik (kWh) yang dibayarkan

oleh PG Madukismo. Data konsumsi atau penggunaan listrik yang dibeli dari PLN pada tahun 2009 hingga tahun 2013, yang dicatat oleh bagian Instalasi ditunjukkan pada Tabel 4.18:

Tabel 4.18 Data penggunaan Energi listrik PLN (kWh)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	5.820	0	8.925	0	4.025
	2	5.508	4.015	9.373	10.821	6.000
	3	5.814	4.025	9.412	11.058	4.015
	4	8.758	6.000	9.492	11.807	9.260
Juni	1	10.954	9.260	9.561	12.257	9.345
	2	10.887	9.262	9.814	12.301	9.262
	3	10.912	9.293	10.143	11.662	9.293
	4	11.247	9.345	10.271	11.769	9.800
Juli	1	10.661	9.800	10.309	11.623	12.104
	2	10.612	10.021	10.501	12.278	12.171
	3	10.596	10.044	10.550	11.134	11.913
	4	13.131	10.161	10.662	10.707	13.212
Agustus	1	10.174	11.086	10.887	11.107	16.049
	2	10.468	11.174	11.013	10.193	0
	3	10.124	11.913	11.100	7.800	15.952
	4	11.134	12.104	11.235	11.544	17.999
September	1	11.198	12.171	5.814	12.316	10.044
	2	11.050	0	12.549	10.105	10.021
	3	5.591	12.452	12.559	11.652	10.161
	4	11.144	13.212	0	10.699	11.174
Oktober	1	10.428	13.611	0	10.931	14.469
	2	10.031	14.469	0	10.411	13.611
	3	10.022	14.597	0	11.641	14.626
	4	0	14.626	0	11.660	16.894
November	1	0	15.952	0	10.270	11.086
	2	0	14.626	0	0	12.365
	3	0	15.952	0	0	12.452
	4	0	16.049	0	0	14.597
Desember	1	0	16.894	0	0	0
	2	0	17.999	0	0	0
	3	0	13.611	0	0	0

4.4.6 Data Konsumsi Solar Pada Aktivitas Transportasi Distribusi Gula

Aktivitas terakhir pada rantai pasok yang berpotensi menghasilkan emisi karbon adalah aktivitas transportasi distribusi gula ke konsumen. Untuk menghitung emisi CO₂ dibutuhkan data penggunaan bahan bakar yang digunakan selama proses distribusi. Data penggunaan bahan bakar solar diperoleh dari data catatan Bahan Bakar di bagian kendaraan. Tabel 4.19 adalah data jumlah konsumsi solar pada aktivitas transportasi distribusi gula:

Tabel 4.19 Data konsumsi solar aktivitas transportasi distribusi gula (liter)

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	152	0	1.689	0	3.838
	2	291	102	1.750	1.069	3.046
	3	254	154	1.806	3.570	3.280
	4	278	393	2.215	1.105	2.164
Juni	1	2.393	1.028	431	2.271	634
	2	2.072	436	251	2.342	446
	3	2.091	498	180	2.427	245
	4	780	487	672	2.523	309
Juli	1	312	3.004	3.222	2.385	859
	2	461	2.056	3.712	2.818	578
	3	446	2.287	2.391	2.562	583
	4	303	1.195	1.667	1.977	494
Agustus	1	564	704	2.886	1.905	1.481
	2	310	760	4.149	1.944	0
	3	214	354	3.697	1.954	1.416
	4	301	254	2.754	1.629	2.132
September	1	690	5.487	127	64	10.163
	2	863	0	92	0	6.702
	3	504	3.757	141	0	6.598
	4	353	3.854	331,88	0	5.192
Oktober	1	86	135	0	1.279	4.972
	2	130	208	0	891	5.202
	3	172	116	0	1.135	4.811
	4	0	214	0	1.187	4.066
November	1	0	231	0	0	2.117

Bulan	Minggu ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
	2	0	261	0	0	1.961
	3	0	139	0	0	1.441
	4	0	139	0	0	1.389
	1	0	18	0	0	0
Desember	2	0	20	0	0	0
	3	0	52	0	0	0

4.5 Perhitungan Emisi Karbon

Perhitungan Emisi dilakukan pada 5 tahun periode giling yakni tahun 2009 sampai dengan 2013. Setelah mendapatkan semua data historis penggunaan bahan bakar, langkah selanjutnya adalah menghitung emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas rantai pasok. Mengacu pada IPCC 2006, maka emisi karbon dapat dihitung dari jumlah konsumsi energi dikali dengan faktor emisinya.

Perhitungan emisi karbon dipisah berdasarkan aktivitas dan jenis energi yang digunakan, hal ini dilakukan karena faktor emisi masing-masing energi yang digunakan berbeda-beda. Dibawah ini adalah perhitungan emisi karbon dari masing-masing aktivitas dalam rantai pasok yang telah ditetapkan sebelumnya:

4.5.1 Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Transportasi Kedatangan Bahan Baku

Setelah mendapatkan data historis konsumsi solar aktivitas transportasi kedatangan bahan baku tebu, maka perhitungan emisi CO₂ dapat dilakukan menggunakan persamaan (3.2) pada bab 3. Namun sebelumnya dilakukan pengkonversian bahan bakar dari satuan fisik ke konsumsi energi satuan TJ dengan persamaan (3.3) pada bab

3. Tabel 4.20 merupakan perhitungan emisi karbon aktivitas transportasi kedatangan bahan baku tebu tahun 2009 yang dituangkan dalam tabel pada Ms. Excel.

Tabel 4.20 Perhitungan emisi transportasi kedatangan bahan baku tebu tahun 2009

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi (Tj) C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) E = C*D
Mei	1	98.175	36×10^{-6}	3,53	74.100	261.891
	2	136.257	36×10^{-6}	4,91	74.100	363.480
	3	142.614	36×10^{-6}	5,13	74.100	380.436
	4	179.635	36×10^{-6}	6,47	74.100	479.193
Juni	1	98.101	36×10^{-6}	3,53	74.100	261.694
	2	116.373	36×10^{-6}	4,19	74.100	310.438
	3	125.446	36×10^{-6}	4,52	74.100	334.639
	4	160.226	36×10^{-6}	5,77	74.100	427.419
Juli	1	119.990	36×10^{-6}	4,32	74.100	320.086
	2	113.505	36×10^{-6}	4,09	74.100	302.787
	3	131.826	36×10^{-6}	4,75	74.100	351.658
	4	182.050	36×10^{-6}	6,55	74.100	485.637
Agustus	1	129.237	36×10^{-6}	4,65	74.100	344.753
	2	119.996	36×10^{-6}	4,32	74.100	320.102
	3	99.574	36×10^{-6}	3,58	74.100	265.624
	4	209.780	36×10^{-6}	7,55	74.100	559.608
September	1	143.736	36×10^{-6}	5,17	74.100	383.430
	2	131.719	36×10^{-6}	4,74	74.100	351.375
	3	21.701	36×10^{-6}	0,78	74.100	57.890
	4	60.276	36×10^{-6}	2,17	74.100	160.793
Oktober	1	113.735	36×10^{-6}	4,09	74.100	303.400
	2	106.676	36×10^{-6}	3,84	74.100	284.569
	3	62.444	36×10^{-6}	2,25	74.100	166.576

Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi solar pada aktivitas transportasi kedatangan tebu sesuai dengan data historis konsumsi solar yang telah didapatkan sebelumnya.

Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar 36×10^{-6} . Nilai kalor

ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi solar dari satuan liter ke konsumsi energi dalam satuan TJ.

- Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.2) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.
- Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 74,100 Kg/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan transportasi jalan *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar solar
- Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas transportasi bahan baku tebu pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.21 :

Tabel 4.21 Pengeluaran emisi CO₂ dari aktivitas transportasi bahan baku tebu (kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	261.891	0	191.293	0	280.358
	2	363.480	166.250	280.843	169.107	288.007
	3	380.436	326.538	323.036	294.829	275.023
	4	479.193	420.964	445.953	501.141	171.562
Juni	1	261.694	292.448	307.690	331.381	221.582
	2	310.438	296.963	272.976	226.131	212.236
	3	334.639	294.960	315.726	217.370	66.447
	4	427.419	408.991	410.435	333.871	296.174
Juli	1	320.086	308.272	290.947	307.741	204.380
	2	302.787	313.622	331.773	343.362	208.138
	3	351.658	365.074	324.132	296.615	302.460
	4	485.637	540.619	385.584	499.885	424.076

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Agustus	1	344.753	376.152	261.960	293.411	83.264
	2	320.102	380.981	260.694	249.120	0
	3	265.624	385.833	210.914	165	327.400
	4	559.608	552.373	74.633	287.115	504.293
September	1	383.430	231.259	48.487	318.388	312.038
	2	351.375	0	180.037	265.375	345.117
	3	57.890	210.268	153.886	251.911	341.364
	4	160.793	310.985	0	322.650	393.516
Oktober	1	303.400	223.493	0	222.532	332.661
	2	284.569	115.077	0	192.526	281.157
	3	166.576	193.287	0	150.658	187.139
	4		308.502	0	204.368	305.174
November	1		189.710	0	46.230	265.136
	2		157.882	0	0	279.575
	3		162.036	0	0	272.218
	4		307.318	0	0	165.310
Desember	1		318.558	0	0	0
	2		305.677	0	0	0
	3		20.113	0	0	0

4.5.2 Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Transportasi Kedatangan Karung dan Plastik.

Untuk dapat menghitung emisi karbon aktivitas transportasi kedatangan karung dan plastik maka dilakukan perhitungan yang sama dengan aktivitas sebelumnya yakni aktivitas transportasi kedatangan bahan baku tebu. Tabel 4.22 menunjukkan perhitungan emisi karbon aktivitas transportasi kedatangan karung dan plastik tahun 2009:

Tabel 4.22 Perhitungan emisi transportasi kedatangan karung dan plastik tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi (Tj) C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) E = C*D
Mei	2	129	36×10^{-6}	0,005	74.100	344
	3	177	36×10^{-6}	0,006	74.100	472

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi (Tj) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) $E = C \cdot D$
	4	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128
Juni	1	81	36×10^{-6}	0,003	74.100	216
	2	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128
	3	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128
	4	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128
Juli	1	96	36×10^{-6}	0,003	74.100	256
	2	96	36×10^{-6}	0,003	74.100	256
	3	144	36×10^{-6}	0,005	74.100	384
	2	66	36×10^{-6}	0,002	74.100	175
	3	114	36×10^{-6}	0,004	74.100	303
Oktober	1	33	36×10^{-6}	0,001	74.100	87
	4	864	36×10^{-6}	0,031	74.100	2.305

Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi solar pada aktivitas transportasi kedatangan karung dan plastik sesuai dengan data historis konsumsi solar yang telah didapatkan sebelumnya.

Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar 36×10^{-6} . Nilai kalor ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi solar dari satuan liter ke konsumsi energi dalam satuan TJ.

Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.4) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.

Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 74,100 Kg/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan transportasi jalan *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar solar

Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas transportasi karung dan plastik pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.23 :

Tabel 4.23 Pengeluaran emisi CO₂ dari aktivitas transportasi karung dan plastik (kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	0	0	599,68	0	1.327,40
	2	344	0	0	0	1.199,35
	3	472	0	599,68	0	299,84
	4	128	0	0	0	0
Juni	1	216	299,84	299,84	0	128,04
	2	128	215,54	299,84	87,50	0
	3	128	299,84	87,50	0	0
	4	128	0	0	215,54	0
Juli	1	256	299,84	0	0	128,04
	2	256	0	0	0	0.00
	3	384	299,84	0	0	128,04
	4	0	0	87,50	0	0
Agustus	1	0	0	0	0	303,04
	2	175	387,34	0	0	0
	3	303	299,84	0	0	174,99
	4	0	387,34	87,50	0	437,49
September	1	0	0	0	87,50	256,09
	2	0	0	0	215,54	0
	3	0	0	0	215,54	256,09
	4	0	0	0	128,04	0
Oktober	1	87	599,68	0	256,09	0
	2	0	599,68	0	256,09	0
	3	0	299,84	0	256,09	128,04
	4	2,305	87,50	0	0	0
November	1	0	0	0	128,04	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0
Desember	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	4		3.726	0	0	0

4.5.3 Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pengangkutan tebu Menggunakan Lori

Langkah perhitungan emisi karbon pada aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori tidak berbeda dengan perhitungan pada aktivitas sebelumnya. Tabel 4.24 menunjukkan perhitungan emisi karbon pada aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori sebagai berikut:

Tabel 4.24 Perhitungan Emisi CO₂ pada aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi CO ₂ (Kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	1.730	36 x 10 ⁻⁶	0,062	74.100	4.615
	2	1.735	36 x 10 ⁻⁶	0,062	74.100	4.628
	3	1.600	36 x 10 ⁻⁶	0,058	74.100	4.268
	4	1.920	36 x 10 ⁻⁶	0,069	74.100	5.122
Juni	1	1.685	36 x 10 ⁻⁶	0,061	74.100	4.495
	2	1.390	36 x 10 ⁻⁶	0,050	74.100	3.708
	3	1.735	36 x 10 ⁻⁶	0,062	74.100	4.628
	4	1.795	36 x 10 ⁻⁶	0,065	74.100	4.788
Juli	1	1.590	36 x 10 ⁻⁶	0,057	74.100	4.241
	2	1.400	36 x 10 ⁻⁶	0,050	74.100	3.735
	3	1.230	36 x 10 ⁻⁶	0,044	74.100	3.281
	4	2.210	36 x 10 ⁻⁶	0,080	74.100	5.895
Agustus	1	1.500	36 x 10 ⁻⁶	0,054	74.100	4.001
	2	1.400	36 x 10 ⁻⁶	0,050	74.100	3.735
	3	1.055	36 x 10 ⁻⁶	0,038	74.100	2.814
	4	2.070	36 x 10 ⁻⁶	0,075	74.100	5.522
September	1	985	36 x 10 ⁻⁶	0,035	74.100	2.628
	2	1.570	36 x 10 ⁻⁶	0,057	74.100	4.188
	3	245	36 x 10 ⁻⁶	0,009	74.100	654
	4	545	36 x 10 ⁻⁶	0,020	74.100	1.454
Oktober	1	1.265	36 x 10 ⁻⁶	0,046	74.100	3.375
	2	1.440	36 x 10 ⁻⁶	0,052	74.100	3.841
	3	880	36 x 10 ⁻⁶	0,032	74.100	2.347

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi $C = A * B$	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi CO ₂ (Kg CO ₂) $E = C * D$
Total						87.964

- Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi solar pada aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori sesuai dengan data historis konsumsi solar yang telah didapatkan sebelumnya.
- Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar 36×10^{-6} . Nilai kalor ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi solar dari satuan liter ke konsumsi energi dalam satuan TJ.
- Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.5) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.
- Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 74,100 Kg/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan transportasi kereta api *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar solar
- Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.25 :

Tabel 4.25 Pengeluaran emisi CO₂ dari aktivitas pengangkutan tebu menggunakan lori (kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	4.615	0	4.642	0	3.201
	2	4.628	2.121	3.361	774	3.551
	3	4.268	3.415	4.055	4.135	4.068
	4	5.122	4.962	5.215	5.775	3.385
Juni	1	4.495	3.868	3.735	4.228	3.673
	2	3.708	3.214	4.348	3.054	2.636
	3	4.628	2.774	4.108	3.508	3.828
	4	4.788	3.492	4.388	4.015	4.562
Juli	1	4.241	3.361	4.041	3.535	4.205
	2	3.735	3.788	3.455	3.975	4.551
	3	3.281	3.217	3.761	3.415	3.609
	4	5.895	4.495	5.642	4.962	4.455
Agustus	1	4.001	3.278	3.588	3.294	872
	2	3.735	3.727	3.495	3.961	0
	3	2.814	3.118	3.121	0	4.468
	4	5.522	5.599	1.667	2.574	5.210
September	1	2.628	2.206	1.040	3.615	4.095
	2	4.188	0	3.708	3.468	3.948
	3	654	2.438	3.388	3.655	3.628
	4	1.454	3.553	0	4.708	4.708
Oktober	1	3.375	2.913	0	3.828	3.905
	2	3.841	3.140	0	4.442	3.601
	3	2.347	3.996	0	4.522	4.281
	4	0	4.772	0	4.428	3.831
November	1	0	4.175	0	2.267	3.300
	2	0	2.974	0	0	3.481
	3	0	3.335	0	0	4.161
	4	0	3.775	0	0	2.251
Desember	1	0	2.894	0	0	0
	2	0	2.721	0	0	0
	3	0	720	0	0	0
	4	0	0	0	0	0

4.5.4 Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran pada Mesin Boiler

Pada aktivitas pembakaran di mesin boiler digunakan tiga jenis bahan bakar yakni bagasse, kayu bakar, dan yang terakhir adalah *Marine Fuel Oil* (MFO). Dibawah ini

akan dilakukan perhitungan pengeluaran emisi CO₂ dalam aktivitas pembakaran pada mesin boiler:

A. Bagasse

Bagasse digunakan sebagai bahan bakar pada mesin boiler dengan tujuan untuk mendapatkan panasnya sehingga dapat menghasilkan uap yang bisa menggerakkan mesin turbin. Namun aktivitas tersebut berpotensi menghasilkan emisi karbon sehingga aktivitas ini juga perlu dilakukan perhitungan emisi karbonnya. Tabel 4.26 merupakan perhitungan emisi karbon aktivitas pembakaran bagasse pada mesin boiler tahun 2009:

Tabel 4.26 Perhitungan Emisi CO₂ pada aktivitas pembakaran bagasse pada mesin boiler tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) E = C*D
Mei	1	4.014.498,13	$7,66 \times 10^{-6}$	30,75	100.000	3.075.105,57
	2	6.173.557,13	$7,66 \times 10^{-6}$	47,29	100.000	4.728.944,76
	3	6.515.101,44	$7,66 \times 10^{-6}$	49,91	100.000	4.990.567,70
	4	8.381.640,42	$7,66 \times 10^{-6}$	64,20	100.000	6.420.336,56
Juni	1	4.956.730,65	$7,66 \times 10^{-6}$	37,97	100.000	3.796.855,67
	2	4.580.098,51	$7,66 \times 10^{-6}$	35,08	100.000	3.508.355,45
	3	5.278.315,80	$7,66 \times 10^{-6}$	40,43	100.000	4.043.189,91
	4	6.750.203,15	$7,66 \times 10^{-6}$	51,71	100.000	5.170.655,61
Juli	1	5.251.642,55	$7,66 \times 10^{-6}$	40,23	100.000	4.022.758,19
	2	4.659.073,68	$7,66 \times 10^{-6}$	35,69	100.000	3.568.850,44
	3	5.650.550,99	$7,66 \times 10^{-6}$	43,28	100.000	4.328.322,06
	4	7.898.877,74	$7,66 \times 10^{-6}$	60,51	100.000	6.050.540,35
Agustus	1	5.571.041,38	$7,66 \times 10^{-6}$	42,67	100.000	4.267.417,70
	2	5.555.785,64	$7,66 \times 10^{-6}$	42,56	100.000	4.255.731,80
	3	4.266.092,63	$7,66 \times 10^{-6}$	32,68	100.000	3.267.826,96
	4	7.829.741,06	$7,66 \times 10^{-6}$	59,98	100.000	5.997.581,65

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) $E = C \cdot D$
September	1	5.946.068,47	$7,66 \times 10^{-6}$	45,55	100.000	4.554.688,45
	2	6.001.533,64	$7,66 \times 10^{-6}$	45,97	100.000	4.597.174,77
	3	1.615.465,16	$7,66 \times 10^{-6}$	12,37	100.000	1.237.446,31
	4	1.963.950,88	$7,66 \times 10^{-6}$	15,04	100.000	1.504.386,37
Oktober	1	5.482.171,65	$7,66 \times 10^{-6}$	41,99	100.000	4.199.343,48
	2	4.824.646,29	$7,66 \times 10^{-6}$	36,96	100.000	3.695.679,06
	3	3.124.156,43	$7,66 \times 10^{-6}$	23,93	100.000	2.393.103,83

Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi bagasse pada aktivitas pembakaran bagasse sesuai dengan data historis konsumsi solar yang telah didapatkan sebelumnya.

Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar $7,66 \times 10^{-6}$. Nilai kalor ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi bagasse dari satuan kg ke konsumsi energi dalam satuan TJ.

Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.2) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.

Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 100.000 Kg/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan pembakaran bahan bakar *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar biomasa.

Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas

pembakaran bagasse pada mesin boiler pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.27 :

Tabel 4.27 Pengeluaran Emisi CO₂ dari aktivitas pembakaran bagasse pada mesin boiler (Kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	3.075.105,57	0	3.108.471,35	0	3.521.519,37
	2	4.728.944,76	1.286.830,92	5.090.085,34	1.535.706,29	4.585.690,90
	3	4.990.567,70	3.973.856,07	5.221.272,55	4.849.589,76	4.309.340,45
	4	6.420.336,56	5.911.678,61	7.320.053,25	7.438.357,92	2.302.016,59
Juni	1	3.796.855,67	3.484.362,44	4.879.026,37	4.760.580,60	3.792.641,65
	2	3.508.355,45	4.043.056,79	5.147.326,76	4.247.794,11	4.057.528,17
	3	4.043.189,91	3.947.339,50	5.157.010,14	3.532.644,36	3.550.557,23
	4	5.170.655,61	5.463.850,80	6.586.113,40	5.092.177,22	5.332.470,35
Juli	1	4.022.758,19	3.467.250,13	5.141.121,67	4.255.769,01	4.336.458,46
	2	3.568.850,44	3.991.779,67	5.184.449,95	4.418.273,69	3.609.346,35
	3	4.328.322,06	4.099.739,97	5.095.667,77	4.497.674,51	5.446.246,45
	4	6.050.540,35	6.095.560,02	7.264.787,15	6.439.524,39	8.133.770,03
Agustus	1	4.267.417,70	5.350.484,44	4.626.550,03	4.589.282,27	2.628.832,86
	2	4.255.731,80	5.359.765,24	4.735.235,73	4.524.712,11	0
	3	3.267.826,96	5.221.437,16	4.216.584,62	337.997,81	4.546.420,62
	4	5.997.581,65	7.815.059,53	1.991.662,37	3.082.564,56	7.102.488,60
September	1	4.554.688,45	3.494.157,46	258.982,02	5.172.447,72	4.216.673,36
	2	4.597.174,77	0	4.188.350,38	5.208.883,84	4.417.659,62
	3	1.237.446,31	1.881.038,55	3.942.830,61	5.184.729,07	4.316.878,07
	4	1.504.386,37	3.445.255,34	0	6.373.315,28	5.336.807,47
Oktober	1	4.199.343,48	2.924.444,25	0	4.407.690,99	4.589.877,73
	2	3.695.679,06	3.057.435,02	0	4.162.721,79	4.013.192,29
	3	2.393.103,83	2.705.913,40	0	4.075.735,50	3.212.013,24
	4		4.126.771,83	0	3.193.451,65	4.237.327,04
November	1		1.853.777,66	0	1.841.326,18	4.278.678,47
	2		2.041.366,08	0	0	4.285.720,92
	3		2.225.232,86	0	0	4.312.151,60
	4		3.333.122,83	0	0	3.109.029,59
Desember	1		3.345.574,52	0	0	0
	2		4.405.528,56	0	0	0
	3		827.832,11	0	0	0
	4		0	0	0	0

B. Kayu Bakar

Selain bagasse yang digunakan sebagai bahan bakar pada aktivitas pembakaran di mesin boiler kayu juga digunakan. Namun berbeda dengan bagasse yang selalu digunakan, kayu bakar hanya merupakan bahan bakar tambahan bila dirasa perlu menggunakannya. Tabel 4.28 merupakan perhitungan emisi karbon pada aktivitas pembakaran kayu di mesin boiler:

Tabel 4.28 Perhitungan Emisi CO₂ pada aktivitas pembakaran kayu pada mesin boiler tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi (Kj) C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) E = C*D
Mei	1	53.580	12,55 x 10 ⁻⁶	0,67	112.000	75.312,05
	2	122.120	12,55 x 10 ⁻⁶	1,53	112.000	171.651,87
	3	232.220	12,55 x 10 ⁻⁶	2,91	112.000	326.408,43
	4	343.000	12,55 x 10 ⁻⁶	4,30	112.000	482.120,80
Juni	1	283.230	12,55 x 10 ⁻⁶	3,55	112.000	398.108,09
	2	204.230	12,55 x 10 ⁻⁶	2,56	112.000	287.065,69
	3	214.490	12,55 x 10 ⁻⁶	2,69	112.000	301.487,14
	4	184.560	12,55 x 10 ⁻⁶	2,32	112.000	259.417,54
Juli	1	221.400	12,55 x 10 ⁻⁶	2,78	112.000	311.199,84
	2	137.120	12,55 x 10 ⁻⁶	1,72	112.000	192.735,87
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
Agustus	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	3	120.970	12,55 x 10 ⁻⁶	1,52	112.000	170.035,43
	4	41.290	12,55 x 10 ⁻⁶	0,52	112.000	58.037,22
September	1	68.570	12,55 x 10 ⁻⁶	0,86	112.000	96.381,99
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	4	104.910	12,55 x 10 ⁻⁶	1,32	112.000	147.461,50
Oktober	1	37.740	12,55 x 10 ⁻⁶	0,47	112.000	53.047,34
	2	163.095	12,55 x 10 ⁻⁶	2,05	112.000	229.246,33
	3	155.470	12,55 x 10 ⁻⁶	1,95	112.000	218.528,63

- Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi kayu pada aktivitas pembakaran kayu sesuai dengan data historis konsumsi solar yang telah didapatkan sebelumnya.
- Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar $12,55 \times 10^{-6}$. Nilai kalor ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi kayu dari satuan kg ke konsumsi energi dalam satuan TJ.
- Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.2) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.
- Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 112.000 Kg/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan pembakaran bahan bakar *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar kayu.
- Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas pembakaran pembakaran kayu di mesin boiler pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.29 :

Tabel 4.29 Pengeluaran Emisi CO₂ dari aktivitas pembakaran kayu di mesin boiler (Kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	75.312,05	0	476.231,34	0	143.849
	2	171.651,87	62.043	60.623,53	206.932	0

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
	3	326.408,43	116.819	0	205.428	210.011
	4	482.120,80	394.510	61.776,12	0	359.763
Juni	1	398.108,09	407.455	56.041,27	100.318	374.564
	2	287.065,69	379.877	179.481,06	112.097	471.185
	3	301.487,14	319.535	128.963,80	400.751	411.967
	4	259.417,54	361.914	0	572.726	609.454
Juli	1	311.199,84	221.537	111.309,46	71.925	588.876
	2	192.735,87	265.771	0	147.743	695.941
	3	0	237.729	17.415,38	0	618.605
	4	0	38.317	19.973,58	0	0
Agustus	1	0	0	50.714,05	0	0
	2	0	0	68.677,62	0	0
	3	170.035,43	0	35.252,45	0	224.306
	4	58.037,22	203.798	96.424,16	28.154	0
September	1	96.381,99	24.275	108.090,64	0	0
	2	0	0	281.091,89	0	102.187
	3	0	96.382	146.955,48	0	0
	4	147.461,50	0	0	0	105.153
Oktober	1	53.047,34	112.378	0	0	0
	2	229.246,33	69.170	0	0	0
	3	218.528,63	170.724	0	0	323.724
	4	0	296.012	0	0	586.866
November	1	0	0	0	0	234.075
	2	0	0	0	0	194.338
	3	0	0	0	0	285.562
	4	0	0	0	0	17.725
Desember	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0

C. MFO

Selain kayu bakar, MFO juga merupakan bahan bakar tambahan dalam aktivitas pembakaran di mesin boiler. MFO digunakan hanya jika dibutuhkan saja. Tabel 4.30 merupakan perhitungan emisi karbon dari penggunaan MFO pada aktivitas pembakaran di mesin boiler:

Tabel 4.30 Perhitungan Emisi CO₂ pada aktivitas pembakaran MFO pada mesin boiler tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi (Kj) C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) E = C*D
Mei	1	97.000	40 x 10 ⁻⁶	3,88	77.400	300.312
	2	77.000	40 x 10 ⁻⁶	3,08	77.400	238.392
	3	52.000	40 x 10 ⁻⁶	2,08	77.400	160.992
	4	63.000	40 x 10 ⁻⁶	2,52	77.400	195.048
Juni	1	46.000	40 x 10 ⁻⁶	1,84	77.400	142.416
	2	47.000	40 x 10 ⁻⁶	1,88	77.400	145.512
	3	3.000	40 x 10 ⁻⁶	0,12	77.400	9.288
	4	10.000	40 x 10 ⁻⁶	0,4	77.400	30.960
Juli	1	17.000	40 x 10 ⁻⁶	0,68	77.400	52.632
	2	13.000	40 x 10 ⁻⁶	0,52	77.400	40.248
	3	0	40 x 10 ⁻⁶	0	77.400	0
	4	0	40 x 10 ⁻⁶	0	77.400	0
Agustus	1	6.000	40 x 10 ⁻⁶	0,24	77.400	18.576
	2	3.000	40 x 10 ⁻⁶	0,12	77.400	9.288
	3	23.000	40 x 10 ⁻⁶	0,92	77.400	71.208
	4	19.000	40 x 10 ⁻⁶	0,76	77.400	58.824
September	1	1.000	40 x 10 ⁻⁶	0,04	77.400	3.096
	2	4.000	40 x 10 ⁻⁶	0,16	77.400	12.384
	3	0	40 x 10 ⁻⁶	0	77.400	0
	4	7.000	40 x 10 ⁻⁶	0,28	77.400	21.672
Oktober	1	6.000	40 x 10 ⁻⁶	0,24	77.400	18.576
	2	31.000	40 x 10 ⁻⁶	1,24	77.400	95.976
	3	69.700	40 x 10 ⁻⁶	2,788	77.400	215.791

Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi MFO pada aktivitas pembakaran MFO sesuai dengan data historis konsumsi MFO yang telah didapatkan sebelumnya.

Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar 40 x 10⁻⁶. Nilai kalor ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi MFO dari satuan liter ke konsumsi energi dalam satuan TJ.

Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B

yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.2) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.

Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 77.400 Liter/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan pembakaran bahan bakar *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar MFO.

Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas pembakaran MFO pada mesin boiler pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.31 :

Tabel 4.31 Pengeluaran Emisi CO₂ dari aktivitas pembakaran MFO pada mesin boiler (Kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	300.312	0	151.704	0	43.344
	2	238.392	278.640	46.440	139.320	0
	3	160.992	145.512	18.576	12.384	9.288
	4	195.048	294.120	12.384	0	58.824
Juni	1	142.416	120.744	9.288	0	52.632
	2	145.512	185.760	0	0	83.592
	3	9.288	148.608	6.192	3.096	61.920
	4	30.960	18.576	0	30.960	12.384
Juli	1	52.632	15.480	9.288	0	9.288
	2	40.248	68.112	0	0	114.552
	3	0	40.248	0	0	0
	4	0	0	3.096	0	0
Agustus	1	18.576	0	0	0	43.344
	2	9.288	18.576	0	0	0
	3	71.208	6.192	0	0	0
	4	58.824	74.304	229.104	0	0

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
September	1	3.096	58.824	0	0	0
	2	12.384	0	229.104	0	0
	3	0	9.288	18.576	0	0
	4	21.672	6.192	0	0	9.288
Oktober	1	18.576	18.576	0	0	0
	2	95.976	6.192	0	0	0
	3	215.791	92.880	0	0	0
	4	0	234.367	0	9.288	74.304
November	1	0	0	0	0	15.480
	2	0	0	0	0	3.096
	3	0	0	0	0	6.192
	4	0	0	0	0	0
Desember	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0

4.5.5 Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Penggunaan Listrik PLN

Selain mengandalkan energi listrik yang diproduksi secara mandiri, PG Madukismo juga membeli energi listrik PLN untuk mengimbangi kebutuhan energi listrik PG Madukismo.

Tabel 4.32 Perhitungan Emisi CO₂ pada aktivitas penggunaan listrik PLN tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah (kWh)	B Faktor Emisi (Kg/kWh)	C Emisi CO ₂ (kg CO ₂) C=A*B
Mei	1	5.820	0,725	4.219,50
	2	5.508	0,725	3.993,30
	3	5.814	0,725	4.215,15
	4	8.758	0,725	6.349,55
Juni	1	10.954	0,725	7.941,65
	2	10.887	0,725	7.893,08
	3	10.912	0,725	7.911,20
	4	11.247	0,725	8.154,08
Juli	1	10.661	0,725	7.729,23

Bulan	Minggu Ke	A Jumlah (kWh)	B Faktor Emisi (Kg/kWh)	C Emisi CO ₂ (kg CO ₂) C=A*B
	2	10.612	0,725	7.693,70
	3	10.596	0,725	7.682,10
	4	13.131	0,725	9.519,98
Agustus	1	10.174	0,725	7.376,15
	2	10.468	0,725	7.589,30
	3	10.124	0,725	7.339,90
	4	11.134	0,725	8.072,15
September	1	11.198	0,725	8.118,55
	2	11.050	0,725	8.011,25
	3	5.591	0,725	4.053,48
	4	11.144	0,725	8.079,40
Oktober	1	10.428	0,725	7.560,30
	2	10.031	0,725	7.272,48
	3	10.022	0,725	7.265,95

Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi listrik PLN sesuai dengan data historis konsumsi listrik PLN yang telah didapatkan sebelumnya.

Kolom B berisi faktor emisi untuk penggunaan Listrik PLN yakni

Langkah 2 sebesar 0,725 kg/kWh. Faktor emisi ini didapatkan dari hasil perhitungan *National Council on Climate Change of Indonesia* yakni sebesar 0,725.

Kolom C merupakan hasil perhitungan emisi karbon yang didapatkan

Langkah 3 dari hasil perkalian kolom A dan kolom B.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas penggunaan listrik PLN pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.33 :

Tabel 4.33 Pengeluaran Emisi CO₂ dari aktivitas penggunaan listrik PLN (Kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	4.220	0	6.471	0	2.918
	2	3.993	2.911	6.795	7.845	4.350
	3	4.215	2.918	6.824	8.017	2.911
	4	6.350	4.350	6.882	8.560	6.714
Juni	1	7.942	6.714	6.932	8.886	6.775
	2	7.893	6.715	7.115	8.918	6.715
	3	7.911	6.737	7.354	8.455	6.737
	4	8.154	6.775	7.446	8.533	7.105
Juli	1	7.729	7.105	7.474	8.427	8.775
	2	7.694	7.265	7.613	8.902	8.824
	3	7.682	7.282	7.649	8.072	8.637
	4	9.520	7.367	7.730	7.763	9.579
Agustus	1	7.376	8.037	7.893	8.053	11.636
	2	7.589	8.101	7.984	7.390	0
	3	7.340	8.637	8.048	5.655	11.565
	4	8.072	8.775	8.145	8.369	13.049
September	1	8.119	8.824	4.215	8.929	7.282
	2	8.011	0	9.098	7.326	7.265
	3	4.053	9.028	9.105	8.448	7.367
	4	8.079	9.579	0	7.757	8.101
Oktober	1	7.560	9.868	0	7.925	10.490
	2	7.272	10.490	0	7.548	9.868
	3	7.266	10.583	0	8.440	10.604
	4	0	10.604	0	8.454	12.248
November	1	0	11.565	0	7.446	8.037
	2	0	10.604	0	0	8.965
	3	0	11.565	0	0	9.028
	4	0	11.636	0	0	10.583
Desember	1	0	12.248	0	0	0
	2	0	13.049	0	0	0
	3	0	9.868	0	0	0
	4	0	0	0	0	0

4.5.6 Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Transportasi Distribusi gula

Aktivitas terakhir yang berpotensi menghasilkan emisi karbon adalah transportasi distribusi gula ke konsumen. Pada aktivitas ini terjadi pembakaran bahan bakar pada proses transportasinya. Berdasarkan IPCC 2006 emisi karbon pada aktivitas transportasi jalan raya dapat dihitung seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.34 :

Tabel 4.34 Perhitungan Emisi CO₂ pada aktivitas transportasi distribusi gula tahun 2009

Bulan	Minggu Ke	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (Tj/L)	C Konsumsi Energi (Kj) C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/Tj)	E Emisi Co2 (Kg Co2) E = C*D
Mei	1	152,4	36×10^{-6}	0,005	74.100	406,54
	2	291,36	36×10^{-6}	0,010	74.100	777,23
	3	253,8	36×10^{-6}	0,009	74.100	677,04
	4	278,24	36×10^{-6}	0,010	74.100	742,23
Juni	1	2393,08	36×10^{-6}	0,086	74.100	6383,78
	2	2072,48	36×10^{-6}	0,075	74.100	5528,55
	3	2091,28	36×10^{-6}	0,075	74.100	5578,70
	4	780,48	36×10^{-6}	0,028	74.100	2082,01
Juli	1	312,08	36×10^{-6}	0,011	74.100	832,50
	2	460,88	36×10^{-6}	0,017	74.100	1229,44
	3	446,36	36×10^{-6}	0,016	74.100	1190,71
	4	302,64	36×10^{-6}	0,011	74.100	807,32
Agustus	1	564	36×10^{-6}	0,020	74.100	1504,53
	2	310,44	36×10^{-6}	0,011	74.100	828,13
	3	214,2	36×10^{-6}	0,008	74.100	571,40
	4	301,48	36×10^{-6}	0,011	74.100	804,23
September	1	689,64	36×10^{-6}	0,025	74.100	1839,68
	2	862,64	36×10^{-6}	0,031	74.100	2301,18
	3	504,2	36×10^{-6}	0,018	74.100	1345,00
	4	352,88	36×10^{-6}	0,013	74.100	941,34
Oktober	1	85,6	36×10^{-6}	0,003	74.100	228,35
	2	130,44	36×10^{-6}	0,005	74.100	347,96
	3	171,72	36×10^{-6}	0,006	74.100	458,08

- Langkah 1 Kolom A berisi jumlah konsumsi solar pada aktivitas transportasi distribusi gula sesuai dengan data historis konsumsi solar yang telah didapatkan sebelumnya.
- Langkah 2 Kolom B berisi nilai kalor solar yakni sebesar 36×10^6 . Nilai kalor ini digunakan untuk mengkonversi jumlah konsumsi solar dari satuan liter ke konsumsi energi dalam satuan TJ.
- Langkah 3 Kolom C merupakan hasil perkalian antara kolom A dan Kolom B yang menghasilkan jumlah konsumsi energi yang dibutuhkan pada persamaan (3.4) pada bab 3 untuk menghitung emisi karbon.
- Langkah 4 Kolom D berisi faktor emisi untuk bahan bakar solar yakni sebesar 74.100 Liter/Tj faktor emisi ini merupakan faktor emisi kegiatan pembakaran bahan bakar *default* IPCC 2006 untuk bahan bakar solar.
- Langkah 5 Kolom E merupakan emisi karbon dalam satuan Kg dari hasil perkalian antara kolom C dan kolom D.

