



TESIS

**PERMODELAN SISTEM DEFISIT EKOLOGIS UNTUK
MENGURANGI EMISI GAS CO₂ DI WILAYAH
PERKOTAAN GRESIK**

**ACHMAD GHOZALI
NRP. 3212 205 903**

**DOSEN PEMBIMBING
Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., Ph.D
Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg**

**PROGRAM MAGISTER
MANAJEMEN PEMBANGUNAN KOTA
JURUSAN ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESIS

**ECOLOGICAL DEFICIT SYSTEM MODELLING TO
REDUCE CO₂ GAS EMISSION IN GRESIK URBAN
AREA**

**ACHMAD GHOZALI
NRP. 3212 205 903**

**SUPERVISOR
Adjie Pamungkas, ST., M. Dev. Plg., Ph.D
Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg**

**MASTER PROGRAM
URBAN DEVELOPMENT MANAGEMENT
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015**

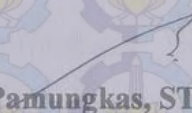
LEMBAR PENGESAHAN

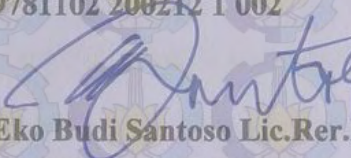
Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknologi (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

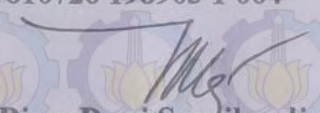
oleh:
ACHMAD GHOZALI
NRP. 3212 205 903

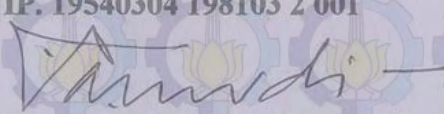
Tanggal Ujian : 8 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:

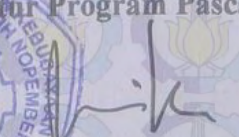
1.  Adjie Pamungkas, ST., M. Dev. Plg., Ph.D (Pembimbing I)
NIP. 19781102 200212 1 002

2.  Dr. Ir. Eko Budi Santoso Lic.Rer.Reg (Pembimbing II)
NIP. 19610726 198903 1 004

3.  Dr. Ir. Rima Dewi Suprihardjo, M.I.P (Penguji)
NIP. 19540304 198103 2 001

4.  Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono (Penguji)
NIP. 19610520 198601 1 001

Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.
NIP. 19640405 199002 1 001

PERMODELAN SISTEM DEFISIT EKOLOGIS UNTUK MENGURANGI EMISI GAS CO₂ DI WILAYAH PERKOTAAN GRESIK

Nama mahasiswa : Achmad Ghozali
NRP : 3212205903
Pembimbing : Adjie Pamungkas, ST., M. Dev. Plg., Ph.D
Co-Pembimbing : Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic. Rer. Reg.

ABSTRAK

Wilayah perkotaan Gresik sudah mengalami kondisi defisit ekologis dalam menyerap emisi gas CO₂ antara 0.25 sampai 0.36 gha pada tahun 2013. Kondisi ini ditunjukkan oleh pertumbuhan lahan terbangun seperti industri dan permukiman tumbuh tanpa diikuti oleh penyediaan lahan terbuka hijau. Tingginya produksi emisi gas CO₂ diluar kemampuan ruang terbuka hijau untuk menyerapnya. Sebagai wilayah pertumbuhan ekonomi berbasis industri dan aktifitas ekonomi yang tinggi, pengambilan kebijakan perlu dilakukan dengan memahami hubungan sistem emisi gas CO₂. Faktor dinamis antara produksi dan penyerap emisi gas CO₂ perlu diketahui dalam menentukan langkah strategis untuk mengurangi defisit ekologis. Oleh karenanya, penentuan model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik melalui pendekatan telapak ekologis sangatlah diperlukan. Model ini dapat dijadikan sebagai alat optimasi penggunaan lahan untuk mengurangi emisi gas CO₂.

Dalam menentukan model, langkah pertama yang dilakukan adalah identifikasi faktor keseimbangan emisi gas CO₂ melalui analisis konten terhadap hasil in depth interview terhadap 5 stakeholders. Langkah kedua adalah analisis sistem hubungan antar faktor keseimbangan emisi gas CO₂ melalui analisis konten dan konseptualisasi sistem dalam diagram causal loop. Langkah terakhir adalah menentukan model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ melalui permodelan sistem dinamik menggunakan software STELLA v9.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model sistem defisit ekologis terdiri dari 6 sub model yaitu kependudukan, kegiatan perumahan, kegiatan industri, kegiatan transportasi, penggunaan lahan dan status ekologi. Hasil validasi model melalui uji replikasi menunjukkan bahwa model fit dengan nilai error dibawah 0.1. Validasi melalui uji ekstrem juga menunjukkan bahwa perilaku model masih bersifat rasional. Selain itu, hasil analisa sensitivitas menunjukkan bahwa faktor jumlah kendaraan bermotor, jumlah industri dan luas lahan non terbangun

memiliki nilai sensitivitas yang besar terhadap penurunan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Jika digabungkan kesemua faktor sensitif tersebut dalam sebuah uji simulasi skenario, pengurangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik pada tahun 2031 akan terjadi sebesar 33.45% dengan peningkatan status ekologis dari minor deficit 0,37 menjadi 0.19. Hasil uji simulasi skenario tersebut membuktikan bahwa model berjalan dengan baik untuk membantu menentukan kebijakan strategis dalam mengurangi defisit ekologis emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Kata Kunci : Emisi Gas CO₂, Defisit Ekologis, Telapak Ekologis, dan Sistem Dinamik

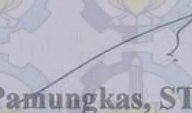
LEMBAR PENGESAHAN

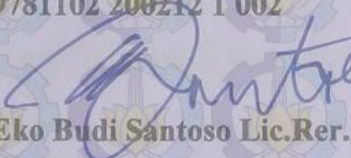
Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknologi (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

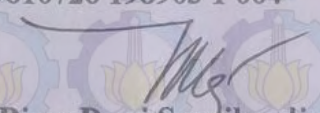
oleh:
ACHMAD GHOZALI
NRP. 3212 205 903

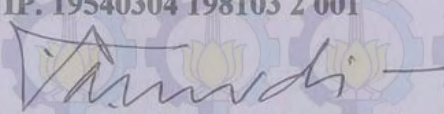
Tanggal Ujian : 8 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:

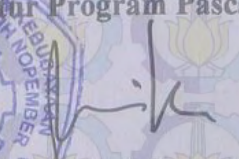
1.  Adjie Pamungkas, ST., M. Dev. Plg., Ph.D (Pembimbing I)
NIP. 19781102 200212 1 002

2.  Dr. Ir. Eko Budi Santoso Lic.Rer.Reg (Pembimbing II)
NIP. 19610726 198903 1 004

3.  Dr. Ir. Rima Dewi Suprihardjo, M.I.P (Penguji)
NIP. 19540304 198103 2 001

4.  Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono (Penguji)
NIP. 19610520 198601 1 001

Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.
NIP. 19640405 199002 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis berjudul “Permodelan Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ di Wilayah Perkotaan Gresik”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu proses penyelesaian Tesis ini, antara lain:

1. Bapak Adjie Pamungkas, ST., M. Dev. Plg., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic. Rer. Reg selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing, memberikan motivasi dan nasihat hingga Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Dr.Ir. Rima Dewi Suprihardjo, MIP ; Bapak Dr-Ing. Ir. Bambang Soemardiono selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritik dan saran sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
3. Keluarga penulis, terutama kedua orang tua (Moch Nurpa'I dan Patemi) serta kedua orang tua kedua (Saidi dan Tukaiyah) yang selalu memberikan doa, restu, dan motivasi yang tidak pernah terputus.
4. Seluruh dosen Magister Arsitektur terutama bidang Manajemen Pembangunan Kota yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat;
5. Widya Nirmala, Ainun Dita, Retno Ariyanti yang tidak kenal putus asa untuk terus memberikan motivasi dan dukungan sampai tesis ini terselesaikan.
6. Seluruh rekan MPK 2012 atas semua motivasi, bantuan, kritik, dan saran yang telah diberikan.
7. Merisa Kurniasari, Ika Permata Hati dan Rizal Novanda yang telah membantu survei dan rekapitulasi data.
8. Ibu Nur Aisyah dan Ibu Heri yang telah berkenan memberikan data kebutuhan penelitian.
9. Seluruh responden penelitian baik narasumber kunci, rumah tangga dan industri/perusahaan yang telah berkenan memberikan pendapat, keilmuan, dan data penelitian.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan serta terbatasnya kemampuan penulis dalam penyusunan Tesis, penulis menyadari adanya keterbatasan dan ketidaksempurnaan dari hasil Tesis ini. Oleh karena itu, saran yang membangun sangat penulis harapkan

Surabaya, Januari 2015

Penulis

“everyday is a new chance”

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Lembar Pernyataan Keaslian Tesis.....	iii
Abstrak.....	v
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel.....	xix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Sasaran	5
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.4.1. Ruang Lingkup Wilayah	5
1.4.2. Ruang Lingkup Pembahasan.....	5
1.4.3. Ruang Lingkup Substansi	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.5.1. Manfaat Teoritis	6
1.5.2. Manfaat Praktis	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	7
1.7. Kerangka Pemikiran	8
 BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	 11
2.1. Perubahan Iklim (<i>Climate Change</i>).....	11
2.1.1. Pengertian Perubahan Iklim.....	11
2.1.2. Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim	18
2.1.3. Emisi Gas CO ₂	25
2.1.3.1. Pertumbuhan Alami Gas CO ₂	25
2.1.3.2. Pertumbuhan Emisi Gas CO ₂ Akibat Aktivitas Perkotaan.....	28
2.1.3.3. Faktor Penyerap Emisi Gas CO ₂	33

2.2.	Perkembangan Kota Terhadap Pertumbuhan Emisi Gas CO ₂	35
2.2.1.	Perubahan Penggunaan Lahan	35
2.2.2.	Jenis Penggunaan Lahan	37
2.2.3.	Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Gas CO ₂	39
2.2.3.1.	Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan.....	39
2.2.3.2.	Faktor Penyediaan Ruang Terbuka Hijau	44
2.3.	Pendekatan Dalam Upaya Mengurangi Dampak Perubahan Iklim (<i>Climate Change</i>).....	46
2.3.1.	Konsep Telapak Ekologis (<i>Ecological Footprint</i>).....	46
2.3.2.	Konsep Jejak Karbon (<i>Carbon Footprint</i>)	48
2.4.	Sintesa Pustaka.....	53
BAB III METODE PENELITIAN.....		57
3.1.	Pendekatan Penelitian.....	57
3.2.	Jenis Penelitian	57
3.3.	Variabel Penelitian	58
3.4.	Metode Penelitian.....	63
3.4.1.	Metode Pengambilan Sampel	63
3.4.1.1.	Metode Penentuan <i>Stakeholders</i>	63
3.4.1.2.	Metode Pengambilan Sampel Responden	63
3.4.2.	Metode Pengumpulan Data	65
3.4.2.1.	Metode Pengumpulan Data Primer.....	65
3.4.2.2.	Metode Pengumpulan Data Sekunder	67
3.4.3.	Metode Analisa.....	69
3.4.3.1.	Identifikasi Faktor Keseimbangan Lingkungan dalam Mereduksi Emisi gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik Berdasarkan Pendekatan Telapak Ekologis	69
3.4.3.3.	Menganalisis Skenario Perilaku Model Dinamik Hubungan Masing-Masing Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Pertumbuhan Emisi Gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik	71
3.4.3.4.	Merumuskan Arah Bentuk Optimasi Penggunaan Lahan Untuk Menurunkan Tingkat Emisi Co ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik	72