Langkah diatas digunakan kembali untuk menghitung besarnya emisi CO₂ pada tahun 2010 sampai 2013. Maka, hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ dari aktivitas transportasi distribusi gula pada tahun 2009 hingga 2013 dapat dirangkum pada Tabel 4.35 :

Tabel 4.35 Pengeluaran Emisi CO₂ dari aktivitas transportasi distribusi gula (Kg CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	406,54	0	4.504,94	0	10.237,72
	2	777,23	272,84	4.668,51	2.851,45	8.124,87

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
	3	677,04	411,34	4.816,62	9.523,55	8.750,80
	4	742,23	1.049,01	5.909,37	2.947,06	5.773,11
Juni	1	6.383,78	2.742,51	1.148,88	6.059,40	1.692,01
	2	5.528,55	1.163,29	669,99	6.247,41	1.189,54
	3	5.578,70	1.327,18	480,91	6.474,91	653,46
	4	2.082,01	1.298,48	1.792,73	6.729,61	823,97
Juli	1	832,50	8.012,94	8.595,97	6.361,91	2.292,54
	2	1.229,44	5.485,65	9.902,34	7.517,08	1.542,73
	3	1.190,71	6.099,52	6.377,91	6.833,96	1.555,42
	4	807,32	3.188,85	4.447,32	5.273,74	1.316,94
Agustus	1	1.504,53	1.877,35	7.698,80	5.082,74	3.951,89
	2	828,13	2.026,52	11.068,41	5.184,64	0
	3	571,40	943,05	9.861,69	5.212,81	3.777,75
	4	804,23	677,04	7.346,25	4.344,35	5.687,11
September	1	1.839,68	14.588,14	338,36	170,73	27.111,67
	2	2.301,18	0	244,57	0	17.879,11
	3	1.345,00	10.021,85	1.260,17	0	17.601,04
	4	941,34	10.280,93	0	0	13.851,46
Oktober	1	228,35	359,06	0	3.412,39	13.263,31
	2	347,96	554,22	0	2.376,19	13.876,11
	3	458,08	308,59	0	3.027,19	12.834,78
	4	0	569,80	0	3.165,69	10.845,50
November	1	0	617,50	0	27.780,81	5.646,99
	2	0	694,96	0	0	5.229,99
	3	0	369,52	0	0	3.844,23
	4	0	369,52	0	0	3.704,44
Desember	1	0	48,02	0	0	0
	2	0	53,35	0	0	0
	3	0	138,72	0	0	0
	4	0	0	0	0	0

4.5.7 Hasil perhitungan

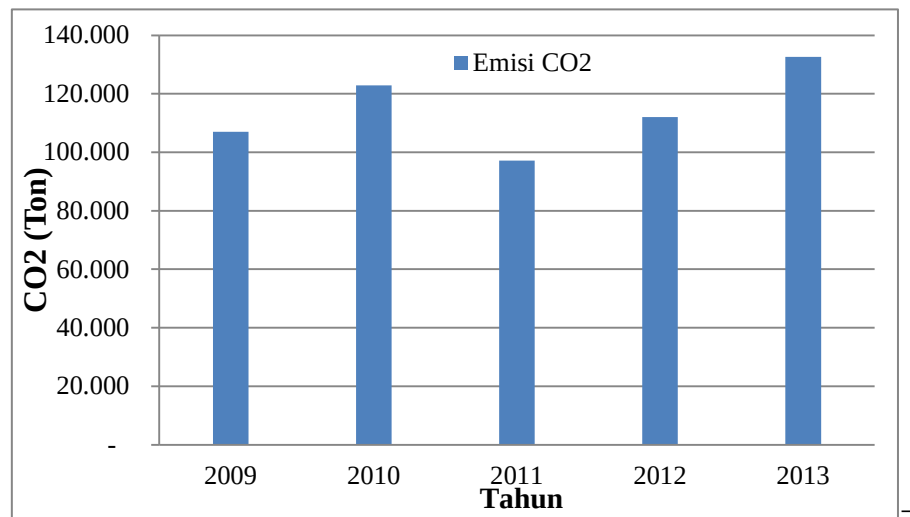
Setelah selesai dilakukan perhitungan emisi CO₂ pada setiap aktivitas, maka dapat diketahui total jumlah emisi CO₂ aktivitas rantai pasok setelah menjumlahkan seluruh emisi aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Tabel 4.36 menunjukkan emisi CO₂ setiap tahunnya pada periode giling:

Tabel 4.36 Total Emisi CO₂ pada periode giling tahun 2009-2013 (Ton CO₂)

Bulan	Minggu Ke	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
Mei	1	3.721,86	0	3.943,92	0	4.006,75
	2	5.512,21	1.799,07	5.492,82	2.062,54	4.890,92
	3	5.868,04	4.569,47	5.579,18	5.383,91	4.819,69
	4	7.589,04	7.031,63	7.858,17	7.956,78	2.908,04
Juni	1	4.618,11	4.318,63	5.264,16	5.211,45	4.453,69
	2	4.268,63	4.916,97	5.612,22	4.604,33	4.835,08
	3	4.706,85	4.721,58	5.619,92	4.172,30	4.102,11
	4	5.903,60	6.264,90	7.010,18	6.049,23	6.262,97
Juli	1	4.719,74	4.031,32	5.572,78	4.653,76	5.154,40
	2	4.117,54	4.655,82	5.537,19	4.929,77	4.642,89
	3	4.692,52	4.759,69	5.455	4.812,61	6.381,24
	4	6.552,40	6.689,55	7.691,35	6.957,41	8.573,20
Agustus	1	4.643,63	5.739,83	4.958,40	4.899,12	2.772,20
	2	4.597,45	5.773,56	5.087,16	4.790,37	0,00
	3	3.785,72	5.626,46	4.483,78	349,03	5.118,11
	4	6.688,45	8.660,97	2.409,07	3.413,12	7.631,17
September	1	5.050,18	3.834,13	421,15	5.503,64	4.567,46
	2	4.975,43	0,00	4.891,63	5.485,27	4.894,06
	3	1.301,39	2.218,46	4.276	5.448,96	4.687,09
	4	1.844,79	3.785,85		6.708,56	5.871,42
Oktober	1	4.585,62	3.292,63		4.645,64	4.950,20
	2	4.316,93	3.262,66		4.369,87	4.321,69
	3	3.004,07	3.177,99		4.242,64	3.750,72
	4		4.981,69		3.423,16	5.230,60
November	1		2.059,84		1.925,18	4.810,35
	2		2.213,52			4.780,41
	3		2.402,54			4.893,16
	4		3.656,22			3.308,60
Desember	1		3.679,32			
	2		4.727,03			
	3		858,67			

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan tidak konstan dari waktu ke waktu melainkan bersifat fluktuatif. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tentang variabel-variabel yang mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂. Hal tersebut penting dilakukan agar perusahaan dapat mengetahui penyebab

tingginya emisi CO₂ sekaligus perusahaan dapat merumuskan strategi agar dapat mengurangi emisi CO₂ yang dihasilkan pada aktivitas rantai pasok, sebagai bentuk kepedulian terhadap lingkungan. Gambar 4.1 merupakan grafik total emisi CO₂ tahun 2009-2013.



Gambar 4.1 Pengeluaran total emisi CO₂ pada periode giling tahun 2009-2013

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa total emisi CO₂ pada periode giling tahun tahun 2009-2013 sempat mencapai titik 132.618 ton CO₂ yakni pada tahun 2013. Apabila dibandingkan dengan produk yang dihasilkan maka rata-rata emisi yang dikeluarkan untuk 1 Kg gula pada tahun 2009 adalah sebesar 3,47 kg CO₂, 4,23 Kg CO₂ untuk tahun 2010, 3,53 Kg CO₂ untuk tahun 2011, 3,12 Kg CO₂ untuk tahun 2012, dan 2,87 Kg CO₂ pada tahun 2013. Sehingga dapat disimpulkan selama lima tahun pada masa giling emisi CO₂ terendah dihasilkan pada tahun 2013 yakni 2,87 kg CO₂ per satu kg gula.

Apabila dikelompokkan kedalam aktivitas penyusunnya, setiap aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂ menyumbangkan emisi CO₂ dalam jumlah yang berbeda-beda. Aktivitas yang paling banyak menyumbangkan emisi adalah aktivitas

pembakaran pada mesin boiler. Tabel 4.37 menunjukkan proporsi pengeluaran emisi CO₂ dari masing-masing aktivitas:

Tabel 4.37 Proporsi (%) pengeluaran emisi CO₂ berdasarkan aktivitas

Aktivitas	Tahun				
	2009	2010	2011	2012	2013
Transportasi bahan baku tebu	6.98	6.86	5.22	5.65	5.54
Transportasi plastik dan karung	0.0028	0.0033	0.0021	0.0016	0.0036
Pengangkutan tebu menggunakan Lori	0.082	0.08	0.07	0.08	0.08
Pembakaran di Boiler	92.74	92.80	94.47	93.99	94.06
Penggunaan energi listrik PLN	0.15	0.20	0.14	0.17	0.17
Transportasi Distribusi Gula	0.035	0.06	0.09	0.11	0.15
Total	100	100	100	100	100

4.6 Analisis Regresi Total Emisi CO₂

Dari data yang diperoleh jumlah tebu yang digiling setiap harinya bervariasi, hal ini kemudian memunculkan hipotesis bahwa fluktuasi jumlah tebu yang diiling (X_1) dapat menyebabkan variasi dalam kebutuhan sumberdaya dan energi yang digunakan untuk mengolah tebu. Hipotesis tersebut juga didukung oleh (Mintaroem, 2003) yang menyatakan dalam penelitiannya bahwa ketersediaan bahan baku berpengaruh positif terhadap jumlah produksi. Jumlah produksi sangat berkaitan erat dengan penggunaan energi, sedangkan penggunaan energi merupakan variabel yang berpengaruh terhadap emisi CO₂ (Zhang & Cheng, 2009).

Selain itu PG Madukismo juga memiliki banyak pemasok yang tersebar diberbagai kota, setiap harinya pada masa giling tebu datang truk-truk pengantar tebu yang bervariasi jumlah dan asal supliernya. Hal ini juga kemudian memunculkan hipotesis bahwa jarak tempuh yang dilalui truk pengantar tebu (X_2) dapat mempengaruhi total emisi CO₂, seperti halnya yang dikemukakan oleh HM, Ramada

(2013) bahwa semakin jauh jarak tempuh yang telah dilalui kendaraan maka semakin meningkat konsentrasi karbon dioksida yang dihasilkan.

Sedangkan sebagai penyumbang emisi terbesar, aktivitas pembakaran pada mesin boiler dipengaruhi oleh efisiensi mesinnya. Dengan begitu muncullah hipotesis pengaruh efisiensi mesin boiler (X_3) terhadap total pengeluaran emisi CO_2 . Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian memunculkan tiga hipotesis yang akan diuji, yakni :

1. Pengaruh variabel jumlah tebu yang digiling (X_1) terhadap pengeluaran emisi CO_2 (Y)
2. Pengaruh variabel efisiensi mesin boiler (X_2) terhadap pengeluaran emisi CO_2 (Y)
3. Pengaruh variabel jarak tempuh truk pengantar tebu (X_3) terhadap pengeluaran emisi CO_2 (Y).

Seluruh hipotesis akan dianalisis menggunakan metode analisis regresi linier berganda, metode ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel independen terhadap variabel dependen baik secara individu maupun bersamaan. Tabel 4.38 berisi data variabel dependen dan tiga variabel independen yang akan dilakukan pengujian regresi linear berganda:

Tabel 4.38 Input data uji regresi linear berganda

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi CO_2 (Ton)	Jumlah Tebu (Ton)	Efisiensi	Jarak (Km)
2009	Mei	1	3.722	14.322	0,65	490.874
		2	5.512	22.025	0,65	681.287
		3	5.868	23.243	0,65	713.068
		4	7.589	29.903	0,65	898.173
	Juni	1	4.618	20.404	0,75	490.504
		2	4.269	18.854	0,75	581.867

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi CO ₂ (Ton)	Jumlah Tebu (Ton)	Efisiensi	Jarak (Km)
		3	4.707	21.728	0,75	627.229
		4	5.904	27.787	0,75	801.131
	Juli	1	4.720	21.618	0,75	599.951
		2	4.118	19.179	0,75	567.527
		3	4.693	23.260	0,75	659.128
		4	6.552	32.516	0,75	910.251
	Agustus	1	4.644	22.933	0,75	646.186
		2	4.597	22.870	0,75	599.982
		3	3.786	17.561	0,75	497.870
		4	6.688	32.231	0,75	1.048.898
	September	1	5.050	22.845	0,7	718.680
		2	4.975	23.058	0,7	658.597
		3	1.301	6.207	0,7	108.507
		4	1.845	7.546	0,7	301.382
	Oktober	1	4.586	19.558	0,65	568.675
		2	4.317	17.213	0,65	533.380
		3	3.004	11.146	0,65	312.221
2010	Mei	2	1.799	6.454	0,7	311.609
		3	4.569	19.932	0,7	612.045
		4	7.032	29.651	0,7	789.032
	Juni	1	4.319	16.228	0,65	548.148
		2	4.917	18.830	0,65	556.611
		3	4.722	18.385	0,65	552.856
		4	6.265	25.448	0,65	766.590
	Juli	1	4.031	17.391	0,7	577.807
		2	4.656	20.022	0,7	587.836
		3	4.760	20.563	0,7	684.275
		4	6.690	30.574	0,7	1.013.306
	Agustus	1	5.740	23.003	0,6	705.038
		2	5.774	23.043	0,6	714.089
		3	5.626	22.448	0,6	723.184
		4	8.661	33.599	0,6	1.035.337
	September	1	3.834	18.778	0,75	433.458
		3	2.218	10.109	0,75	394.114
		4	3.786	18.515	0,75	582.893
	Oktober	1	3.293	13.621	0,65	418.902
		2	3.263	14.240	0,65	215.693
		3	3.178	12.603	0,65	362.287
		4	4.982	19.220	0,65	578.239
	November	1	2.060	9.962	0,75	355.581
		2	2.214	10.970	0,75	295.925

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi CO ₂ (Ton)	Jumlah Tebu (Ton)	Efisiensi	Jarak (Km)
		3	2.403	11.958	0,75	303.712
		4	3.656	17.912	0,75	576.019
	Desember	1	3.679	15.582	0,65	597.088
		2	4.727	20.519	0,65	572.943
		3	859	3.856	0,65	37.699
2011	Mei	1	3.944	14.478	0,65	358.549
		2	5.493	23.707	0,65	526.397
		3	5.579	24.318	0,65	605.480
		4	7.858	34.093	0,65	835.870
	Juni	1	5.264	22.724	0,65	576.717
		2	5.612	23.974	0,65	511.651
		3	5.620	24.019	0,65	591.780
		4	7.010	30.675	0,65	769.297
	Juli	1	5.573	23.945	0,65	545.334
		2	5.537	24.146	0,65	621.856
		3	5.455	23.733	0,65	607.535
		4	7.691	33.836	0,65	722.717
	Agustus	1	4.958	21.548	0,65	491.003
		2	5.087	22.054	0,65	488.631
		3	4.484	19.639	0,65	395.326
		4	2.409	9.276	0,65	139.887
	September	1	421	1.206	0,65	90.881
		2	4.892	19.507	0,65	337.451
		3	4.276	18.364	0,65	288.435
2012	Mei	2	2.063	7.153	0,65	316.965
		3	5.384	22.587	0,65	552.612
		4	7.957	34.644	0,65	939.311
	Juni	1	5.211	23.878	0,7	621.122
		2	4.604	21.306	0,7	423.847
		3	4.172	17.719	0,7	407.426
		4	6.049	25.541	0,7	625.790
	Juli	1	4.654	22.871	0,75	576.813
		2	4.930	23.744	0,75	643.579
		3	4.813	24.171	0,75	555.959
		4	6.957	34.606	0,75	936.956
	Agustus	1	4.899	24.663	0,75	549.952
		2	4.790	24.316	0,75	466.937
		3	349	1.816	0,75	310
		4	3.413	16.566	0,75	538.153
	September	1	5.504	24.091	0,65	596.769
		2	5.485	24.260	0,65	497.404

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi CO ₂ (Ton)	Jumlah Tebu (Ton)	Efisiensi	Jarak (Km)
		3	5.449	24.148	0,65	472.168
		4	6.709	29.684	0,65	604.758
	Oktober	1	4.646	22.108	0,7	417.101
		2	4.370	20.879	0,7	360.860
		3	4.243	20.443	0,7	282.384
		4	3.423	16.018	0,7	383.056
	November	1	1.925	9.236	0,7	86.650
2013	Mei	1	4.007	17.663	0,7	525.486
		2	4.891	23.001	0,7	539.825
		3	4.820	21.615	0,7	515.487
		4	2.908	11.546	0,7	321.567
	Juni	1	4.454	17.664	0,65	415.320
		2	4.835	18.898	0,65	397.803
		3	4.102	16.537	0,65	407.870
		4	6.263	25.541	0,65	555.131
	Juli	1	5.154	18.643	0,6	383.079
		2	4.643	15.517	0,6	390.122
		3	6.381	23.415	0,6	566.913
		4	8.573	34.969	0,6	794.864
	Agustus	1	2.772	12.244	0,65	156.065
		3	5.118	21.175	0,65	613.661
		4	7.631	33.080	0,65	945.219
	September	1	4.567	22.660	0,75	584.866
		2	4.894	23.741	0,75	646.867
		3	4.687	23.199	0,75	639.834
		4	5.871	28.680	0,75	737.584
	Oktober	1	4.950	23.022	0,70	623.522
		2	4.322	20.129	0,70	526.985
		3	3.751	16.111	0,70	350.763
		4	5.231	21.253	0,70	589.649
	November	1	4.810	19.928	0,65	496.957
		2	4.780	19.961	0,65	524.021
		3	4.893	20.084	0,65	510.231
		4	3.309	14.480,2	0,65	309.848

Namun sebelum melakukan pengujian regresi terhadap hipotesis penelitian, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi klasik yakni uji normalitas, autokorelasi, multikolinieritas dan heteroskedastisitas yang berguna untuk menguji kesalahan model

regresi yang digunakan dalam penelitian. Seluruh asumsi harus terpenuhi sebagai tanda model regresi tidak bias dan dapat digunakan.

4.6.1 Uji Normalitas

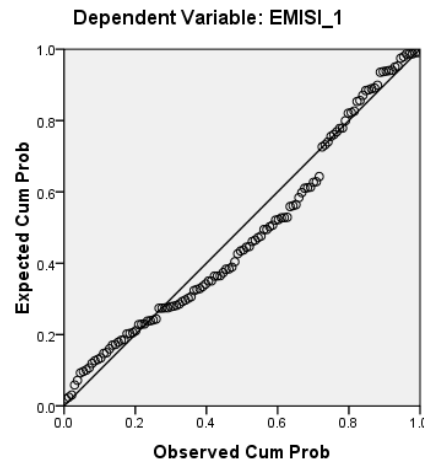
Uji normalitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai residual terdistribusi normal atau tidak. Model regresi yang baik adalah memiliki nilai residual yang terdistribusi normal. Pada uji normalitas ini dilakukan pada nilai residualnya. Dengan pengolahan SPSS 16.0 terlihat hasil uji normalitas seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.39 dan gambar 4.2 :

Tabel 4.39 Hasil uji normalitas

Variabel	Z	P	Keterangan
<i>Unstandardize Residual</i>	1,127	0,158	Normal

Dari tabel 4.39 diketahui bahwa data berdistribusi normal, hal ini diandai dengan nilai Z hitung 1,127 lebih kecil daripada Z tabel 1,960 dan $P\text{-value} = 0,158$, dengan menggunakan *level of significance* $\alpha = 0,05$ berarti pengujian tidak signifikan karena $p\text{-value} = 0,158 > \alpha = 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa data mengikuti distribusi normal. Hal ini juga ditunjukkan oleh gambar 4.3 yang menunjukkan bahwa sebaran data mengikuti garis normal, maka dengan demikian dapat disimpulkan data berdistribusi normal.

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Gambar 4.2 Hasil uji normalitas

4.6.2 Multikolinearitas

Untuk mengetahui apakah ada variabel independen yang dipergunakan dalam penelitian ini mempunyai korelasi maka dilakukan pengujian multikolinearitas. Uji multikolinearitas dilakukan dengan menghitung nilai *variance inflation factor* (VIF) tiap-tiap variabel independen jumlah tebu yang digiling (X_1), efisiensi mesin boiler (X_2), dan jara tempuh truk pengantar tebu (X_3). Multikolinearitas terjadi jika nilai *variance Inflation Factor* (VIF) melebihi 10 maka menunjukkan adanya korelasi antara variabel independennya. Sebaliknya, jika nilai VIF kurang dari 10 menunjukkan bahwa korelasi antar variabel independen masih bisa ditolerir.

Tabel 4.40 Hasil uji multikolinearitas antar variabel independen

Variabel	Tolerance	VIF	Keterangan
X_1	0,225	4,439	Non Multikolinearitas
X_2	0.981	1,019	Non Multikolinearitas
X_3	0,226	4,430	Non Multikolinearitas

Dari tabel 4.40 diketahui bahwa nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) dari masing masing variabel independen tidak memiliki nilai yang lebih dari 10 dan nilai toleransi lebih dari 0.1, sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi dalam penelitian ini tidak mengandung multikolinearitas.