3.5.	Tahapan Penelitian	85
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		91
4.1.	Gambaran Umum Wilayah Studi	91
4.1.1.	Geografis Wilayah Studi	91
4.1.2.	Kependudukan	92
4.1.2.1.	Jumlah dan Kepadatan Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	92
4.1.2.2.	Angka Kelahiran Bayi Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	97
4.1.2.3.	Angka Kematian Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	98
4.1.2.4.	Angka Imigrasi Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	99
4.1.2.5.	Angka Emigrasi Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	101
4.1.2.6.	Jumlah Rumah Tangga	103
4.1.3.	Penggunaan Lahan dan Perubahan Penggunaan Lahan	106
4.1.3.1.	Penggunaan Lahan.....	106
4.1.3.2.	Ruang Terbuka Hijau.....	106
4.1.3.3.	Perubahan Penggunaan Lahan.....	109
4.1.4.	Kondisi Perindustrian	110
4.1.5.	Transportasi Perkotaan Gresik.....	113
4.1.6.	Konsumsi Energi Rumah Tangga Perkotaan Gresik	117
4.1.7.	Timbulan Sampah dan Pembakaran Sampah Rumah Tangga.....	118
4.1.8.	Konsumsi Energi Transportasi Perkotaan Gresik.....	118
4.1.9.	Konsumsi Energi Listrik Perkotaan Gresik	119
4.2.	Analisa dan Pembahasan	121
4.2.1.	Identifikasi Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik Berdasarkan Pendekatan Telapak Ekologis	121
4.2.2.	Analisis Sistem Hubungan Masing-Masing Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	141
4.2.2.1.	Analisis Konten Hubungan Masing - Masing Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO ₂	141
4.2.2.2.	Menyusun <i>Causal Loop Diagram</i> Hubungan Antar Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO ₂	161

4.2.3.	Membangun Model Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik	167
4.2.3.1.	Penyusunan <i>Stock and Flow Diagram</i>	167
4.2.3.2.	Formulasi Model	181
4.2.3.3.	Verifikasi Model	185
4.2.3.4.	Validasi Model	186
4.2.3.5.	Simulasi Model	197
4.2.3.6.	Uji Sensitivitas Faktor	212
4.2.3.7.	Uji Simulasi Skenario Pada Model	215
BAB V	PENUTUP	231
5.1	Kesimpulan	231
5.2.	Saran.....	237
5.3.	Rekomendasi Penelitian Lanjutan.....	237
DAFTAR PUSTAKA		239
LAMPIRAN		249

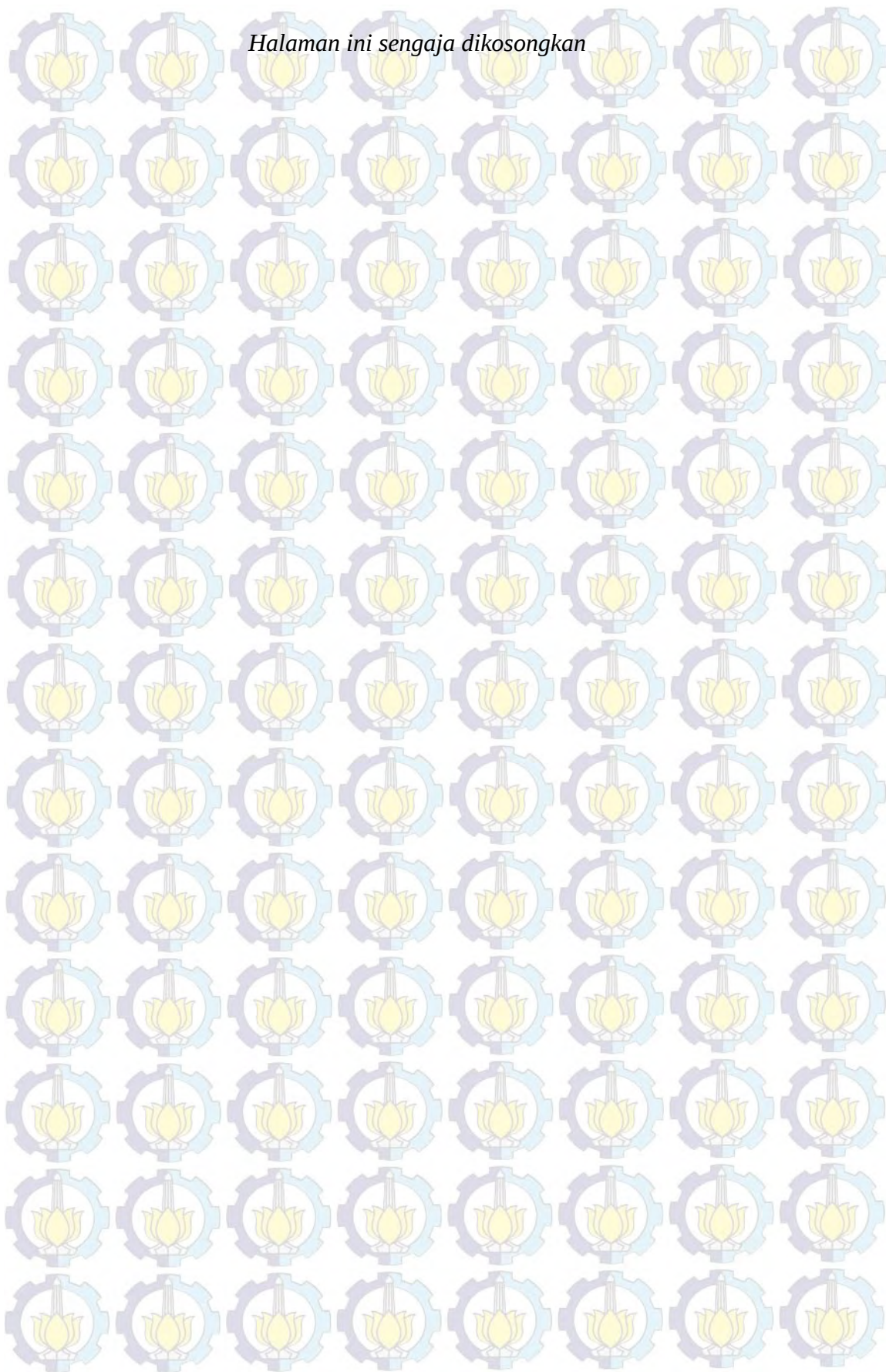
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Perubahan Iklim	16
Tabel 2. 2. Bentuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim	23
Tabel 2. 3. Aktivitas Emisi yang Dihitung dari beberapa Penelitian	52
Tabel 2. 4. Sintesa Kajian Pustaka	54
Tabel 3. 1. Variabel Penelitian untuk Seluruh Sasaran Penelitian.....	59
Tabel 3. 2. Narasumber (<i>Stakeholders</i>) Dalam Analisis In Depth Interview.....	63
Tabel 3. 3. Pengambilan Sampel Masing-Masing Kecamatan	65
Tabel 3. 4. Data dan Perolehan Data Primer.....	66
Tabel 3. 5. Data dan Perolehan Data Sekunder.....	67
Tabel 3. 6. Nilai EF dan NCV Beberapa Jenis Bahan Bakar	74
Tabel 3. 7. Nilai EF beberapa Jenis Industri	76
Tabel 3. 8. Daya Serap CO ₂ pada Setiap Jenis Tutupan Vegetasi	80
Tabel 3. 9. Tahapan Penelitian.....	89
Tabel 4. 1. Wilayah Administrasi Perkotaan Gresik.....	91
Tabel 4. 2. Jumlah dan Laju Pertumbuhan Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	95
Tabel 4. 3. Kepadatan Penduduk Perkotaan Gresik Tahun 2006-2012	97
Tabel 4. 4. Angka Kelahiran Bayi Di Wilayah Perkotaan Gresik	98
Tabel 4. 5. Angka Kematian Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik	99
Tabel 4. 6. Angka Perpindahan Penduduk Masuk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	101
Tabel 4. 7. Angka Penduduk Keluar Wilayah Perkotaan Gresik.....	102
Tabel 4. 8. Jumlah KK Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	104
Tabel 4. 9. Jumlah Rumah Per Kecamatan Di Wilayah Perkotaan Gresik	105
Tabel 4. 10. Jenis RTH Publik Di Perkotaan Gresik.....	107
Tabel 4. 11. Pertumbuhan Industri Kimia Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	111
Tabel 4. 12. Pertumbuhan Industri Logam Di Wilayah Perkotaan Gresik	112
Tabel 4. 13. Pertumbuhan Industri Pupuk Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	112
Tabel 4. 14. Pertumbuhan Industri Kayu Di Wilayah Perkotaan Gresik	113
Tabel 4. 15. Jumlah Angkutan Umum Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	114
Tabel 4. 16. Jumlah Kendaraan Pribadi Di Wilayah Perkotaan Gresik	115

Tabel 4. 17. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Wilayah Perkotaan Gresik (2006-2013)..	116
Tabel 4.18. Rata-rata Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Di Wilayah Perkotaan Gresik	117
Tabel 4. 19 Jumlah Konsumsi Energi Rumah Tangga di Wilayah Perkotaan Gresik.....	118
Tabel 4. 20 Timbunan Sampah Rumah Tangga di Perkotaan Gresik	118
Tabel 4. 21 Jumlah Konsumsi Energi Transportasi di Perkotaan Gresik.....	119
Tabel 4. 22 Penggunaan Listrik di Perkotaan Gresik.....	120
Tabel 4. 23 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kegiatan Industri ...	123
Tabel 4. 24 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kegiatan Perumahan	128
Tabel 4. 25 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kegiatan Transportasi	131
Tabel 4. 26 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kependudukan	133
Tabel 4. 27 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO ₂	134
Tabel 4. 28 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kebijakan Pemerintah	137
Tabel 4. 29. Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Kendaraan Dan Simulasi .	187
Tabel 4. 30 Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Kendaraan Dan Simulasi ...	193
Tabel 4. 31 Perhitungan Error Antara Data Aktual Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Dan Simulasi.....	194
Tabel 4. 32. Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga Dan Simulasi	194
Tabel 4. 33. Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Rumah Tangga Dan Rata-rata Anggota Rumah Tangga Dan Simulasi	195
Tabel 4. 34 Perhitungan Error Antara Data Aktual Kapasitas Produksi Industri Kayu Dan Simulasi.....	195
Tabel 4. 35 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Kimia Dan Simulasi	196
Tabel 4. 36 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Logam Dan Simulasi.....	196
Tabel 4. 37 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Pupuk Dan Simulasi	197

Tabel 4. 38 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Pupuk Dan Simulasi	198
Tabel 4. 39 Produksi Emisi Gas CO ₂ dari Kegiatan Perumahan Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton).....	201
Tabel 4. 40 Produksi Emisi Gas CO ₂ dari Kegiatan Transportasi Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton).....	204
Tabel 4. 41 Produksi Emisi Gas CO ₂ dari Kegiatan Industri Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton).....	206
Tabel 4. 42 Perubahan Telapak Ekologis dan Biokapasitas Tahun 2014 dan Tahun 2031	209
Tabel 4. 43 Produksi Emisi Gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton).....	211
Tabel 4. 44 Manipulasi Nilai Faktor Yang Dilakukan Pada Uji Sensitivitas.....	213
Tabel 4. 45 Indeks Sensitivitas Hasil Simulasi Uji Sensitivitas.....	214
Tabel 4. 46 Uji Skenario Penurunan Emisi Gas CO ₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik.....	216
Tabel 4. 47 Perubahan Emisi Faktor Setelah Terjadi Efisiensi Energi Pada Jenis Industri	220
Tabel 4. 48 Perbandingan Antar Skenario Pada Masing-Masing Item Perhitungan.....	224