4.6.3 Autokorelasi

Uji Autokorelasi disini dilakukan untuk melihat apakah terjadi korelasi antara suatu periode t dengan periode sebelumnya ($t - 1$). Secara sederhana bahwa analisis regresi adalah untuk melihat pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat, jadi tidak diperbolehnya adanya korelasi antara observasi dengan data observasi sebelumnya

Tabel 4.41 Hasil uji autokorelasi

Durbin-Watson	du	4-du	Keterangan
1,946	1,7552	2,2248	Non Autokorelation

Tabel 4.41 menunjukan nilai durbin-watson sebesar 1,946, nilai ini berada diantara nilai du dan 4-du yang didapatkan dari tabel durbin-watson dan dapat disimpulkan tidak adanya autokorelasi pada model yang diuji.

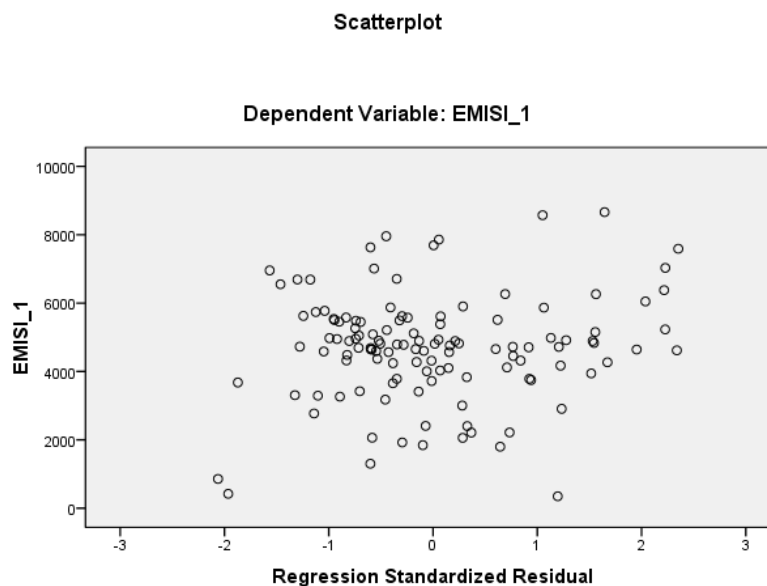
4.6.4 Heteroskedestisitas

Uji heteroskedestisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan varian dari residual suatu pengamatan ke pengamatan lain. Adapun hasil pengujian heteroskedestisitas adalah sebaai berikut:

Tabel 4.42 Hasil uji heteroskedestisitas

Variabel	P	keterangan
X_1	0,465	Non Heteroskedestisitas
X_2	0,270	Non Heteroskedestisitas
X_3	0,453	Non Heteroskedestisitas

Dari uji gleder yang dilakukan untuk mengetahui apakah variabel independen mengalami heteroskedestisitas atau tidak . Hasil uji gleder tersebut menunjukkan p-value untuk masing-masing variabel independen adalah 0,465, 0,270, dan 0,453 nilai ini lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga dapat dikatakan semua variabel independen tidak mengalami heteroskedestisitas. Hal ini juga diperkuat melalui grafik scatterplot yang ditunjukkan gambar 4.4 :



Gambar 4.3 Hasil uji heteroskedesitas

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa tidak ada pola yang jelas, serta titik-titik menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi heteroskedastisitas.

4.7 Pengujian Hipotesis

Dalam pengujian telah digunakan analisis regresi linier berganda yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh tiga variabel independen X_1, X_2 , dan X_3 terhadap variabel dependen Y . Pengujian ini dilakukan menggunakan *software* SPSS 16.0 sebagai alat bantu pengolahan data. Dari pengolahan data didapatkan hasil pengolahan sebagai berikut:

4.7.1 Koefisien Determinasi

Berdasarkan hasil perhitungan dengan bantuan SPSS versi 16 dapat diketahui bahwa nilai R Square yang diperoleh adalah sebesar 0.983 atau 98,3%. Hal tersebut menunjukkan bahwa variabel independen jumlah tebu yang digiling, jarak tempuh truk pengantar tebu, dan efisiensi mesin boiler mempengaruhi total emisi CO₂ sebesar 98,3 % dan sisanya sebesar 1,7 % dipengaruhi oleh faktor lain diluar bahasan ini.

4.7.2 Uji Signifikansi Simultan (Uji Statistik F)

Uji F dilakukan untuk menguji apakah model regresi yang digunakan *fit*, atau dengan kata lain uji ini digunakan untuk melihat bagaimanakah pengaruh semua variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependennya. Tabel 4.43 menunjukkan hasil perhitungan uji F yang telah dilakukan

Tabel 4.43 Hasil uji signifikansi simultan

Variabel	F	P	Keterangan
X_1	2,22	0,000	Signifikan
X_2		0,000	Signifikan

Variabel	F	P	Keterangan
X_3		0,000	Signifikan

Diasumsikan dengan nilai $\alpha=0.05$, jika nilai signifikansi hitung kurang dari alpha maka variabel independen secara bersama-sama berpengaruh terhadap variabel dependen, namun apabila nilai signifikansi hitung kurang dari 0.05 maka variabel independen secara bersama-sama tidak berpengaruh terhadap variabel dependennya. Maka dapat disimpulkan bahwa signifikansi sebesar 0.000 yang ditunjukkan pada tabel 4.43 memiliki arti bahwa semua variabel independen secara bersama-sama berpengaruh terhadap pengeluaran total emisi CO₂.

4.7.3 Uji Signifikansi Parameter Individual (Uji Statistik t)

Hasil analisis mengenai koefisien model regresi adalah seperti yang tercantum dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.44 Hasil uji signifikansi parameter individual

Variabel	Unstandardized Coefficients B	Standardized Coefficients Beta	t	p	Keterangan
Y	5.442,351		18,880	0,000	
X_1	0,192	0,846	33,074	0,000	signifikan
X_2	-7.586,956	-0,228	-18,555	0,000	signifikan
X_3	0,001	0,123	4,793	0,000	signifikan

Dari table 4.44 terlihat bahwa nilai signifikansi variabel X_1 , X_2 , dan X_3 memiliki nilai lebih dari $\alpha = 0,05$ yang berarti variabel-variabel tersebut secara individu berpengaruh secara signifikan. Dengan nilai signifikansi yang lebih dari $\alpha = 0,05$ maka persamaan regresi ini dapat dijadikan sebagai alat prediksi dan estimasi. Berdasarkan tabel 4.44 maka model regresi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + e$$

$$Y = 5.442,351 + 0,192 X_1 - 7.586,959X_2 + 0.001X_3$$

Konstanta a sebesar 5.552,351 memberi pengertian jika variabel jumlah tebu yang digiling, efisiensi mesin boiler dan jarak tempuh truk pengantar tebu konstan atau sama dengan nol (0), maka nilai emisi CO₂ sebesar 5.442,351.

Variabel X_1 yang merupakan koefisien regresi dari variabel Jumlah tebu yang digiling sebesar 0,192 mempunyai arti jika terjadi peningkatan jumlah tebu yang digiling sebesar 1 satuan (Ton), maka akan terjadi peningkatan emisi CO₂ sebesar 0,192 dengan asumsi variabel lainnya konstan atau tetap.

Variabel X_2 yang merupakan koefisien regresi dari variabel efisiensi mesin boiler sebesar -7.586,956 mempunyai arti jika terjadi peningkatan nilai efisiensi boiler sebesar 1 satuan (%), maka akan terjadi penurunan emisi CO₂ sebesar 7.586,956 dengan asumsi variabel lainnya konstan atau tetap.

Variabel X_3 yang merupakan koefisien regresi dari variabel Jarak tempuh truk pengantar tebu sebesar 0,001 mempunyai arti jika terjadi peningkatan nilai jarak tempuh truk pengantar tebu sebesar 1 satuan (km), maka akan terjadi peningkatan emisi CO₂ sebesar 0,001 dengan asumsi variabel lainnya konstan atau tetap.

Persamaan regresi diatas dapat digunakan untuk melakukan prediksi ketika nilai variabel-variabel independennya diketahui. Dibawah ini merupakan tabel emisi CO₂ hasil perhitungan dengan emisi prediksi saat nilai variabel-variabel independennya konstan atau sama. Tabel 4.45 merupakan perbandingan antara pengeluaran emisi CO₂ dengan prediksi pengeluaran emisi CO₂ yang menggunakan persamaan regresi yang dihasilkan.

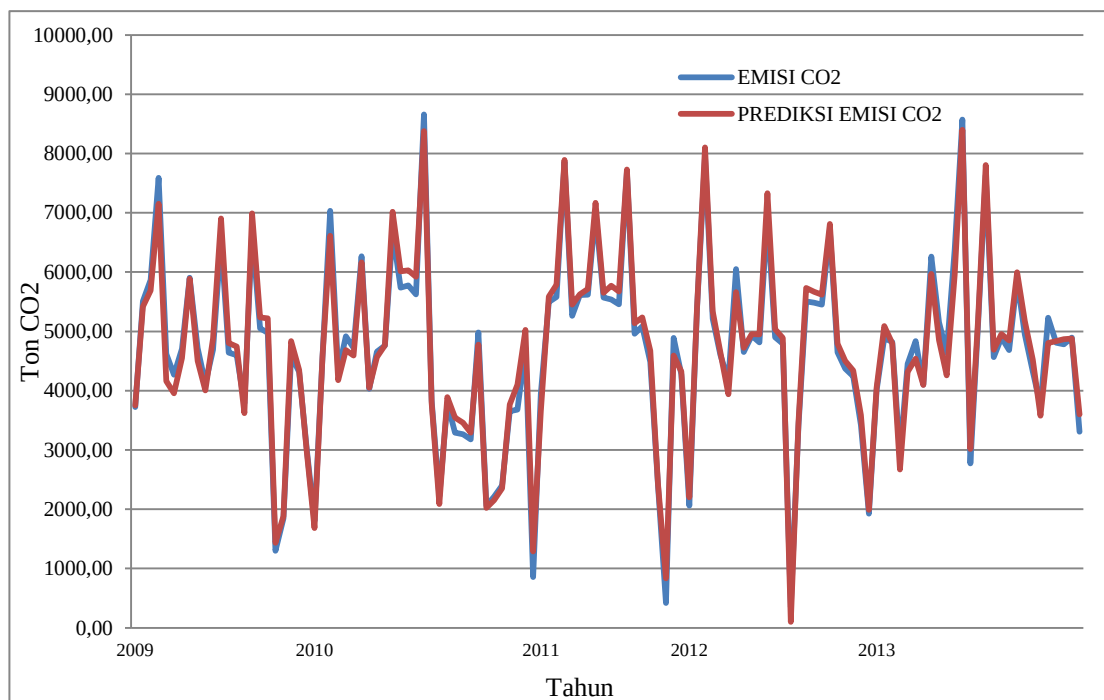
Tabel 4.45 Hasil prediksi menggunakan persamaan regresi linear

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi	Prediksi
2009	Mei	1	3721.86	3751.57
		2	5512.21	5420.90
		3	5868.04	5686.63
		4	7589.04	7150.28
	Juni	1	4618.11	4160.26
		2	4268.63	3953.95
		3	4706.85	4551.16
		4	5903.60	5888.39
	Juli	1	4719.74	4502.80
		2	4117.54	4002.03
		3	4692.52	4877.26
		4	6552.40	6905.38
	Agustus	1	4643.63	4801.47
		2	4597.45	4743.21
		3	3785.72	3621.77
		4	6688.45	6989.38
	September	1	5050.18	5236.42
		2	4975.43	5217.25
		3	1301.39	1431.67
		4	1844.79	1881.62
	Oktober	1	4585.62	4834.70
		2	4316.93	4349.01
		3	3004.07	2963.04
2010	Mei	2	1799.07	1682.34
		3	4569.47	4570.43
		4	7031.63	6613.58
	Juni	1	4318.63	4174.81
		2	4916.97	4682.88
		3	4721.58	4593.53
		4	6264.90	6163.38
	Juli	1	4031.32	4048.32
		2	4655.82	4563.48
		3	4759.69	4763.89
		4	6689.55	7014.94
	Agustus	1	5739.83	6011.75
		2	5773.56	6028.46
		3	5626.46	5923.38
		4	8660.97	8376.43
	September	1	3834.13	3790.89

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi	Prediksi
		3	2218.46	2087.12
		4	3785.85	3889.87
	Oktober	1	3292.63	3544.87
		2	3262.66	3460.58
		3	3177.99	3292.84
		4	4981.69	4779.37
	November	1	2059.84	2020.46
		2	2213.52	2154.36
		3	2402.54	2351.86
		4	3656.22	3767.30
	Desember	1	3679.32	4099.64
		2	4727.03	5023.34
		3	858.67	1288.80
2011	Mei	1	3943.92	3649.08
		2	5492.82	5588.95
		3	5579.18	5785.35
		4	7858.17	7892.54
	Juni	1	5264.16	5450.54
		2	5612.22	5625.39
		3	5619.92	5714.18
		4	7010.18	7169.65
	Juli	1	5572.78	5653.53
		2	5537.19	5768.79
		3	5455.00	5675.08
		4	7691.35	7729.96
	Agustus	1	4958.40	5139.05
		2	5087.16	5233.87
		3	4483.78	4676.77
		4	2409.07	2431.73
	September	1	421.15	833.30
		2	4891.63	4593.64
		3	4276.00	4325.08
2012	Mei	2	2062.54	2201.07
		3	5383.91	5400.11
		4	7956.78	8101.77
	Juni	1	5211.45	5337.14
		2	4604.33	4646.04
		3	4172.30	3940.92
		4	6049.23	5661.14
	Juli	1	4653.76	4720.08
		2	4929.77	4954.52

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi	Prediksi
		3	4812.61	4948.83
		4	6957.41	7333.44
	Agustus	1	4899.12	5037.34
		2	4790.37	4887.70
		3	349.03	101.19
		4	3413.12	3470.90
	September	1	5503.64	5732.97
		2	5485.27	5666.19
		3	5448.96	5619.36
		4	6708.56	6814.82
	Oktober	1	4645.64	4793.28
		2	4369.87	4501.13
		3	4242.64	4338.88
		4	3423.16	3589.90
	November	1	1925.18	1991.37
2013	Mei	1	4006.75	4048.26
		2	4890.92	5087.42
		3	4819.69	4796.95
		4	2908.04	2669.94
	Juni	1	4453.69	4317.66
		2	4835.08	4537.01
		3	4102.11	4093.73
		4	6262.97	5969.83
	Juli	1	5154.40	4852.77
		2	4642.89	4259.62
		3	6381.24	5952.67
		4	8573.20	8399.03
	Agustus	1	2772.20	3017.69
		3	5118.11	5190.05
		4	7631.17	7807.33
	September	1	4567.46	4687.80
		2	4894.06	4957.18
		3	4687.09	4846.16
		4	5871.42	5996.28
	Oktober	1	4950.20	5175.15
		2	4321.69	4523.25
		3	3750.72	3575.48
		4	5230.60	4801.76
	November	1	4810.35	4833.92
		2	4780.41	4867.29
		3	4893.16	4877.13

Tahun	Bulan	Minggu	Emisi	Prediksi
		4	3308.60	3600.88



Gambar 4.4 Perbandingan nilai emisi CO₂ dengan hasil prediksi

BAB V

PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan diskusi terhadap hasil analisis yang sesuai dengan tujuan dari penelitian yakni sebagai berikut:

5.1 Analisis Pengeluaran Emisi CO₂ dari Aktivitas Rantai Pasok Gula di PG Madukismo

Perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dalam aktivitas rantai pasok gula di PG Madukismo menggunakan model perhitungan emisi karbon dari IPCC 2006. IPCC merupakan panel antar pemerintah untuk perubahan iklim yang telah disepakati oleh negara-negara di dunia. Dalam model perhitungan tersebut emisi CO₂ dihitung berdasarkan konsumsi energi, sebab dalam penggunaan energi telah terjadi proses pembakaran yang dapat menghasilkan emisi CO₂.

Sebelum dilakukan perhitungan emisi CO₂ terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap aktivitas pada rantai pasok gula di PG Madukismo yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Didapatkan enam aktivitas pada kegiatan rantai pasok gula yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Aktivitas-aktivitas tersebut adalah transportasi bahan baku tebu dari pemasok, transportasi karung dan plastik dari pemasok, pengangkutan tebu menggunakan lori, pembakaran pada mesin boiler, penggunaan energi listrik PLN, dan transportasi distribusi gula.

Sebagai negara berkembang yang termasuk kedalam negara non-Annex 1 perhitungan emisi CO₂ di Indonesia dilakukan menggunakan Tier-1, yaitu merupakan

perhitungan yang berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi. Karena keterbatasan data dan tingkat kemajuan di Indonesia dalam hal penelitian emisi CO₂, maka data faktor emisi menggunakan data faktor emisi *default* IPCC 2006.

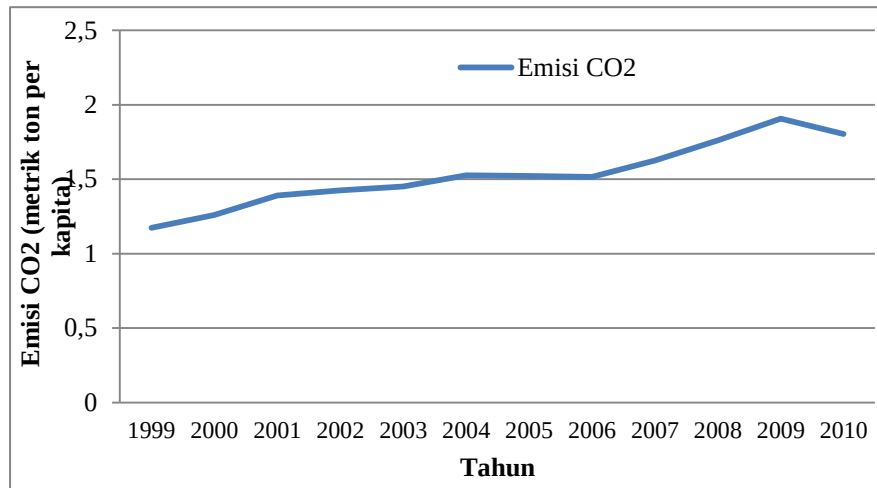
Data penggunaan bahan bakar diperlukan untuk menghitung konsumsi energi dalam aktivitas-aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Data konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam enam aktivitas tersebut didapatkan dari data milik bagian terbang dan angkut, bagian instalasi, bagian gudang pusat, bagian remis dan bagian kendaraan.

Dengan menggunakan persamaan (3.2), (3.3), (3.4), dan (3.5) didapatkan hasil perhitungan total emisi CO₂ pada aktivitas rantai pasok tahun 2009 sebesar 107.064 ton CO₂, tahun 2010 sebesar 123.710 ton CO₂, tahun 2011 sebesar 97.164 ton CO₂, tahun 2012 sebesar 111.999 ton CO₂ dan tahun 2013 sebesar 132.618 ton CO₂. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan tidak konstan dari waktu ke waktu melainkan bersifat fluktuatif.