Halaman ini sengaja dikosongkan



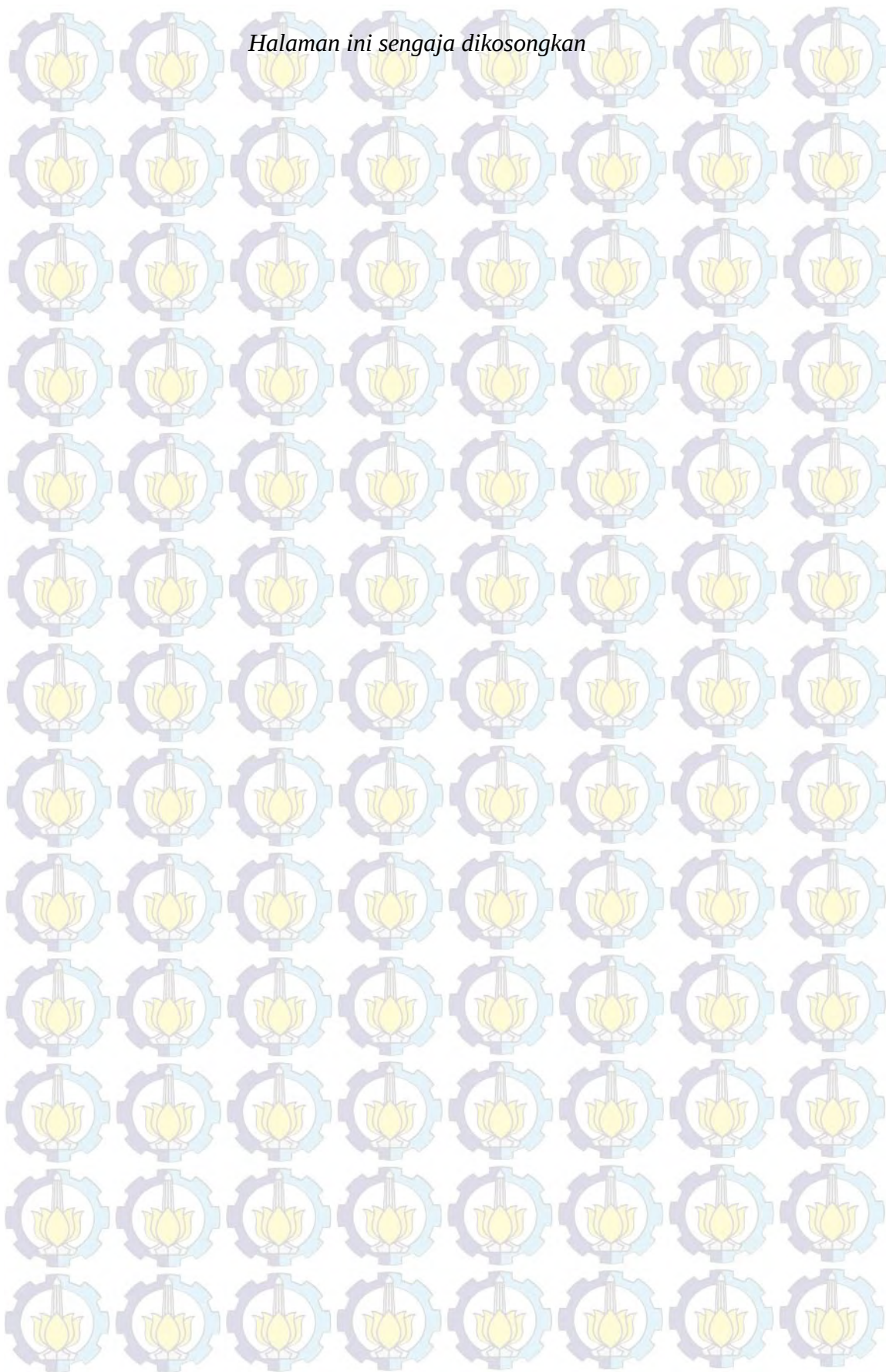
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	8
Gambar 1.2. Orientasi Wilayah Studi	9
Gambar 2. 1. Sinergi Mitigasi-Adaptasi dalam perubahan Iklim	19
Gambar 2. 2. Komponen dan alur proses perubahan Iklim	20
Gambar 2. 3. Kosentrasi CO ₂ dan Peningkatan Rata-Rata Temperatur Bumi	29
Gambar 2. 4. Aktivitas Manusia dan Hubungannya dengan Gas Rumah Kaca...	30
Gambar 2. 5. Proses Perubahan Guna Lahan.....	36
Gambar 2. 6. Kedudukan Konsep <i>Carbon Footprint</i> Dalam Telapak Ekologis..	49
Gambar 3. 1. Hipotesa Hubungan Antar Variabel Dalam Sistem Model Ecological Deficit Dalam Mengurangi Emisi gas CO ₂ Dari Hasil Kajian Teori	62
Gambar 3. 2. Proses Analisa Sasaran 1	70
Gambar 3. 3. Contoh Pemberian Kode Pada Transkrip Wawancara	71
Gambar 3. 4. Ilustrasi permodelan variabel penduduk pada STELLAv9	73
Gambar 3. 5. Tahapan Analisis Sasaran 2	85
Gambar 3. 6. Tahapan Penelitian	87
Gambar 4. 1. Wilayah Administratif dan Penggunaan Lahan Eksisting Wilayah Studi...	93
Gambar 4. 2. Jumlah Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik Tahun 2006-2012.....	100
Gambar 4. 3. Pertumbuhan Kepadatan Penduduk Perkotaan Gresik Tahun 2006 – 2012	101
Gambar 4. 4. Pertumbuhan Kelahiran Bayi Di Wilayah Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012	102
Gambar 4. 5. Pertumbuhan Angka Kematian Di Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012 ...	104
Gambar 4. 6. Pertumbuhan Angka Imigrasi Di Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012.....	105
Gambar 4. 7. Pertumbuhan Angka Emigrasi Di Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012 ...	107
Gambar 4. 8. Pertumbuhan Jumlah KK Di Perkotaan Gresik Tahun 2006-2012	108
Gambar 4. 9. Jumlah Rumah Tinggal dan KK Di Perkotaan Gresik Tahun 2012	110
Gambar 4. 10. Penggunaan Lahan Di Perkotaan Gresik Tahun 2012.....	111