5.1.1 Emisi CO₂ di Indonesia

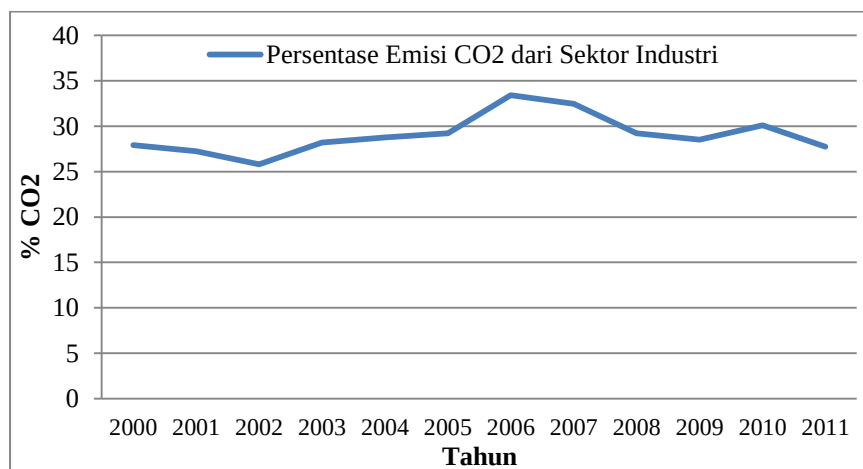
Data world bank (2014) menunjukkan bahwa kontribusi emisi CO₂ Indonesia adalah sebesar 1,8 metrik ton per kapita pada tahun 2010, angka ini masih lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata pengeluaran emisi CO₂ dunia yakni sebesar 4,943 metrik ton per kapita. Namun bila dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya Indonesia terus mengalami peningkatan jumlah emisi CO₂. Pada tahun 1999 tercatat emisi CO₂ Indonesia adalah sebesar 1,175 metrik ton per kapita dan naik pada tahun berikutnya menjadi 1,260 metrik ton per kapita dan terus mengalami kenaikan hingga

mencapai angka 1.80 metrik ton per kapita pada tahun 2010. Gambar 5.1 menunjukkan laju pertumbuhan emisi CO₂ di Indonesia:



Gambar 5.1 laju pertumbuhan emisi CO₂ di Indonesia

Sektor industri merupakan salah satu penyumbang emisi CO₂ yang besar di Indonesia, sektor ini telah menyumbangkan 27,74% emisi CO₂ pada tahun 2011 yang berasal dari pembakaran bahan bakar (World Bank, 2014). Gambar 5.2 menunjukkan persentase sumbangan emisi CO₂ dari sektor industri.



Gambar 5.2 Persentase sumbangan emisi CO₂ dari sektor industri di Indonesia

Fluktuasi persentase sumbangan emisi CO₂ dari sektor industri dipengaruhi oleh pertumbuhan industri di Indonesia. Pada tahun 2011 sektor industri telah menyumbangkan emisi CO₂ sebesar 118,12 juta metrik ton, dan diperkirakan akan terus mengalami peningkatan (World Bank, 2014). Dengan asumsi nilai emisi CO₂ sektor industri Indonesia adalah 118,12 juta metrik ton maka dapat dikatakan bahwa PG Madukismo sebagai salah satu industri di Indonesia turut menyumbangkan emisi CO₂ sebesar 0,082% pada tahun 2011.

Namun angka ini diproyeksikan akan terus bertambah, sebab diperkirakan pertumbuhan produksi gula mencapai 6% pertahunnya (Dep.Perindustrian, 2009). Selain itu juga pemerintah telah memiliki program jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang yang dirancang agar Indonesia dapat menjadi menjadi negara swasembada gula pada tahun 2008-2014, menjadi negara pengekspor gula pada tahun 2015-2020, dan dapat menjadi produsen gula pemasok bagi negara-negara di Asia Pasifik pada tahun 2020-2025. Dengan kebutuhan konsumsi gula nasional yang juga tinggi, pemerintah saat ini terus berupaya untuk menambah pabrik gula agar angka impor gula dapat ditekan. Oleh karena itu PG Madukismo sebagai salah satu produsen gula berpotensi lebih banyak menyumbangkan emisi CO₂ ditahun-tahun mendatang.

5.1.2 Dampak Emisi CO₂

Adanya program pemerintah tersebut dapat meningkatkan emisi CO₂ yang dihasilkan PG Madukismo pada tahun-tahun kedepan. Dengan semakin meningkatnya emisi CO₂ yang dihasilkan akan memberikan dampak buruk bagi masyarakat sekitar dan lingkungan. Beberapa dampak yang akan ditimbulkan antara lain adalah:

1. Dampak lokal berupa gangguan kesehatan bagi masyarakat di sekitar PG Madukismo
2. Dampak regional yakni menjadi pemicu hujan asam
3. Dampak global yakni memperburuk fenomena *global warming*

Gangguan kesehatan yang dapat ditimbulkan dari emisi CO₂ berupa gangguan pernapasan, gangguan fungsi otak, dll. Bahkan (Bappenas, 2007) menyatakan bahwa kualitas udara yang terdegradasi menyebabkan masyarakat mengalokasikan proporsi yang lebih besar dari pendapatannya untuk biaya perawatan kesehatan. Dan parahnya Indonesia dapat dirugikan lebih dari 400 juta dolar setiap tahunnya karena polusi udara (WB, Fuel Paper, 2007).

5.1.3 Langkah Pengurangan Emisi CO₂

Kyoto protokol merupakan kesepakatan antar negara maju sebagai bentuk perhatian terhadap perubahan iklim. Kesepakatan ini berisi langkah kongkrit yang dilakukan untuk menurunkan emisi karbon, seperti *Join Implementation*, *Emission Trading*, dan *Clean Development Mechanism* (CDM).

Join Implementation merupakan mekanisme penurunan emisi dimana negara-negara Annex-1 (maju) dapat mengalihkn pengurangan emisi melalui proyek bersama dengan tujuan mengurangi emisi. *Emission Trading* merupakan mekanisme perdagangan emisi yang hanya dapat dilakukan antar negara industri untuk memudahkan pencapaian target penurunan emisi karbon. Sedangkan CDM merupakan program investasi pengurangan emisi atau program yang berpotensi mengurangi emisi dan menyerap emisi karbon di negara berkembang. Hasil pengurangan emisi tersebut

akan dihitung sebagai pengurangan emisi di Negara Anex 1 yang melakukan program investasi.

Namun dalam skala industri khususnya PG Madukismo, pengurangan emisi karbon dapat dilakukan dengan mulai menerapkan konsep ramah lingkungan dalam proses bisnisnya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengukur emisi CO₂ yang dihasilkan oleh perusahaan, mengevaluasi penggunaan energi, dan menentukan target penurunan emisi CO₂. Dari hasil penelitian diketahui tingginya energi yang digunakan di PG Madukismo dalam proses produksinya telah menyumbangkan emisi CO₂ yang besar. Oleh karena itu kedepannya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan teknologi membran sebagai salah satu alat pemisah yang dapat digunakan pada proses klarifikasi nira tebu.

Teknologi membran ini memiliki beberapa kelebihan salah satunya adalah mampu mengurangi kadar air dalam nira secara signifikan dibandingkan dengan metode yang digunakan di PG Madukismo saat ini. Hilangnya kadar air dalam nira secara signifikan tersebut sehingga berdampak kepada kebutuhan energi yang lebih rendah. Dengan adanya pengurangan penggunaan energi maka sumbangan emisi CO₂ dapat berkurang, sehingga pada proses produksinya akan lebih ramah lingkungan.

5.2 Menganalisis Variabel-Variabel yang Mempengaruhi Pengeluaran Emisi CO₂

Perhitungan total emisi CO₂ menunjukkan hasil yang fluktuatif dari waktu ke waktu. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tentang variabel-variabel yang mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂. Hal tersebut penting dilakukan agar perusahaan dapat mengetahui penyebab tingginya emisi CO₂ sekaligus perusahaan dapat merumuskan

strategi agar dapat mengurangi emisi CO₂ yang dihasilkan, sebagai bentuk kepedulian terhadap lingkungan.

Analisis terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ dilakukan melalui berbagai cara, seperti wawancara kepada karyawan PG Madukismo, pengamatan langsung, dan kajian literatur. Setelah melakukan wawancara, pengamatan langsung dan kajian literatur didapatkan tiga variabel yang dapat mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ yakni jumlah tebu yang digiling, efisiensi mesin *boiler*, dan jarak tempuh truk pengantar tebu.

Untuk mengetahui apakah tiga variabel tersebut memiliki pengaruh terhadap pengeluaran emisi CO₂ maka dilakukan analisis regresi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari suatu variabel independen terhadap variabel dependennya. Setelah melihat pola data yang ada terlihat bahwa hipotesis yang akan diuji bersifat linier, sehingga dilakukan analisis regresi linier. Namun sebelum melakukan pengujian regresi terhadap hipotesis penelitian, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi klasik yakni uji normalitas, autokorelasi, multikolinieritas dan heteroskedastisitas yang berguna untuk menguji kesalahan model regresi yang digunakan dalam penelitian.

Dari hasil pengujian asumsi klasik didapatkan hasil bahwa semua asumsi terpenuhi dan menunjukkan bahwa tidak terjadi kesalahan model regresi yang digunakan dalam penelitian. Dari analisis regresi linier diketahui bahwa semua variabel independent berpengaruh secara signifikan terhadap emisi CO₂ baik secara individu ataupun bersama-sama. Dari uji koefisien determinasi diketahui nilai *R square* sebesar 0,983. Karena semua variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan maka persamaan regresi dapat digunakan sebagai alat prediksi. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Y = 5.442,351 + 0,192 X_1 - 7.586,959X_2 + 0.001X_3$$

5.2.1 Pengaruh Variabel Jumlah Tebu Yang Digiling Terhadap Pengeluaran Emisi CO₂

Kebutuhan energi dalam proses produksi salah satunya dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku dan jumlah bahan baku yang diolah. Semakin banyak bahan baku yang diolah maka menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat. Hal tersebut berlaku juga pada proses produksi di PG Madukismo, semakin banyak jumlah tebu yang digiling akan menyebabkan kebutuhan energi semakin besar, sehingga menyebabkan emisi CO₂ yang dihasilkan juga semakin banyak. Hal tersebut terbukti dari hasil analisis regresi linier berganda pada tabel 4.44 yang menunjukkan nilai yang signifikan dari variabel jumlah tebu yang digiling terhadap pengeluaran emisi CO₂.

Potensi penurunan emisi CO₂ dari keadaan ini adalah dengan mengoptimalkan jadwal produksi dari sisi lingkungan dan ekonomi sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan tidak terlalu tinggi. Hal ini penting dilakukan jika pemerintah Indonesia kedepannya telah memiliki kebijakan batasan emisi karbon yang boleh dikeluarkan perusahaan, sehingga PG Madukismo tidak perlu membayarkan denda atas kelebihan emisi CO₂ yang dihasilkannya.

Cara lain untuk mengurangi pengeluaran emisi CO₂ adalah dengan melakukan perawatan atau *maintenance* mesin produksi secara teratur. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan nilai efisiensi mesin-mesin produksi sehingga dapat menghemat penggunaan energi dalam proses produksi.

5.2.2 Pengaruh Variabel Efisiensi Mesin Boiler Terhadap Pengeluaran Emisi CO₂

Efisiensi mesin mengacu pada kemampuan mesin untuk mengubah energi yang tersedia dari bahan bakar menjadi tenaga gerak yang berguna. Sedangkan efisiensi mesin boiler adalah kemampuan mesin dalam mengubah energi hasil pembakaran bagasse, kayu, dan MFO sebagai bahan bakar dalam menghasilkan uap.

Semakin tinggi nilai persentase efisiensi mesin boiler menandakan mesin dapat mengubah energi bahan bakar lebih baik dibandingkan jika nilai persentase efisiensinya rendah. Secara sederhana efisiensi mesin boiler dapat diketahui nilainya dengan persamaan $(\text{nilai output}/\text{nilai input}) \times 100\%$. Oleh sebab itu variabel efisiensi mesin boiler dapat mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar bagasse, kayu, dan MFO. Kebutuhan bahan bakar inilah yang berpengaruh terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan.

Variabel efisiensi mesin boiler telah terbukti berpengaruh terhadap pengeluaran emisi CO₂ di PG Madukismo dengan nilai signifikansi uji t dan F sebesar 0,000 pada uji regresi linier berganda yang telah dilakukan. PG Madukismo dapat mengurangi emisi CO₂ salah satunya dengan cara menaikkan nilai efisiensi mesin boiler. Nilai efisiensi mesin boiler dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, diantara adalah dengan melakukan perbaikan mesin secara berkala, mengatur agar *Flue Gas* (gas buang) tidak terlalu tinggi, menghindari suplai O₂ yang berlebihan atau kurang, dan selalu melakukan pengecekan terhadap mutu bahan bakar.

5.2.3 Pengaruh Variabel Jarak Tempuh Truk Pengantar Tebu Terhadap Pengeluaran Emisi CO₂

Dalam aktivitas transportasi telah terjadi pembakaran bahan bakar yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Emisi CO₂ dari proses pembakaran tersebut dapat diperkirakan melalui jarak tempuh kendaraan. Semakin jauh jarak tempuh tentunya bahan bakar yang dibutuhkan akan semakin banyak (Johansson, 1994), penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Sundarakani et al., 2010) menyatakan bahwa tingkat emisi karbon logistik tergantung pada jenis transportasi, pemilihan bahan bakar yang digunakan, dan jarak tempuhnya. Hal serupa juga dikemukakan oleh (HM, Ramada, 2013) yang menyatakan pengaruh jarak tempuh terhadap emisi CO₂ adalah signifikan.

Semakin jauh jarak pemasok maka akan semakin meningkatkan potensi pengeluaran emisi CO₂ dari aktivitas transportasinya. Oleh sebab itu sebagai perusahaan yang sangat berantung pada ketersediaan bahan baku dari pemasok, PG Madukismo dapat melakukan sosialisasi terhadap pemasok untuk memanfaatkan kapasitas kendaraan dengan maksimal dan menghimbau penggunaan truk dengan kapasitas lebih besar untuk meminimalisir jumlah truk dari asal pemasok yang sama.

Potensi pengurangan emisi CO₂ juga dapat dilakukan dengan memperluas cakupan penelitian sampai ke proses tebang tebu di lahan. Saat ini telah tersedia alat pemerah nira yang dapat digunakan oleh pemasok tebu untuk pemerah nira langsung di lahan. Pemerahan nira langsung di lahan membuat pemasok nantinya tidak lagi mengirim bahan baku dalam bentuk tanaman melainkan dalam bentuk cairan nira hasil perahan. PG Madukismo dapat memfasilitasi sebagian pemasok agar melakukan pemerahan langsung di lahan setelah tebu ditebang. Sehingga nantinya pemasok dapat mengurangi intensitas transportasi bahan baku karena kuantitas nira yang dikirim

lebih sedikit dibandingkan dengan kuantitas tebu dalam bentuk tanaman. Sehingga emisi CO₂ dari aktivitas transportasi bahan baku tebu dapat berkurang.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mempresentasikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dan saran untuk penelitian kedepannya sebagai berikut:

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis terhadap jejak emisi CO₂ pada aktivitas rantai pasok di PG Madukismo maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Total Emisi CO₂ yang dihasilkan pada aktivitas rantai pasok gula di PG Madukismo pada masa giling tahun 2009-2013 berturut-turut adalah sebesar 107.064 ton CO₂, 123.710 ton CO₂, 97.164 ton CO₂, 111.999 ton CO₂ dan 132.618 ton CO₂.
2. Terdapat tiga variabel yang diidentifikasi mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ yakni jumlah tebu yang digiling, efisiensi mesin boiler, dan jarak tempuh truk pengantar tebu. Ketiga variabel tersebut terbukti mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ pada aktivitas rantai pasok gula di PG Madukismo dari uji regresi linier berganda yang telah dilakukan.

6.2 Saran

Pada penelitian ini telah diperoleh pengeluaran emisi CO₂ yang berasal dari 6 aktivitas yang dianggap berpotensi menghasilkan emisi CO₂ pada aktivitas rantai pasok gula. Selain itu telah diketahui tiga variabel yang dapat mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂. Beberapa rekomendasi yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Dilakukan perhitungan emisi CO₂ pada aktivitas-aktivitas lain yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂ seperti tebang tebu di lahan, pengelolaan limbah, perjalanan bisnis karyawan, dan lain nya.
2. Menganalisis variabel lain yang dapat mempengaruhi pengeluaran emisi CO₂ untuk meningkatkan nilai *r square* model yang diuji.
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan teknologi membran sebagai langkah peningkatan efisiensi penggunaan energi sekaligus peningkatan kualitas gula.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbostancı, E., Tunç, G. İ., & Türüt-Aşık, S. (2011). CO₂ emissions of Turkish manufacturing industry: A decomposition analysis. *Applied Energy*, 88(6), 2273–2278. doi:10.1016/j.apenergy.2010.12.076
- Baareh, A. K. (2013). Solving the Carbon Dioxide Emission Estimation Problem : An Artificial Neural Network Model, 2013(July), 338–342
- Bappenas. (2007). *Analisis lingkungan sumber daya alam Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Bappenas.
- Bonini, S. M. J., & Oppenheim, J. M. (2008). Helping “ green ” products grow, (October).
- Carbontrust. (2006). Carbon footprint in supply chain: the next step for business. Dipetik Agustus 9, 2014, dari [/http:// teenet.tei.or.th /Knowledge /Paper /carbonfootprint in supply chain.pdf](http://teenet.tei.or.th/Knowledge/Paper/carbonfootprint%20in%20supply%20chain.pdf)
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. (2014). Dipetik Agustus 17, 2014, dari <http://dnpi.go.id/portal/en/berita/berita-terbaru/428-4th-indonesia-climate-change-education-forum-expo>
- Hartono. (2008). *SPSS 16.0 Analisis Data Statistika dan Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- HM, Ramada. (2013). Pengaruh Jarak Tempuh Dan Kondisi Topografi Jalan Yang Dilewati Kendaraan Bermotor Roda Empat Terhadap Konsentrasi Emisi Hidrokarbon (Hc) Dan Karbon Dioksida (CO₂). *ejournal-s1.undip.ac.id*.
- IPPC. (2007). *Climate change 2007. the physical science basis*. Dipetik Agustus 9, 2014, dari [http://www.ipcc. ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf)
- IPCC. (2014). Dipetik Agustus 16, 2014, dari http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf
- Johansson, B. (1994). Strategies for Reducing Emission Of Air Pollutants from the swedish transportation sector.
- Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *Science (New York, N.Y.)*, 302(5651), 1719–23. doi:10.1126/science.1090228
- Kementrian Perindustrian. (2012). *kemenperin*. Dipetik Oktober 10, 2014, dari kemenperin: [http://www.kemenperin.go.id/download/5840/Laporan-Akuntabilitas-Kinerja-Instansi-Pemerintah-\(LAKIP\)-2012](http://www.kemenperin.go.id/download/5840/Laporan-Akuntabilitas-Kinerja-Instansi-Pemerintah-(LAKIP)-2012).
- Kulkarni, S. (2009). *Supply Chain Management*. Tata McGraw-Hill .

- Lee, K.-H., & Cheong, I.-M. (2011). Measuring a carbon footprint and environmental practice: the case of Hyundai Motors Co. (HMC). *Industrial Management & Data Systems*, 111(6), 961–978. doi:10.1108/02635571111144991
- Mintaroem, K. (2003). Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Industri Kecil Di Jawa Timur (Malang dan Batu). *Majalah Ekono-mi* , Tahun XIII. No 2.
- Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. (2013). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production*, 56, 185–198. doi:10.1016/j.jclepro.2011.09.028
- Petit JR, J. J. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* , 399:429–436.
- Pittock, A. (2005). Climate change : turning up the heat. Dalam A. Pittock, *Climate change : turning up the heat*. London: London [etc.] : Earthscan [etc.].
- Population Reference Bureau. (2012). Dipetik October 10, 2014, dari Population Reference Bureau: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2014/2014-world-population-data-sheet/data-sheet.aspx>
- Pujawan, I. N. (2010). *Supply Chain Management*. Guna Widya.
- Simchi-Levi, D. K.-L. (2000). *Designing and managing the supply chain : Concepts, strategies and case studies*. New York: McGraw-Hill.
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, Volume 9, Issue 1, pages 53–80.
- Sundarakani, B., de Souza, R., Goh, M., Wagner, S. M., & Manikandan, S. (2010). Modeling carbon footprints across the supply chain. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 43–50. doi:10.1016/j.ijpe.2010.01.018
- The World Bank. (2014). Dipetik Oktober 10, 2014, dari The World Bank: <http://www.worldbank.org/en/topic/energy/overview#1>
- Tian, M., Peng, C., & Geng, Y. (2011). Energy Use and CO2 Emission Inventories in the Four Municipalities of China. *Energy Procedia*, Volume 5, 2011, Pages 370–376.
- Turban, R. P. (2004). *Supply Chain Management*. Dipetik oktober 10, 2014, dari Supply Chain Management: <http://id.wikipedia.org/>

WB, Fuel Paper. (2007).