Gambar 4. 11. Alun-Alun Gresik (A), Hutan Kota Petrokimia (B), Taman Kota GKB (C) dan Lapangan Olahraga (D)	113
Gambar 4. 12. Lahan Pertanian (A), Lahan Kosong (B).....	114
Gambar 4. 13. Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2008-2012	114
Gambar 4. 14. Pertumbuhan Jumlah Industri Tahun 2008-2012	115
Gambar 4. 15. Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Roda 4 dan Lebih (unit).....	120
Gambar 4. 16 Grafik Pertumbuhan Sepeda Motor (unit).....	121
Gambar 4. 17 Grafik Perkembangan Konsumsi Energi Listrik di Perkotaan Gresik.....	125
Gambar 4. 18 Perbandingan Prosentase Pembahasan Indikator Oleh Narasumber	127
Gambar 4. 19 Keterkaitan Peningkatan jumlah industri terhadap Produksi Emisi Gas CO ₂	147
Gambar 4. 20 Keterkaitan Peningkatan Jumlah Industri Terhadap Produksi Emisi Gas CO ₂	148
Gambar 4. 21 Keterkaitan faktor Kapasitas Produksi	151
Gambar 4. 22 Hipotesa Hubungan Faktor Dalam Kegiatan Perumahan.....	152
Gambar 4. 23 Keterkaitan Faktor Jumlah Rumah Tangga terhadap Produksi Emisi gas CO ₂	155
Gambar 4. 24 Keterkaitan Faktor Jumlah Rumah Tangga terhadap Produksi Emisi gas CO ₂	155
Gambar 4. 25 Keterkaitan Faktor Kegiatan Transportasi terhadap Produksi Emisi gas CO ₂	158
Gambar 4. 26 Hipotesa Hubungan Faktor Kependudukan.....	159
Gambar 4. 27 Keterkaitan Faktor Jumlah Penduduk terhadap Produksi Emisi gas CO ₂	160
Gambar 4. 28 Hubungan Faktor Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO ₂	161
Gambar 4. 29 Hubungan Faktor Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO ₂	165
Gambar 4.30 <i>Causal Loop Diagram</i> Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Pertumbuhan Emisi Gas CO ₂	168
Gambar 4. 31 Model Utama Hubungan Antar Sub Model yang berpengaruh terhadap pertumbuhan emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik.....	174
Gambar 4. 32 Sub Model Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga.....	175
Gambar 4. 33 Sub Model Kegiatan Perumahan	178
Gambar 4. 34 Sub Model Kegiatan Industri.....	182
Gambar 4. 35 Sub Model Kegiatan Transportasi	183
Gambar 4. 36 Sub Model Penggunaan Lahan.....	184

Gambar 4. 37 Sub Model Energi Status Ekologi	185
Gambar 4. 38 Hasil Pengecekan Unit Pada Seluruh Sub Model	190
Gambar 4. 39 Verifikasi Struktur Model	191
Gambar 4. 40 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Produksi Emisi Gas CO ₂	193
Gambar 4. 41 Hasil Uji Ekstrim Faktor Jumlah Penduduk.....	193
Gambar 4. 42 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Kapasitas Produksi Industri Pupuk.....	194
Gambar 4. 43 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Kapasitas Produksi Industri Logam	194
Gambar 4. 44 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Kapasitas Produksi Industri Kimia.....	195
Gambar 4. 45 Hasil Uji Ekstrim Faktor Jumlah Sepeda Motor	195
Gambar 4. 46 Hasil Uji Ekstrim Faktor Jumlah Kendaraan Roda 4	196
Gambar 4. 47 Hasil Uji Kondisi Ekstrim Faktor Jumlah Kendaraan Roda 4 Lebih	196
Gambar 4. 48 Hasil Simulasi Emisi Sektor Rumah Tangga	205
Gambar 4. 49 Simulasi Komposisi Emisi Gas CO ₂ Kegiatan Perumahan.....	205
Gambar 4. 50 Hasil Simulasi Produksi Emisi Gas CO ₂ Pada Sub Model Kegiatan Transportasi	207
Gambar 4.51 Simulasi Komposisi Produksi Emisi Gas CO ₂ Berdasarkan Jenis Bahan Bakar	208
Gambar 4. 52 Simulasi Komposisi Produksi Emisi Gas CO ₂ Berdasarkan Jenis Kendaraan	208
Gambar 4. 53 Hasil Simulasi Total Produksi Emisi Gas CO ₂ Sektor Industri.....	210
Gambar 4. 54 Simulasi Komposisi Emisi Sub Model Kegiatan Industri.....	211
Gambar 4. 55 Hasil Simulasi Emisi Sub Model Penggunaan lahan	213
Gambar 4. 56 Hasil Simulasi Status Ekologi	214
Gambar 4. 57 Hasil Simulasi Komposisi Total Produksi Emisi Gas CO ₂	215
Gambar 4. 58 Hasil Simulasi Skenario Pembatasan Jumlah Kendaraan Pribadi Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis.....	223
Gambar 4. 59 Hasil Simulasi Skenario Mempertahankan 30% Lahan Hijau Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis.....	224
Gambar 4. 60 Hasil Simulasi Skenario Pembatasan Pertumbuhan dan Efisiensi Energi Industri Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis	226
Gambar 4. 61 Hasil Simulasi Skenario Gabungan Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis.....	227

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lahan merupakan salah satu sumberdaya alam yang terbatas. Penggunaan lahan yang tidak dilakukan secara optimal berdampak pada degradasi lingkungan. Menurut Kodoatie (2010) sumberdaya lahan mempunyai daya dukung yang terbatas baik kuantitas, kualitas dan kontinuitas untuk mendukung aktivitas di atasnya. Penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kaidah lingkungan akan mengganggu kelangsungan alam, pencemaran lingkungan, penurunan produktivitas lahan, dan meningkatkan masalah sosial (Widiatmaka, 2007 dan Arsyad, dkk, 2008).

Untuk mengeliminasi kerusakan lingkungan, pembangunan harus memperhatikan daya dukung lingkungan. Pembangunan harus ditempatkan dalam perspektif berkelanjutan (Hadi, 2001) dan menjaga kaidah keseimbangan lingkungan (Soemarwoto, 2004). Dengan tetap menjaga keseimbangan lingkungan maka produksi alam untuk mendukung kelangsungan hidup manusia dapat terjaga. Salah satu implementasi konsep daya dukung lingkungan hidup untuk pembangunan berkelanjutan adalah melalui pendekatan telapak ekologis (Mc Donald dan Petterson, 2003).

Konsep telapak ekologis merupakan pendekatan perhitungan daya dukung wilayah melalui ukuran keseimbangan konsumsi penduduk terhadap alam dan kemampuan alam dalam menyediakan sumberdaya alam serta menyerap limbah (Wackernagel dan Ress, 1996). Dengan demikian, pendekatan telapak ekologis ditujukan untuk menunjukkan ketergantungan hidup manusia terhadap alam dan kapasitas sumberdaya alam di masa yang akan datang melalui sebuah ukuran keberlanjutan (Constanza, 2000 dan Dirjen PU, 2011).

Daya dukung wilayah dalam konsep telapak ekologis tercermin dalam parameter defisit ekologis. Defisit ekologis merupakan selisih antara konsumsi sumberdaya alam atau produksi limbah buangan yang dihasilkan penduduk (telapak ekologis) dengan kemampuan alam dalam menyediakan sumberdaya

untuk konsumsi dan menyerap limbah (biokapasitas) dalam satuan lahan global (gha) (*Global Footprint Network*, 2012). Oleh karena itu ukuran keseimbangan lingkungan suatu wilayah dalam mendukung aktivitas di atasnya dapat diketahui.

Salah satu unsur keseimbangan lingkungan dalam konsep telapak ekologis adalah lahan penyerap gas CO₂. Gas CO₂ merupakan komponen penting dalam isu penting gas rumah kaca dan dapat mengakibatkan perubahan iklim (Samiaji, 2009 ; Astra, 2010). Meskipun gas ini bersifat mudah larut dalam air dan diserap oleh tanaman namun dalam 100 molekul CO₂, hanya 30% yang terarbsorbsi selama satu dekade dan 60% membutuhkan waktu lebih dari 6 dekade (Godish and Fu, 2003). Selain itu konsentrasi gas CO₂ meningkat signifikan dari 354,17 ppm pada tahun 1970 menjadi 385 ppm pada tahun 2008 (IPCC, 2007). Peningkatan ini terjadi akibat penggunaan lahan yang tidak seimbang (Widiatmaka, 2007) sehingga melampaui kapasitas lingkungan seperti vegetasi, air dan tanah untuk mengarsorbsi gas tersebut (Wilson and Piper, 2010).

Wilayah perkotaan Gresik yaitu Kecamatan Gresik, Kecamatan Manyar, Kecamatan Kebomas dan Kecamatan Duduksampeyan memiliki perubahan penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan perumahan dan industri yang drastis. Pada periode tahun 2011-2012 di wilayah perkotaan Gresik sudah terjadi penurunan luas kawasan hijau berupa sawah, tambak dan lahan kering sebesar 1.106,73 ha (BPS, 2012). Pertumbuhan lahan terbangun tersebut menjadikan pencemaran udara dan tingkat emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik lebih besar daripada wilayah kecamatan lain (Ghozali, dkk, 2013).

Hasil penelitian sebelumnya (Ghozali, dkk, 2013) menunjukkan bahwa wilayah perkotaan Gresik menghasilkan gas CO₂ dari aktivitas rumah tangga dan transportasi sebesar 1.34 juta ton/tahun atau 50,37 % dari total 2.657.660 ton/tahun gas CO₂ yang dihasilkan Kabupaten Gresik. Jumlah tersebut belum termasuk emisi gas CO₂ dari kegiatan pertanian yang jumlahnya mencapai 3,89 juta ton/tahun (BLH, 2012). Jumlah emisi CO₂ tersebut lebih besar daripada emisi CH₄ yang berdasarkan data BLH (2012) mencapai 1.1 juta ton/tahun dari kegiatan pertanian dan peternakan yang semakin menurun luasnya. Dengan demikian wilayah perkotaan Gresik ini memiliki andil besar dalam produksi emisi gas CO₂ di Kabupaten Gresik secara keseluruhan.

Kondisi ini sebagai dampak dari ketidakseimbangan penggunaan lahan industri dan permukiman yang terus tumbuh disamping lahan kawasan hijau berkurang (Arsyad, dkk 2008). Kegiatan industri dan transportasi merupakan penghasil emisi gas CO₂ terbesar (Astra, 2010). Pertumbuhan industri di wilayah perkotaan Gresik tumbuh signifikan. Pada periode 2007-2012 pertumbuhan jumlah industri skala sedang dan besar yang tercatat meningkat dari 242 unit menjadi 260 unit (BPS, 2008-2012). Jumlah tersebut merupakan 49% dari total industri yang ada di Kabupaten Gresik (BPS, 2012).

Selain itu, hasil temuan Ghazali, et al (2013) juga menunjukkan bahwa wilayah perkotaan Gresik sudah mengalami kondisi defisit ekologis emisi gas CO₂ pada level minor defisit (*minor deficit*). Masing-masing wilayah kecamatan di wilayah perkotaan Gresik memiliki defisit lahan penyerap gas CO₂ tahun 2012 sebesar 0.26 gha (Kecamatan Gresik), 0.36 gha (Kecamatan Manyar), 0.25 gha (Kecamatan Kebomas) dan 0.31 gha (Kecamatan Dudusampeyan). Dengan demikian penggunaan lahan produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik lebih besar daripada lahan penyerap emisi gas CO₂.

Masalah tersebut berlangsung dinamis akibat perubahan penggunaan lahan dari lahan terbuka hijau menjadi lahan terbangun yang berakibat pada produksi emisi gas CO₂ yang meningkat. Masalah tersebut seharusnya direspon bukan hanya pada bagaimana mengurangi emisi gas CO₂ di atmosfer namun juga bagaimana mengatur dampak yang tidak bisa dihindari (Wilson dan Piper, 2010). Dinamika keseimbangan lingkungan dalam proporsi penggunaan lahan bagi berbagai keperluan perlu diperhatikan (Soeriatmadja, 1981).

Pada umumnya penelitian tentang gas rumah kaca berfokus pada identifikasi sumber dan faktor emisi, permodelan matematis jumlah produksi emisi gas CO₂, permodelan produksi emisi gas CO₂ pada masa mendatang, dan permodelan lokasi berdasarkan tingkat emisi gas CO₂. Permodelan dengan pendekatan sistem dalam penanganan masalah peningkatan gas rumah kaca masih minim dilakukan.

Pendekatan sistem merupakan pendekatan holistik mencari pemecahan masalah dengan mengidentifikasi komponen sistem dalam skema permodelan yang dibuat mirip dengan sistem yang kompleks dan mensimulasikan skenario pemecahan masalah (Purnomo, 2003). Model sistem berguna untuk memahami

dinamika umpan balik antar komponen dalam sistem dan perubahannya terhadap waktu serta meramal perilaku sistem pada masa mendatang akibat suatu kebijakan (Axela dan Suryani, 2012).