World Bank CO₂ Emissions. (2011). Dipetik Agustus 9, 2014, dari <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>

World Bank . (2014). Dipetik Agustus 14, 2014, dari <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>

World Bank. (2014). Dipetik October 10, 2014, dari <http://data.worldbank.org/indicator/EN.CO2.MANF.ZS>

World Bank. (2014). *World Bank*. Dipetik November 9, 2014, dari World Bank: www.worldbank.org

World Bank. (2014). Dipetik Oktober 10, 2014, dari The World Bank: <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>

World Bank (2014) CO₂ emissions metric tons per capita. (t.thn.). Dipetik Agustus 14, 2014, dari <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>

Zhang, X., & Cheng, X. (2009). Energy consumption , carbon emissions , and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), 2706–2712. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.05.011

LAMPIRAN

1. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Kedatangan Tebu Tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	62.322	36×10^{-6}	2,24	74.100	166.250
	3	122.409	36×10^{-6}	4,41	74.100	326.538
	4	157.806	36×10^{-6}	5,68	74.100	420.964
Juni	1	109.630	36×10^{-6}	3,95	74.100	292.448
	2	111.322	36×10^{-6}	4,01	74.100	296.963
	3	110.571	36×10^{-6}	3,98	74.100	294.960
	4	153.318	36×10^{-6}	5,52	74.100	408.991
Juli	1	115.561	36×10^{-6}	4,16	74.100	308.272
	2	117.567	36×10^{-6}	4,23	74.100	313.622
	3	136.855	36×10^{-6}	4,93	74.100	365.074
	4	202.661	36×10^{-6}	7,30	74.100	540.619
Agustus	1	141.008	36×10^{-6}	5,08	74.100	376.152
	2	142.818	36×10^{-6}	5,14	74.100	380.981
	3	144.637	36×10^{-6}	5,21	74.100	385.833
	4	207.067	36×10^{-6}	7,45	74.100	552.373
September	1	86.692	36×10^{-6}	3,12	74.100	231.259
	2	0	36×10^{-6}	0,00	74.100	0
	3	78.823	36×10^{-6}	2,84	74.100	210.268
	4	116.579	36×10^{-6}	4,20	74.100	310.985
Oktober	1	83.780	36×10^{-6}	3,02	74.100	223.493
	2	43.139	36×10^{-6}	1,55	74.100	115.077
	3	72.457	36×10^{-6}	2,61	74.100	193.287
	4	115.648	36×10^{-6}	4,16	74.100	308.502
November	1	71.116	36×10^{-6}	2,56	74.100	189.710
	2	59.185	36×10^{-6}	2,13	74.100	157.882
	3	60.742	36×10^{-6}	2,19	74.100	162.036
	4	115.204	36×10^{-6}	4,15	74.100	307.318
Desember	1	119.418	36×10^{-6}	4,30	74.100	318.558
	2	114.589	36×10^{-6}	4,13	74.100	305.677
	3	7.540	36×10^{-6}	0,27	74.100	20.113

2. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Kedatangan Tebu Tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	71.710	36 x 10 ⁻⁶	2,58	74.100	191293,2
	2	105.279	36 x 10 ⁻⁶	3,79	74.100	280843,1
	3	121.096	36 x 10 ⁻⁶	4,36	74.100	323035,9
	4	167.174	36 x 10 ⁻⁶	6,02	74.100	445953,2
Juni	1	115.343	36 x 10 ⁻⁶	4,15	74.100	307690
	2	102.330	36 x 10 ⁻⁶	3,68	74.100	272976,2
	3	118.356	36 x 10 ⁻⁶	4,26	74.100	315726,4
	4	153.859	36 x 10 ⁻⁶	5,54	74.100	410435,5
Juli	1	109.067	36 x 10 ⁻⁶	3,93	74.100	290946,5
	2	124.371	36 x 10 ⁻⁶	4,48	74.100	331772,8
	3	121.507	36 x 10 ⁻⁶	4,37	74.100	324132,3
	4	144.543	36 x 10 ⁻⁶	5,20	74.100	385583,8
Agustus	1	98.201	36 x 10 ⁻⁶	3,54	74.100	261959,7
	2	97.726	36 x 10 ⁻⁶	3,52	74.100	260694,3
	3	79.065	36 x 10 ⁻⁶	2,85	74.100	210914,5
	4	27.977	36 x 10 ⁻⁶	1,01	74.100	74632,67
September	1	18.176	36 x 10 ⁻⁶	0,65	74.100	48486,87
	2	67.490	36 x 10 ⁻⁶	2,43	74.100	180037
	3	57.687	36 x 10 ⁻⁶	2,08	74.100	153886,1

3. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Kedatangan Tebu Tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	63.393	36 x 10 ⁻⁶	2,28	74.100	169.107
	3	110.522	36 x 10 ⁻⁶	3,98	74.100	294.829
	4	187.862	36 x 10 ⁻⁶	6,76	74.100	501.141
Juni	1	124.224	36 x 10 ⁻⁶	4,47	74.100	331.381
	2	84.769	36 x 10 ⁻⁶	3,05	74.100	226.131

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	3	81.485	36 x 10 ⁻⁶	2,93	74.100	217.370
	4	125.158	36 x 10 ⁻⁶	4,51	74.100	333.871
Juli	1	115.363	36 x 10 ⁻⁶	4,15	74.100	307.741
	2	128.716	36 x 10 ⁻⁶	4,63	74.100	343.362
	3	111.192	36 x 10 ⁻⁶	4,00	74.100	296.615
	4	187.391	36 x 10 ⁻⁶	6,75	74.100	499.885
Agustus	1	109.990	36 x 10 ⁻⁶	3,96	74.100	293.411
	2	93.387	36 x 10 ⁻⁶	3,36	74.100	249.120
	3	62	36 x 10 ⁻⁶	0,00	74.100	165
	4	107.631	36 x 10 ⁻⁶	3,87	74.100	287.115
September	1	119.354	36 x 10 ⁻⁶	4,30	74.100	318.388
	2	99.481	36 x 10 ⁻⁶	3,58	74.100	265.375
	3	94.434	36 x 10 ⁻⁶	3,40	74.100	251.911
	4	120.952	36 x 10 ⁻⁶	4,35	74.100	322.650
Oktober	1	83.420	36 x 10 ⁻⁶	3,00	74.100	222.532
	2	72.172	36 x 10 ⁻⁶	2,60	74.100	192.526
	3	56.477	36 x 10 ⁻⁶	2,03	74.100	150.658
	4	76.611	36 x 10 ⁻⁶	2,76	74.100	204.368
November	1	17.330	36 x 10 ⁻⁶	0,62	74.100	46.230

4. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Kedatangan Tebu Tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	105.097	36 x 10 ⁻⁶	3,78	74.100	280.358
	2	107.965	36 x 10 ⁻⁶	3,89	74.100	288.007
	3	103.097	36 x 10 ⁻⁶	3,71	74.100	275.023
	4	64.313	36 x 10 ⁻⁶	2,32	74.100	171.562
Juni	1	83.064	36 x 10 ⁻⁶	2,99	74.100	221.582
	2	79.561	36 x 10 ⁻⁶	2,86	74.100	212.236
	3	24.909	36 x 10 ⁻⁶	0,90	74.100	66.447
	4	111.026	36 x 10 ⁻⁶	4,00	74.100	296.174
Juli	1	76.616	36 x 10 ⁻⁶	2,76	74.100	204.380

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	78.024	36×10^{-6}	2,81	74.100	208.138
	3	113.383	36×10^{-6}	4,08	74.100	302.460
	4	158.973	36×10^{-6}	5,72	74.100	424.076
Agustus	1	31.213	36×10^{-6}	1,12	74.100	83.264
	2	0	36×10^{-6}	0,00	74.100	0
	3	122.732	36×10^{-6}	4,42	74.100	327.400
	4	189.044	36×10^{-6}	6,81	74.100	504.293
Septemb er	1	116.973	36×10^{-6}	4,21	74.100	312.038
	2	129.373	36×10^{-6}	4,66	74.100	345.117
	3	127.967	36×10^{-6}	4,61	74.100	341.364
	4	147.517	36×10^{-6}	5,31	74.100	393.516
Oktober	1	124.704	36×10^{-6}	4,49	74.100	332.661
	2	105.397	36×10^{-6}	3,79	74.100	281.157
	3	70.153	36×10^{-6}	2,53	74.100	187.139
	4	114.400	36×10^{-6}	4,12	74.100	305.174
Novemb er	1	99.391	36×10^{-6}	3,58	74.100	265.136
	2	104.804	36×10^{-6}	3,77	74.100	279.575
	3	102.046	36×10^{-6}	3,67	74.100	272.218
	4	61.970	36×10^{-6}	2,23	74.100	165.310

5. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Karung Tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Juni	1	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
	2	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128,04
	3	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
Juli	1	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
	3	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
Agustus	2	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
	3	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
	4	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84
Oktober	1	224,8	36×10^{-6}	0,008	74.100	599,68
	2	224,8	36×10^{-6}	0,008	74.100	599,68

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	3	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84

6. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Karung Tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	224,8	36×10^{-6}	0,0081	74.100	599,68
	3	224,8	36×10^{-6}	0,0081	74.100	599,68
Juni	1	112,4	36×10^{-6}	0,0040	74.100	299,84
	2	112,4	36×10^{-6}	0,0040	74.100	299,84

7. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Karung Tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Juni	2	32,8	36×10^{-6}	0,0012	74.100	87,50
	4	32,8	36×10^{-6}	0,0012	74.100	87,50
September	1	32,8	36×10^{-6}	0,0012	74.100	87,50
	2	32,8	36×10^{-6}	0,0012	74.100	87,50
	3	32,8	36×10^{-6}	0,0012	74.100	87,50

8. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Karung Tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	497,6	36×10^{-6}	0,018	74.100	1.327,40
	2	449,6	36×10^{-6}	0,016	74.100	1.199,35
	3	112,4	36×10^{-6}	0,004	74.100	299,84

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Juni	1	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128,04
Juli	1	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128,04
	3	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128,04
Agustus	1	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128,04
September	1	96	36×10^{-6}	0,003	74.100	256,09
	3	96	36×10^{-6}	0,003	74.100	256,09
Oktober	3	48	36×10^{-6}	0,002	74.100	128,04

9. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Plastik Tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Juni	2	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497
Agustus	2	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497
	4	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497
Oktober	4	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497

10. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Plastik Tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Juni	3	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497
Juli	4	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497
Agustus	4	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,497

11. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Plastik Tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Juni	2	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,50
	4	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,50
September	1	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,50
	2	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,50
	3	32,8	36×10^{-6}	0,001	74.100	87,50

12. Perhitungan Emisi CO₂ Dari Aktivitas Transportasi Plastik Tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Agustus	1	65,6	36×10^{-6}	0,0024	74.100	174,99
	3	65,6	36×10^{-6}	0,0024	74.100	174,99
	4	164	36×10^{-6}	0,0059	74.100	437,49

13. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pengangkutan tebu Menggunakan Lori tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	795	36×10^{-6}	0,029	74.100	2.121
	3	1.280	36×10^{-6}	0,046	74.100	3.415
	4	1.860	36×10^{-6}	0,067	74.100	4.962
Juni	1	1450	36×10^{-6}	0,052	74.100	3.868
	2	1.205	36×10^{-6}	0,043	74.100	3.214
	3	1.040	36×10^{-6}	0,037	74.100	2.774
	4	1.309	36×10^{-6}	0,047	74.100	3.492
Juli	1	1.260	36×10^{-6}	0,045	74.100	3.361
	2	1.420	36×10^{-6}	0,051	74.100	3.788

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	3	1.206	36×10^{-6}	0,043	74.100	3.217
	4	1.685	36×10^{-6}	0,061	74.100	4.495
Agustus	1	1.229	36×10^{-6}	0,044	74.100	3.278
	2	1.397	36×10^{-6}	0,050	74.100	3.727
	3	1.169	36×10^{-6}	0,042	74.100	3.118
	4	2.099	36×10^{-6}	0,076	74.100	5.599
September	1	827	36×10^{-6}	0,030	74.100	2.206
	2	0	36×10^{-6}	0,000	74.100	0
	3	914	36×10^{-6}	0,033	74.100	2.438
	4	1.332	36×10^{-6}	0,048	74.100	3.553
Oktober	1	1.092	36×10^{-6}	0,039	74.100	2.913
	2	1.177	36×10^{-6}	0,042	74.100	3.140
	3	1.498	36×10^{-6}	0,054	74.100	3.996
	4	1.789	36×10^{-6}	0,064	74.100	4.772
November	1	1.565	36×10^{-6}	0,056	74.100	4.175
	2	1.115	36×10^{-6}	0,040	74.100	2.974
	3	1.250	36×10^{-6}	0,045	74.100	3.335
	4	1.415	36×10^{-6}	0,051	74.100	3.775
Desember	1	1.085	36×10^{-6}	0,039	74.100	2.894
	2	1.020	36×10^{-6}	0,037	74.100	2.721
	3	270	36×10^{-6}	0,010	74.100	720

14. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pengangkutan tebu Menggunakan Lori tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	1.740	36×10^{-6}	0,063	74.100	4.642
	2	1.260	36×10^{-6}	0,045	74.100	3.361
	3	1.520	36×10^{-6}	0,055	74.100	4.055
	4	1.955	36×10^{-6}	0,070	74.100	5.215
Juni	1	1.400	36×10^{-6}	0,050	74.100	3.735
	2	1.630	36×10^{-6}	0,059	74.100	4.348
	3	1.540	36×10^{-6}	0,055	74.100	4.108

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	4	1.645	36×10^{-6}	0,059	74.100	4.388
Juli	1	1.515	36×10^{-6}	0,055	74.100	4.041
	2	1.295	36×10^{-6}	0,047	74.100	3.455
	3	1.410	36×10^{-6}	0,051	74.100	3.761
	4	2.115	36×10^{-6}	0,076	74.100	5.642
Agustus	1	1.345	36×10^{-6}	0,048	74.100	3.588
	2	1.310	36×10^{-6}	0,047	74.100	3.495
	3	1.170	36×10^{-6}	0,042	74.100	3.121
	4	625	36×10^{-6}	0,023	74.100	1.667
September	1	390	36×10^{-6}	0,014	74.100	1.040
	2	1.390	36×10^{-6}	0,050	74.100	3.708
	3	1.270	36×10^{-6}	0,046	74.100	3.388

15. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pengangkutan tebu Menggunakan Lori tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	290	36×10^{-6}	0,01044	74.100	774
	3	1550	36×10^{-6}	0,0558	74.100	4.135
	4	2165	36×10^{-6}	0,07794	74.100	5.775
Juni	1	1585	36×10^{-6}	0,05706	74.100	4.228
	2	1145	36×10^{-6}	0,04122	74.100	3.054
	3	1315	36×10^{-6}	0,04734	74.100	3.508
	4	1505	36×10^{-6}	0,05418	74.100	4.015
Juli	1	1325	36×10^{-6}	0,0477	74.100	3.535
	2	1490	36×10^{-6}	0,05364	74.100	3.975
	3	1280	36×10^{-6}	0,04608	74.100	3.415
	4	1860	36×10^{-6}	0,06696	74.100	4.962
Agustus	1	1235	36×10^{-6}	0,04446	74.100	3.294
	2	1485	36×10^{-6}	0,05346	74.100	3.961
	3	0	36×10^{-6}	0	74.100	0
	4	965	36×10^{-6}	0,03474	74.100	2.574
September	1	1355	36×10^{-6}	0,04878	74.100	3.615

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	1300	36×10^{-6}	0,0468	74.100	3.468
	3	1370	36×10^{-6}	0,04932	74.100	3.655
	4	1765	36×10^{-6}	0,06354	74.100	4.708
Oktober	1	1435	36×10^{-6}	0,05166	74.100	3.828
	2	1665	36×10^{-6}	0,05994	74.100	4.442
	3	1695	36×10^{-6}	0,06102	74.100	4.522
	4	1660	36×10^{-6}	0,05976	74.100	4.428
November	1	850	36×10^{-6}	0,0306	74.100	2.267

16. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pengangkutan tebu Menggunakan Lori tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	1.200	36×10^{-6}	0,043	74.100	3.201
	2	1.331	36×10^{-6}	0,048	74.100	3.551
	3	1.525	36×10^{-6}	0,055	74.100	4.068
	4	1.269	36×10^{-6}	0,046	74.100	3.385
Juni	1	1.377	36×10^{-6}	0,050	74.100	3.673
	2	988	36×10^{-6}	0,036	74.100	2.636
	3	1.435	36×10^{-6}	0,052	74.100	3.828
	4	1.710	36×10^{-6}	0,062	74.100	4.562
Juli	1	1.576	36×10^{-6}	0,057	74.100	4.205
	2	1.706	36×10^{-6}	0,061	74.100	4.551
	3	1.353	36×10^{-6}	0,049	74.100	3.609
	4	1.670	36×10^{-6}	0,060	74.100	4.455
Agustus	1	327	36×10^{-6}	0,012	74.100	872
	2	0	36×10^{-6}	0	74.100	0
	3	1.675	36×10^{-6}	0,060	74.100	4.468
	4	1.953	36×10^{-6}	0,070	74.100	5.210
September	1	1.535	36×10^{-6}	0,055	74.100	4.095
	2	1.480	36×10^{-6}	0,053	74.100	3.948
	3	1.360	36×10^{-6}	0,049	74.100	3.628
	4	1.765	36×10^{-6}	0,064	74.100	4.708

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Oktober	1	1.464	36×10^{-6}	0,053	74.100	3.905
	2	1.350	36×10^{-6}	0,049	74.100	3.601
	3	1.605	36×10^{-6}	0,058	74.100	4.281
	4	1.436	36×10^{-6}	0,052	74.100	3.831
November	1	1.237	36×10^{-6}	0,045	74.100	3.300
	2	1.305	36×10^{-6}	0,047	74.100	3.481
	3	1.560	36×10^{-6}	0,056	74.100	4.161
	4	844	36×10^{-6}	0,030	74.100	2.251

17. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Bagasse di Mesin Boiler tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	1.679.936	$7,66 \times 10^{-6}$	12,87	100.000	1.286.830,92
	3	5.187.802	$7,66 \times 10^{-6}$	39,74	100.000	3.973.856,07
	4	7.717.596	$7,66 \times 10^{-6}$	59,12	100.000	5.911.678,61
Juni	1	4.548.776	$7,66 \times 10^{-6}$	34,84	100.000	3.484.362,44
	2	5.278.142	$7,66 \times 10^{-6}$	40,43	100.000	4.043.056,79
	3	5.153.185	$7,66 \times 10^{-6}$	39,47	100.000	3.947.339,50
	4	7.132.964	$7,66 \times 10^{-6}$	54,64	100.000	5.463.850,80
Juli	1	4.526.436	$7,66 \times 10^{-6}$	34,67	100.000	3.467.250,13
	2	5.211.201	$7,66 \times 10^{-6}$	39,92	100.000	3.991.779,67
	3	5.352.141	$7,66 \times 10^{-6}$	41,00	100.000	4.099.739,97
	4	7.957.650	$7,66 \times 10^{-6}$	60,96	100.000	6.095.560,02
Agustus	1	6.984.967	$7,66 \times 10^{-6}$	53,50	100.000	5.350.484,44
	2	6.997.083	$7,66 \times 10^{-6}$	53,60	100.000	5.359.765,24
	3	6.816.498	$7,66 \times 10^{-6}$	52,21	100.000	5.221.437,16
	4	10.202.428	$7,66 \times 10^{-6}$	78,15	100.000	7.815.059,53
September	1	4.561.563	$7,66 \times 10^{-6}$	34,94	100.000	3.494.157,46
	2	0	$7,66 \times 10^{-6}$	-	100.000	-
	3	2.455.664	$7,66 \times 10^{-6}$	18,81	100.000	1.881.038,55
	4	4.497.722	$7,66 \times 10^{-6}$	34,45	100.000	3.445.255,34
Oktober	1	3.817.812	$7,66 \times 10^{-6}$	29,24	100.000	2.924.444,25

Bulan	Minggu	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	3.991.430	$7,66 \times 10^{-6}$	30,57	100.000	3.057.435,02
	3	3.532.524	$7,66 \times 10^{-6}$	27,06	100.000	2.705.913,40
	4	5.387.431	$7,66 \times 10^{-6}$	41,27	100.000	4.126.771,83
November	1	2.420.075	$7,66 \times 10^{-6}$	18,54	100.000	1.853.777,66
	2	2.664.969	$7,66 \times 10^{-6}$	20,41	100.000	2.041.366,08
	3	2.905.004	$7,66 \times 10^{-6}$	22,25	100.000	2.225.232,86
	4	4.351.335	$7,66 \times 10^{-6}$	33,33	100.000	3.333.122,83
Desember	1	4.367.591	$7,66 \times 10^{-6}$	33,46	100.000	3.345.574,52
	2	5.751.343	$7,66 \times 10^{-6}$	44,06	100.000	4.405.528,56
	3	1.080.721	$7,66 \times 10^{-6}$	8,28	100.000	827.832,11

18. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Bagasse di Mesin Boiler tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	4.058.056,59	$7,66 \times 10^{-6}$	31,084714	100.000	3.108.471,35
	2	6.645.020,02	$7,66 \times 10^{-6}$	50,900853	100.000	5.090.085,34
	3	6.816.282,70	$7,66 \times 10^{-6}$	52,212725	100.000	5.221.272,55
	4	9.556.205,29	$7,66 \times 10^{-6}$	73,200532	100.000	7.320.053,25
Juni	1	6.369.486,12	$7,66 \times 10^{-6}$	48,790264	100.000	4.879.026,37
	2	6.719.747,73	$7,66 \times 10^{-6}$	51,473268	100.000	5.147.326,76
	3	6.732.389,22	$7,66 \times 10^{-6}$	51,570101	100.000	5.157.010,14
	4	8.598.059,26	$7,66 \times 10^{-6}$	65,861134	100.000	6.586.113,40
Juli	1	6.711.647,09	$7,66 \times 10^{-6}$	51,411217	100.000	5.141.121,67
	2	6.768.211,43	$7,66 \times 10^{-6}$	51,8445	100.000	5.184.449,95
	3	6.652.307,79	$7,66 \times 10^{-6}$	50,956678	100.000	5.095.667,77
	4	9.484.056,33	$7,66 \times 10^{-6}$	72,647871	100.000	7.264.787,15
Agustus	1	6.039.882,54	$7,66 \times 10^{-6}$	46,2655	100.000	4.626.550,03
	2	6.181.769,89	$7,66 \times 10^{-6}$	47,352357	100.000	4.735.235,73
	3	5.504.679,66	$7,66 \times 10^{-6}$	42,165846	100.000	4.216.584,62
	4	2.600.081,42	$7,66 \times 10^{-6}$	19,916624	100.000	1.991.662,37
September	1	338.096,64	$7,66 \times 10^{-6}$	2,5898202	100.000	258.982,02

Bulan	Minggu	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	5.467.820,34	$7,66 \times 10^{-6}$	41,883504	100.000	4.188.350,38
	3	5.147.298,45	$7,66 \times 10^{-6}$	39,428306	100.000	3.942.830,61

19. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Bagasse di Mesin Boiler tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	2.004.838,49	$7,66 \times 10^{-6}$	15,36	100.000	1.535.706,29
	3	6.331.057,13	$7,66 \times 10^{-6}$	48,50	100.000	4.849.589,76
	4	9.710.650,03	$7,66 \times 10^{-6}$	74,38	100.000	7.438.357,92
Juni	1	6.214.857,18	$7,66 \times 10^{-6}$	47,61	100.000	4.760.580,60
	2	5.545.423,12	$7,66 \times 10^{-6}$	42,48	100.000	4.247.794,11
	3	4.611.807,26	$7,66 \times 10^{-6}$	35,33	100.000	3.532.644,36
	4	6.647.750,93	$7,66 \times 10^{-6}$	50,92	100.000	5.092.177,22
Juli	1	5.555.834,22	$7,66 \times 10^{-6}$	42,56	100.000	4.255.769,01
	2	5.767.981,31	$7,66 \times 10^{-6}$	44,18	100.000	4.418.273,69
	3	5.871.637,75	$7,66 \times 10^{-6}$	44,98	100.000	4.497.674,51
	4	8.406.689,80	$7,66 \times 10^{-6}$	64,40	100.000	6.439.524,39
Agustus	1	5.991.230,11	$7,66 \times 10^{-6}$	45,89	100.000	4.589.282,27
	2	5.906.934,86	$7,66 \times 10^{-6}$	45,25	100.000	4.524.712,11
	3	441.250,40	$7,66 \times 10^{-6}$	3,38	100.000	337.997,81
	4	4.024.235,72	$7,66 \times 10^{-6}$	30,83	100.000	3.082.564,56
September	1	6.752.542,71	$7,66 \times 10^{-6}$	51,72	100.000	5.172.447,72
	2	6.800.109,45	$7,66 \times 10^{-6}$	52,09	100.000	5.208.883,84
	3	6.768.575,81	$7,66 \times 10^{-6}$	51,85	100.000	5.184.729,07
	4	8.320.254,94	$7,66 \times 10^{-6}$	63,73	100.000	6.373.315,28
Oktober	1	5.754.165,78	$7,66 \times 10^{-6}$	44,08	100.000	4.407.690,99
	2	5.434.362,65	$7,66 \times 10^{-6}$	41,63	100.000	4.162.721,79
	3	5.320.803,52	$7,66 \times 10^{-6}$	40,76	100.000	4.075.735,50
	4	4.168.996,93	$7,66 \times 10^{-6}$	31,93	100.000	3.193.451,65
November	1	2.403.820,07	$7,66 \times 10^{-6}$	18,41	100.000	1.841.326,18

20. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Bagasse di Mesin Boiler tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Bagasse (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	4.597.283,77	7,66 x 10 ⁻⁶	35,22	100.000	3.521.519,37
	2	5.986.541,64	7,66 x 10 ⁻⁶	45,86	100.000	4.585.690,90
	3	5.625.770,82	7,66 x 10 ⁻⁶	43,09	100.000	4.309.340,45
	4	3.005.243,59	7,66 x 10 ⁻⁶	23,02	100.000	2.302.016,59
Juni	1	4.951.229,31	7,66 x 10 ⁻⁶	37,93	100.000	3.792.641,65
	2	5.297.034,17	7,66 x 10 ⁻⁶	40,58	100.000	4.057.528,17
	3	4.635.192,21	7,66 x 10 ⁻⁶	35,51	100.000	3.550.557,23
	4	6.961.449,55	7,66 x 10 ⁻⁶	53,32	100.000	5.332.470,35
Juli	1	5.661.172,92	7,66 x 10 ⁻⁶	43,36	100.000	4.336.458,46
	2	4.711.940,40	7,66 x 10 ⁻⁶	36,09	100.000	3.609.346,35
	3	7.109.982,31	7,66 x 10 ⁻⁶	54,46	100.000	5.446.246,45
	4	10.618.498,73	7,66 x 10 ⁻⁶	81,34	100.000	8.133.770,03
Agustus	1	3.431.896,69	7,66 x 10 ⁻⁶	26,29	100.000	2.628.832,86
	2	0	7,66 x 10 ⁻⁶	0	100.000	0
	3	5.935.274,96	7,66 x 10 ⁻⁶	45,46	100.000	4.546.420,62
	4	9.272.178,32	7,66 x 10 ⁻⁶	71,02	100.000	7.102.488,60
September	1	5.504.795,52	7,66 x 10 ⁻⁶	42,17	100.000	4.216.673,36
	2	5.767.179,66	7,66 x 10 ⁻⁶	44,18	100.000	4.417.659,62
	3	5.635.611,05	7,66 x 10 ⁻⁶	43,17	100.000	4.316.878,07
	4	6.967.111,59	7,66 x 10 ⁻⁶	53,37	100.000	5.336.807,47
Oktober	1	5.992.007,47	7,66 x 10 ⁻⁶	45,90	100.000	4.589.877,73
	2	5.239.154,43	7,66 x 10 ⁻⁶	40,13	100.000	4.013.192,29
	3	4.193.228,78	7,66 x 10 ⁻⁶	32,12	100.000	3.212.013,24
	4	5.531.758,54	7,66 x 10 ⁻⁶	42,37	100.000	4.237.327,04
November	1	5.585.742,12	7,66 x 10 ⁻⁶	42,79	100.000	4.278.678,47
	2	5.594.935,93	7,66 x 10 ⁻⁶	42,86	100.000	4.285.720,92
	3	5.629.440,74	7,66 x 10 ⁻⁶	43,12	100.000	4.312.151,60
	4	4.058.785,37	7,66 x 10 ⁻⁶	31,09	100.000	3.109.029,59

21. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Kayu di Mesin Boiler tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	44.140	12,55 x 10 ⁻⁶	1	112.000	62.043
	3	83.110	12,55 x 10 ⁻⁶	1,04	112.000	116.819
	4	280.670	12,55 x 10 ⁻⁶	3,52	112.000	394.510
Juni	1	289.880	12,55 x 10 ⁻⁶	3,64	112.000	407.455
	2	270.260	12,55 x 10 ⁻⁶	3,39	112.000	379.877
	3	227.330	12,55 x 10 ⁻⁶	2,85	112.000	319.535
	4	257.480	12,55 x 10 ⁻⁶	3,23	112.000	361.914
Juli	1	157.610	12,55 x 10 ⁻⁶	1,98	112.000	221.537
	2	189.080	12,55 x 10 ⁻⁶	2,37	112.000	265.771
	3	169.130	12,55 x 10 ⁻⁶	2,12	112.000	237.729
	4	27.260	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	38.317
Agustus	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	4	144.990	12,55 x 10 ⁻⁶	2	112.000	203.798
September	1	17.270	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	24.275
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	3	68.570	12,55 x 10 ⁻⁶	1	112.000	96.382
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
Oktober	1	79.950	12,55 x 10 ⁻⁶	1	112.000	112.378
	2	49.210	12,55 x 10 ⁻⁶	1	112.000	69.170
	3	121.460	12,55 x 10 ⁻⁶	1,52	112.000	170.724
	4	210.595	12,55 x 10 ⁻⁶	2,64	112.000	296.012
November	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
Desember	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0

22. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Kayu di Mesin Boiler tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	338.810	12,55 x 10 ⁻⁶	4,252	112.000	476.231,34
	2	43.130	12,55 x 10 ⁻⁶	0,541	112.000	60.623,53
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	4	43.950	12,55 x 10 ⁻⁶	0,552	112.000	61.776,12
Juni	1	39.870	12,55 x 10 ⁻⁶	0,500	112.000	56.041,27
	2	127.690	12,55 x 10 ⁻⁶	1,603	112.000	179.481,06
	3	91.750	12,55 x 10 ⁻⁶	1,151	112.000	128.963,80
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
Juli	1	79.190	12,55 x 10 ⁻⁶	0,994	112.000	111.309,46
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,000	112.000	0
	3	12.390	12,55 x 10 ⁻⁶	0,155	112.000	17.415,38
	4	14.210	12,55 x 10 ⁻⁶	0,178	112.000	19.973,58
Agustus	1	36.080	12,55 x 10 ⁻⁶	0,453	112.000	50.714,05
	2	48.860	12,55 x 10 ⁻⁶	0,613	112.000	68.677,62
	3	25.080	12,55 x 10 ⁻⁶	0,315	112.000	35.252,45
	4	68.600	12,55 x 10 ⁻⁶	0,861	112.000	96.424,16
September	1	76.900	12,55 x 10 ⁻⁶	0,965	112.000	108.090,64
	2	199.980	12,55 x 10 ⁻⁶	2,510	112.000	281.091,89
	3	104.550	12,55 x 10 ⁻⁶	1,312	112.000	146.955,48

23. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Kayu di Mesin Boiler tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	147.220	12,55 x 10 ⁻⁶	1,85	112.000	206.932
	3	146.150	12,55 x 10 ⁻⁶	1,83	112.000	205.428
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
Juni	1	71.370	12,55 x 10 ⁻⁶	0,90	112.000	100.318
	2	79.750	12,55 x 10 ⁻⁶	1,00	112.000	112.097

Bulan	Minggu	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	3	285.110	12,55 x 10 ⁻⁶	3,58	112.000	400.751
	4	407.460	12,55 x 10 ⁻⁶	5,11	112.000	572.726
Juli	1	51.170	12,55 x 10 ⁻⁶	0,64	112.000	71.925
	2	105.110	12,55 x 10 ⁻⁶	1,32	112.000	147.743
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
Agustus	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	4	20.030	12,55 x 10 ⁻⁶	0,25	112.000	28.154
September	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
Oktober	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0
November	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0,00	112.000	0

24. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran Kayu di Mesin Boiler tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	102.340	12,55 x 10 ⁻⁶	1,28	112.000	143.849
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	3	149.410	12,55 x 10 ⁻⁶	1,88	112.000	210.011
	4	255.950	12,55 x 10 ⁻⁶	3,21	112.000	359.763
Juni	1	266.480	12,55 x 10 ⁻⁶	3,34	112.000	374.564
	2	335.220	12,55 x 10 ⁻⁶	4,21	112.000	471.185
	3	293.090	12,55 x 10 ⁻⁶	3,68	112.000	411.967
	4	433.590	12,55 x 10 ⁻⁶	5,44	112.000	609.454
Juli	1	418.950	12,55 x 10 ⁻⁶	5,26	112.000	588.876

Bulan	Minggu	A Konsumsi Kayu (Kg)	B Nilai Kalor (TJ/Kg)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	495.120	12,55 x 10 ⁻⁶	6,21	112.000	695.941
	3	440.100	12,55 x 10 ⁻⁶	5,52	112.000	618.605
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
Agustus	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	3	159.580	12,55 x 10 ⁻⁶	2,00	112.000	224.306
	4	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
September	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	2	72.700	12,55 x 10 ⁻⁶	0,91	112.000	102.187
	3	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	4	74.810	12,55 x 10 ⁻⁶	0,94	112.000	105.153
Oktober	1	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	2	0	12,55 x 10 ⁻⁶	0	112.000	0
	3	230.310	12,55 x 10 ⁻⁶	2,89	112.000	323.724
	4	417.520	12,55 x 10 ⁻⁶	5,24	112.000	586.866
November	1	166.530	12,55 x 10 ⁻⁶	2,09	112.000	234.075
	2	138.260	12,55 x 10 ⁻⁶	1,74	112.000	194.338
	3	203.160	12,55 x 10 ⁻⁶	2,55	112.000	285.562
	4	12.610	12,55 x 10 ⁻⁶	0,16	112.000	17.725

25. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran MFO di Mesin Boiler tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	90.000	40 x 10 ⁻⁶	3,60	77.400	278.640
	3	47.000	40 x 10 ⁻⁶	1,88	77.400	145.512
	4	95.000	40 x 10 ⁻⁶	3,80	77.400	294.120
Juni	1	39.000	40 x 10 ⁻⁶	1,56	77.400	120.744
	2	60.000	40 x 10 ⁻⁶	2,40	77.400	185.760
	3	48.000	40 x 10 ⁻⁶	1,92	77.400	148.608
	4	6.000	40 x 10 ⁻⁶	0,24	77.400	18.576
Juli	1	5.000	40 x 10 ⁻⁶	0,20	77.400	15.480
	2	22.000	40 x 10 ⁻⁶	0,88	77.400	68.112

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
	3	13.000	40×10^{-6}	0,52	77.400	40.248
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
Agustus	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	6.000	40×10^{-6}	0,24	77.400	18.576
	3	2.000	40×10^{-6}	0,08	77.400	6.192
	4	24.000	40×10^{-6}	0,96	77.400	74.304
September	1	19.000	40×10^{-6}	0,76	77.400	58.824
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	3.000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288
	4	2.000	40×10^{-6}	0,08	77.400	6.192
Oktober	1	6.000	40×10^{-6}	0,24	77.400	18.576
	2	2.000	40×10^{-6}	0,08	77.400	6.192
	3	30.000	40×10^{-6}	1,20	77.400	92.880
	4	75.700	40×10^{-6}	3,03	77.400	234.367
November	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
Desember	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0

26. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran MFO di Mesin Boiler tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
Mei	1	49.000	40×10^{-6}	1,96	77.400	151.704
	2	15.000	40×10^{-6}	0,6	77.400	46.440
	3	6.000	40×10^{-6}	0,24	77.400	18.576
	4	4.000	40×10^{-6}	0,16	77.400	12.384
Juni	1	3.000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288
	2	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	3	2.000	40×10^{-6}	0,08	77.400	6.192

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
	4	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
Juli	1	3.000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288
	2	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	4	1.000	40×10^{-6}	0,04	77.400	3.096
Agustus	1	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	4	74.000	40×10^{-6}	2,96	77.400	229.104
September	1	0	40×10^{-6}	0	77.400	0
	2	74.000	40×10^{-6}	2,96	77.400	229.104
	3	6.000	40×10^{-6}	0,24	77.400	18.576

27. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran MFO di Mesin Boiler tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
Mei	2	45.000	40×10^{-6}	1,80	77.400	139.320
	3	4.000	40×10^{-6}	0,16	77.400	12.384
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
Juni	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	1.000	40×10^{-6}	0,04	77.400	3.096
	4	10.000	40×10^{-6}	0,40	77.400	30.960
Juli	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
Agustus	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
September	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
Oktober	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	3.000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288
November	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0

28. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Pembakaran MFO di Mesin Boiler tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
Mei	1	14.000	40×10^{-6}	0,56	77.400	43.344
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	3000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288
	4	19.000	40×10^{-6}	0,76	77.400	58.824
Juni	1	17.000	40×10^{-6}	0,68	77.400	52.632
	2	27.000	40×10^{-6}	1,08	77.400	83.592
	3	20.000	40×10^{-6}	0,80	77.400	61.920
	4	4.000	40×10^{-6}	0,16	77.400	12.384
Juli	1	3.000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288
	2	37.000	40×10^{-6}	1,48	77.400	114.552
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
Agustus	1	14.000	40×10^{-6}	0,56	77.400	43.344
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
September	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	3.000	40×10^{-6}	0,12	77.400	9.288

Bulan	Minggu	A Konsumsi MFO (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi (KJ) $C = A \cdot B$	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $E = C \cdot D$
Oktober	1	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	2	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	3	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0
	4	24.000	40×10^{-6}	0,96	77.400	74.304
November	1	5.000	40×10^{-6}	0,20	77.400	15.480
	2	1.000	40×10^{-6}	0,04	77.400	3.096
	3	2.000	40×10^{-6}	0,08	77.400	6.192
	4	0	40×10^{-6}	0,00	77.400	0

29. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Penggunaan Listrik PLN tahun 2010

Bulan	Minggu	A Jumlah (Kwh)	B Faktor Emisi (Kg/Kwh)	C Emisi CO ₂ (kg CO ₂) $C = A \cdot B$
Mei	2	4.015	0,725	2.910,88
	3	4.025	0,725	2.918,13
	4	6.000	0,725	4.350,00
Juni	1	9.260	0,725	6.713,50
	2	9.262	0,725	6.714,95
	3	9.293	0,725	6.737,43
	4	9.345	0,725	6.775,13
Juli	1	9.800	0,725	7.105,00
	2	10.021	0,725	7.265,23
	3	10.044	0,725	7.281,90
	4	10.161	0,725	7.366,73
Agustus	1	11.086	0,725	8.037,35
	2	11.174	0,725	8.101,15
	3	11.913	0,725	8.636,93
	4	12.104	0,725	8.775,40
September	1	12.171	0,725	8.823,98
	2	0	0,725	0
	3	12.452	0,725	9.027,70
	4	13.212	0,725	9.578,70
Oktober	1	13.611	0,725	9.867,98
	2	14.469	0,725	10.490,03

Bulan	Minggu	A Jumlah (Kwh)	B Faktor Emisi (Kg/Kwh)	C Emisi CO ₂ (kg CO ₂) C=A*B
	3	14.597	0,725	10.582,83
	4	14.626	0,725	10.603,85
November	1	15.952	0,725	11.565,20
	2	14.626	0,725	10.603,85
	3	15.952	0,725	11.565,20
	4	16.049	0,725	11.635,53
Desember	1	16.894	0,725	12.248,15
	2	17.999	0,725	13.049,28
	3	13.611	0,725	9.867,98

30. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Penggunaan Listrik PLN tahun 2011

Bulan	Minggu	A Jumlah (Kwh)	B Faktor Emisi (Kg/Kwh)	C Emisi CO ₂ (kg CO ₂) C=A*B
Mei	1	8925	0,725	6.470,63
	2	9373	0,725	6.795,43
	3	9412	0,725	6.823,70
	4	9492	0,725	6.881,70
Juni	1	9561	0,725	6.931,73
	2	9814	0,725	7.115,15
	3	10143	0,725	7.353,68
	4	10271	0,725	7.446,48
Juli	1	10309	0,725	7.474,03
	2	10501	0,725	7.613,23
	3	10550	0,725	7.648,75
	4	10662	0,725	7.729,95
Agustus	1	10887	0,725	7.893,08
	2	11013	0,725	7.984,43
	3	11100	0,725	8.047,50
	4	11235	0,725	8.145,38
September	1	5814	0,725	4.215,15
	2	12549	0,725	9.098,03
	3	12559	0,725	9.105,28

31. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Penggunaan Listrik PLN tahun 2012

Bulan	Minggu	A Jumlah (Kwh)	B Faktor Emisi (Kg/Kwh)	C Emisi CO₂ (kg CO₂) C=A*B
Mei	2	10821	0,725	7.845,23
	3	11058	0,725	8.017,05
	4	11807	0,725	8.560,08
Juni	1	12257	0,725	8.886,33
	2	12301	0,725	8.918,23
	3	11662	0,725	8.454,95
	4	11769	0,725	8.532,53
Juli	1	11623	0,725	8.426,68
	2	12278	0,725	8.901,55
	3	11134	0,725	8.072,15
	4	10707	0,725	7.762,58
Agustus	1	11107	0,725	8.052,58
	2	10193	0,725	7.389,93
	3	7800	0,725	5.655,00
	4	11544	0,725	8.369,40
September	1	12316	0,725	8.929,10
	2	10105	0,725	7.326,13
	3	11652	0,725	8.447,70
	4	10699	0,725	7.756,78
Oktober	1	10931	0,725	7.924,98
	2	10411	0,725	7.547,98
	3	11641	0,725	8.439,73
	4	11660	0,725	8.453,50
November	1	10270	0,725	7.445,75

32. Perhitungan Emisi CO₂ pada Aktivitas Penggunaan Listrik PLN tahun 2013

Bulan	Minggu	A Jumlah (Kwh)	B Faktor Emisi (Kg/Kwh)	C Emisi CO₂ (kg CO₂) C=A*B
Mei	1	4025	0,725	2.918,13
	2	6000	0,725	4.350,00
	3	4015	0,725	2.910,88

Bulan	Minggu	A Jumlah (Kwh)	B Faktor Emisi (Kg/Kwh)	C Emisi CO ₂ (kg CO ₂) C=A*B
	4	9260	0,725	6.713,50
Juni	1	9345	0,725	6.775,13
	2	9262	0,725	6.714,95
	3	9293	0,725	6.737,43
	4	9800	0,725	7.105,00
Juli	1	12104	0,725	8.775,40
	2	12171	0,725	8.823,98
	3	11913	0,725	8.636,93
	4	13212	0,725	9.578,70
Agustus	1	16049	0,725	11.635,53
	2	0	0,725	-
	3	15952	0,725	11.565,20
	4	17999	0,725	13.049,28
September	1	10044	0,725	7.281,90
	2	10021	0,725	7.265,23
	3	10161	0,725	7.366,73
	4	11174	0,725	8.101,15
Oktober	1	14469	0,725	10.490,03
	2	13611	0,725	9.867,98
	3	14626	0,725	10.603,85
	4	16894	0,725	12.248,15
November	1	11086	0,725	8.037,35
	2	12365	0,725	8.964,63
	3	12452	0,725	9.027,70
	4	14597	0,725	10.582,83

33. Perhitungan Emisi CO₂ pada Transportasi Distribusi Gula tahun 2010

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	102	36×10^{-6}	0,00	74.100	272,84
	3	154	36×10^{-6}	0,01	74.100	411,34
	4	393	36×10^{-6}	0,01	74.100	1.049,01
Juni	1	1.028	36×10^{-6}	0,04	74.100	2.742,51

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	436	36×10^{-6}	0,02	74.100	1.163,29
	3	498	36×10^{-6}	0,02	74.100	1.327,18
	4	487	36×10^{-6}	0,02	74.100	1.298,48
Juli	1	3.004	36×10^{-6}	0,11	74.100	8.012,94
	2	2.056	36×10^{-6}	0,07	74.100	5.485,65
	3	2.287	36×10^{-6}	0,08	74.100	6.099,52
	4	1.195	36×10^{-6}	0,04	74.100	3.188,85
Agustus	1	704	36×10^{-6}	0,03	74.100	1.877,35
	2	760	36×10^{-6}	0,03	74.100	2.026,52
	3	354	36×10^{-6}	0,01	74.100	943,05
	4	254	36×10^{-6}	0,01	74.100	677,04
September	1	5.469	36×10^{-6}	0,20	74.100	14.588,14
	2	0	36×10^{-6}	0,00	74.100	0
	3	3.757	36×10^{-6}	0,14	74.100	10.021,85
	4	3.854	36×10^{-6}	0,14	74.100	10.280,93
Oktober	1	135	36×10^{-6}	0,00	74.100	359,06
	2	208	36×10^{-6}	0,01	74.100	554,22
	3	116	36×10^{-6}	0,00	74.100	308,59
	4	214	36×10^{-6}	0,01	74.100	569,80
November	1	231	36×10^{-6}	0,01	74.100	617,50
	2	261	36×10^{-6}	0,01	74.100	694,96
	3	139	36×10^{-6}	0,00	74.100	369,52
	4	139	36×10^{-6}	0,00	74.100	369,52
Desember	1	18	36×10^{-6}	0,00	74.100	48,02
	2	20	36×10^{-6}	0,00	74.100	53,35
	3	52	36×10^{-6}	0,00	74.100	138,72

34. Perhitungan Emisi CO₂ pada Transportasi Distribusi Gula tahun 2011

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	1.689	36×10^{-6}	0,061	74.100	4.505
	2	1.750	36×10^{-6}	0,063	74.100	4.669
	3	1.806	36×10^{-6}	0,065	74.100	4.817

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	4	2.215	36×10^{-6}	0,080	74.100	5.909
Juni	1	431	36×10^{-6}	0,016	74.100	1.149
	2	251	36×10^{-6}	0,009	74.100	670
	3	180	36×10^{-6}	0,006	74.100	481
	4	672	36×10^{-6}	0,024	74.100	1.793
Juli	1	3.222	36×10^{-6}	0,116	74.100	8.596
	2	3.712	36×10^{-6}	0,134	74.100	9.902
	3	2.391	36×10^{-6}	0,086	74.100	6.378
	4	1.667	36×10^{-6}	0,060	74.100	4.447
Agustus	1	2.886	36×10^{-6}	0,104	74.100	7.699
	2	4.149	36×10^{-6}	0,149	74.100	11.068
	3	3.697	36×10^{-6}	0,133	74.100	9.862
	4	2.754	36×10^{-6}	0,099	74.100	7.346
September	1	127	36×10^{-6}	0,005	74.100	338
	2	92	36×10^{-6}	0,003	74.100	245
	3	472	36×10^{-6}	0,017	74.100	1.260
	4	0	36×10^{-6}	0	74.100	0

35. Perhitungan Emisi CO₂ pada Transportasi Distribusi Gula tahun 2012

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	2	1.069	36×10^{-6}	0,04	74.100	2.851
	3	3.570	36×10^{-6}	0,13	74.100	9.524
	4	1.105	36×10^{-6}	0,04	74.100	2.947
Juni	1	2.271	36×10^{-6}	0,08	74.100	6.059
	2	2.342	36×10^{-6}	0,08	74.100	6.247
	3	2.427	36×10^{-6}	0,09	74.100	6.475
	4	2.523	36×10^{-6}	0,09	74.100	6.730
Juli	1	2.385	36×10^{-6}	0,09	74.100	6.362
	2	2.818	36×10^{-6}	0,10	74.100	7.517
	3	2.562	36×10^{-6}	0,09	74.100	6.834
	4	1.977	36×10^{-6}	0,07	74.100	5.274
Agustus	1	1.905	36×10^{-6}	0,07	74.100	5.083

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	1.944	36×10^{-6}	0,07	74.100	5.185
	3	1.954	36×10^{-6}	0,07	74.100	5.213
	4	1.629	36×10^{-6}	0,06	74.100	4.344
September	1	64	36×10^{-6}	0,00	74.100	171
	2	0	36×10^{-6}	0,00	74.100	0
	3	0	36×10^{-6}	0,00	74.100	0
	4	0	36×10^{-6}	0,00	74.100	0
Oktober	1	1.279	36×10^{-6}	0,05	74.100	3.412
	2	891	36×10^{-6}	0,03	74.100	2.376
	3	1.135	36×10^{-6}	0,04	74.100	3.027
	4	1.187	36×10^{-6}	0,04	74.100	3.166
November	1	10.414	36×10^{-6}	0,37	74.100	27.781

36. Perhitungan Emisi CO₂ pada Transportasi Distribusi Gula tahun 2013

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C= A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
Mei	1	3.838	36×10^{-6}	0,138	74.100	10.238
	2	3.046	36×10^{-6}	0,110	74.100	8.125
	3	3.280	36×10^{-6}	0,118	74.100	8.751
	4	2.164	36×10^{-6}	0,078	74.100	5.773
Juni	1	634	36×10^{-6}	0,023	74.100	1.692
	2	446	36×10^{-6}	0,016	74.100	1.190
	3	245	36×10^{-6}	0,009	74.100	653
	4	309	36×10^{-6}	0,011	74.100	824
Juli	1	859	36×10^{-6}	0,031	74.100	2.293
	2	578	36×10^{-6}	0,021	74.100	1.543
	3	583	36×10^{-6}	0,021	74.100	1.555
	4	494	36×10^{-6}	0,018	74.100	1.317
Agustus	1	1.481	36×10^{-6}	0,053	74.100	3.952
	2	0	36×10^{-6}	0	74.100	0
	3	1.416	36×10^{-6}	0,051	74.100	3.778
	4	2.132	36×10^{-6}	0,077	74.100	5.687
September	1	10.163	36×10^{-6}	0,366	74.100	27.112

Bulan	Minggu	A Konsumsi Solar (L)	B Nilai Kalor (TJ/L)	C Konsumsi Energi C = A*B	D Faktor Emisi (Kg/TJ)	E Emisi CO ₂ (kg CO ₂) E = C*D
	2	6.702	36 x 10 ⁻⁶	0,241	74.100	17.879
	3	6.598	36 x 10 ⁻⁶	0,238	74.100	17.601
	4	5.192	36 x 10 ⁻⁶	0,187	74.100	13.851
Oktober	1	4.972	36 x 10 ⁻⁶	0,179	74.100	13.263
	2	5.202	36 x 10 ⁻⁶	0,187	74.100	13.876
	3	4.811	36 x 10 ⁻⁶	0,173	74.100	12.835
	4	4.066	36 x 10 ⁻⁶	0,146	74.100	10.846
November	1	2.117	36 x 10 ⁻⁶	0,076	74.100	5.647
	2	1.961	36 x 10 ⁻⁶	0,071	74.100	5.230
	3	1.441	36 x 10 ⁻⁶	0,052	74.100	3.844
	4	1.389	36 x 10 ⁻⁶	0,050	74.100	3.704

37. Descriptives Statistic

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
EMISI	122	349	8661	4693,09	1552,461
TEBU	122	1206	34969	20474,34	6845,081
EFISIENSI	122	,60	,75	,6836	,04655
JARAK	122	310	1048898	535646,74	200734,452
Valid N (listwise)	122				

38. Uji Asumsi Klasik

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	JARAK, EFISIENSI, TEBU	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: EMISI_1

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,991 ^a	,983	,982	207,388	1,956

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	JARAK, EFISIENSI, TEBU	.	Enter

a. Predictors: (Constant), JARAK, EFISIENSI, TEBU

b. Dependent Variable: EMISI

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,866E8	3	95517047,927	2220,824	,000 ^a
	Residual	5075148,226	118	43009,731		
	Total	2,916E8	121			

a. Predictors: (Constant), JARAK, EFISIENSI, TEBU

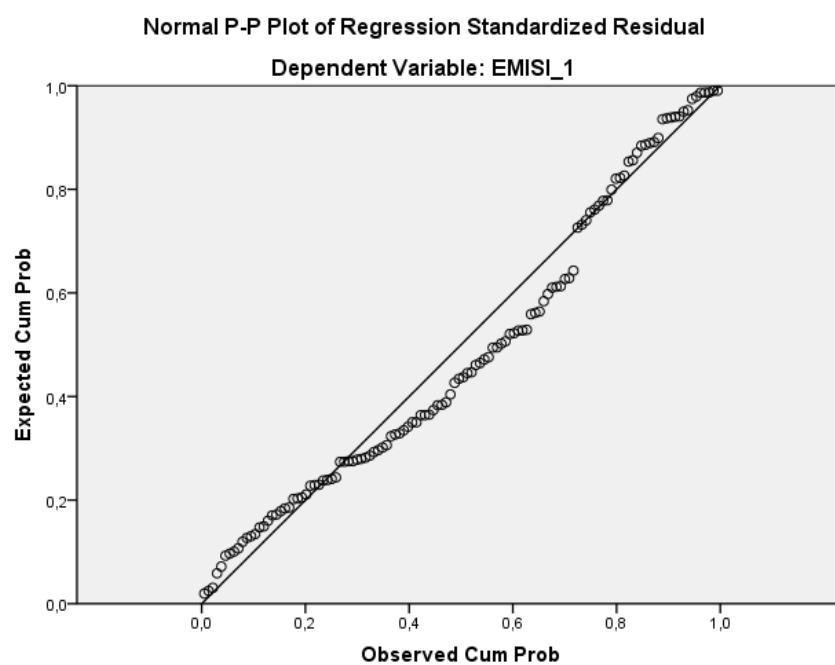
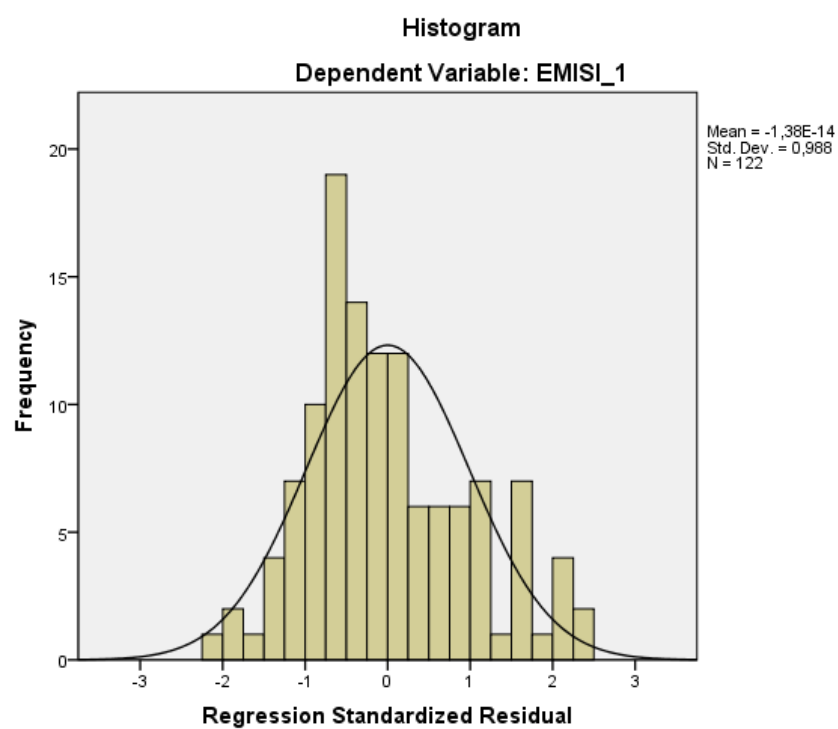
b. Dependent Variable: EMISI

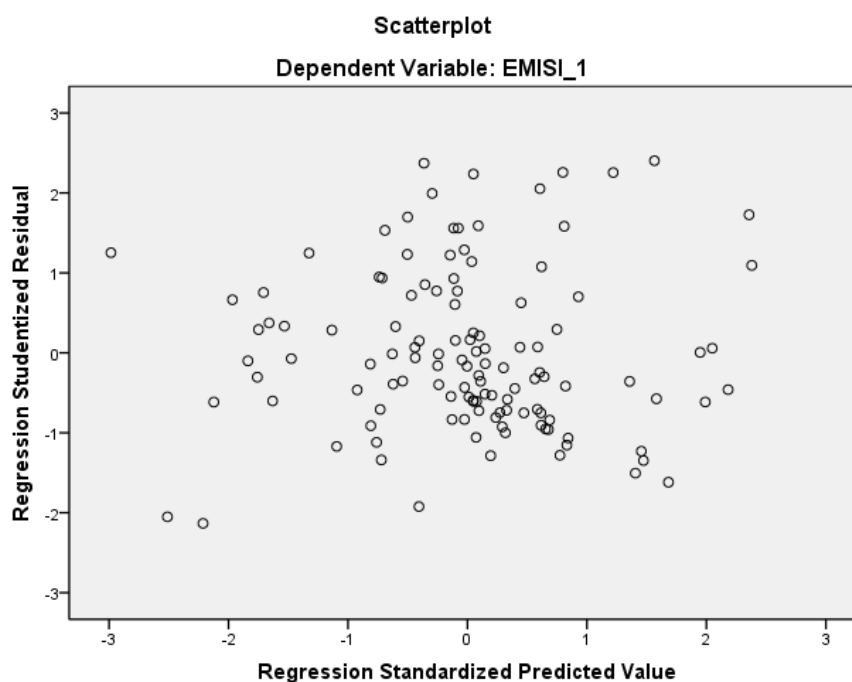
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	5442,351	288,261		18,880	,000		
	TEBU	,192	,006	,846	33,074	,000	,225	4,439
	EFISIENSI	-	408,884	-,228	-	,000	,981	1,019
	JARAK	7586,956	,001	,123	18,555	,000	,226	4,430

a. Dependent Variable: EMISI

39. Grafik





40. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		122
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	204,80081486
Most Extreme Differences	Absolute	,102
	Positive	,102
	Negative	-,053
Kolmogorov-Smirnov Z		1,127
Asymp. Sig. (2-tailed)		,158

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

41. Uji Regresi

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	JARAK, EFISIENSI, TEBU	.	Enter

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	JARAK, EFISIENSI, TEBU	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: AbsiRes

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	342,654	172,221		1,990	,049
	TEBU	,003	,003	,143	,733	,465
	EFISIENSI	-270,504	243,830	-,103	-1,109	,270
	JARAK	-8,899E-5	,000	-,146	-,752	,453

a. Dependent Variable: AbsiRes

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	JARAK, EFISIENSI, TEBU	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: EMISI

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,991 ^a	,983	,982	207,388

a. Predictors: (Constant), JARAK, EFISIENSI, TEBU

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,866E8	3	95517047,927	2220,824	,000 ^a
	Residual	5075148,226	118	43009,731		
	Total	2,916E8	121			

a. Predictors: (Constant), JARAK, EFISIENSI, TEBU

b. Dependent Variable: EMISI

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	5442,351	288,261		18,880	,000
TEBU	,192	,006	,846	33,074	,000
EFISIENSI	-7586,956	408,884	-,228	-18,555	,000
JARAK	,001	,000	,123	4,793	,000

a. Dependent Variable: EMISI