Dengan demikian dalam kaitannya dengan defisit ekologis emisi gas CO₂ penggunaan model sistem yang merupakan representasi dari sistem nyata antar faktor keseimbangan emisi gas CO₂ yang terdiri dari komponen produksi dan penyerap emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Model tersebut dapat menjelaskan apa dan bagaimana suatu keputusan rasional akan dibuat untuk meminimalkan defisit ekologis akibat emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik sehingga dinamika pembangunan dapat selaras dengan lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik melalui pendekatan telapak ekologis dan pemahaman sistem.

1.2. Rumusan Masalah

Pertumbuhan wilayah perkotaan Gresik mengalami ketidakseimbangan ekologis emisi gas CO₂. Pertumbuhan lahan terbangun seperti industri dan permukiman di wilayah tersebut tinggi. Produksi emisi gas CO₂ juga turut meningkat diluar kemampuan ruang terbuka hijau untuk menyerapnya. Kondisi ini tidak diikuti oleh penyediaan lahan terbuka hijau untuk menyerap emisi gas CO₂. Wilayah perkotaan Gresik mengalami kondisi defisit untuk menyerap emisi gas CO₂. Ketidakseimbangan ini dapat berakibat pada masalah pemanasan global.

Sebagai wilayah pertumbuhan lahan terbangun terutama industri dan aktivitas perekonomian yang tinggi maka pengambilan keputusan untuk mengurangi emisi gas CO₂ perlu dilakukan secara holistik dalam dinamika keseimbangan emisi gas CO₂ yang terdiri dari komponen produksi dan penyerap emisi gas CO₂. Dengan demikian diperlukan pemahaman terhadap sistem pertumbuhan emisi CO₂ di wilayah perkotaan Gresik salah satunya melalui penggunaan model sistem defisit ekologis. Berdasarkan rumusan masalah tersebut pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah **“Bagaimana hubungan antar faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂ dalam sistem defisit ekologis emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik ?”**.

1.3. Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik melalui pendekatan telapak ekologis. Model sistem yang akan didapatkan ini dapat dijadikan sebagai alat optimasi penggunaan lahan untuk menurunkan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Tujuan tersebut dicapai dengan beberapa capaian sasaran antara lain :

1. Mengidentifikasi faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik berdasarkan pendekatan telapak ekologis.
2. Menganalisis sistem hubungan antar masing-masing faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.
3. Menentukan model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

1.4.1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah penelitian ini adalah satuan wilayah pembangunan (SWP) II dalam RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031. SWP II merupakan wilayah perkotaan Gresik yang memiliki karakteristik perkembangan wilayah yang identik yaitu kegiatan perkotaan. Wilayah tersebut terdiri dari Kecamatan Gresik, Kecamatan Kebomas, Kecamatan Manyar, dan Kecamatan Duduksampeyan. Secara Geografis wilayah penelitian terletak pada 7⁰ 02' - 7⁰ 12' LS dan 112⁰ 28' - 112⁰ 40' dengan luas total adalah ± 217,97 km² dengan batas-batas seperti pada **Gambar 1.2** sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kecamatan Bungah

Sebelah Timur : Selat Madura

Sebelah Selatan : Kota Surabaya, Kecamatan Cerme dan Kecamatan Benjeng

Sebelah Barat : Kabupaten Lamongan

1.4.2. Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup pembahasan dalam penelitian ini mencakup hubungan pertumbuhan produksi emisi gas CO₂ dan ketersediaan lahan penyerap emisi gas

CO₂ dalam mengurangi karbon defisit di wilayah perkotaan Gresik. Aspek yang dibahas antara lain : dinamika sistem emisi gas CO₂, aktifitas perkotaan penghasil emisi gas CO₂, perubahan penggunaan lahan, dinamika sistem keseimbangan lingkungan dan simulasi sistem telapak ekologis emisi gas CO₂. Lingkup pembahasan penelitian ini terbatas pada :

1. Pembahasan pada aspek perumahan, industri dan transportasi sebagai penghasil emisi CO₂ terbesar.
2. Aspek industri hanya mencakup proses produksi industri yang dominan di wilayah studi yaitu industri logam, kimia, kayu dan pupuk.
3. Ruang analisis hanya pada kontribusi wilayah penelitian terhadap emisi gas CO₂ dan tidak terkait hubungan ekspor dan impor emisi gas CO₂ wilayah lain.

1.4.3. Ruang Lingkup Substansi

Ruang lingkup substansi yang dibahas dalam penelitian ini antara lain teori perkembangan kota, jenis penggunaan lahan, perubahan dan manajemen penggunaan lahan, ruang terbuka hijau, siklus alami gas CO₂, aktifitas perkotaan penghasil emisi gas CO₂, kegiatan produksi industri, konsep telapak ekologis (*ecological footprint*), dan konsep dasar jejak karbon (*carbon footprint*).

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah pengembangan penerapan konsep telapak ekologis dengan menggabungkannya kedalam konsep manajemen ekologi perkotaan terkait emisi gas CO₂. Selain itu penggunaan model sistem dinamik dapat memberikan referensi dan kontribusi pengembangan ilmu manajemen pembangunan kota khususnya dalam keseimbangan lingkungan terkait produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan.

1.5.2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah model sistem dinamik yang dihasilkan dapat membantu pengambil keputusan untuk melakukan optimasi lahan

untuk menurunkan tingkat emisi CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Dengan demikian diharapkan kebijakan pembangunan wilayah perkotaan Gresik dilakukan dengan memperhatikan keseimbangan lingkungan terutama dalam hal mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari 5 (lima) bab pembahasan antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian serta manfaat penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini membahas kajian teoritis penggunaan lahan, daya dukung lingkungan, telapak ekologis dan keseimbangan lingkungan sehingga didapatkan indikator dan variabel yang digunakan dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini berisi metode penelitian, pendekatan penelitian, metode pengumpulan data, metode analisa data, dan tahapan analisis data dan jadwal pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

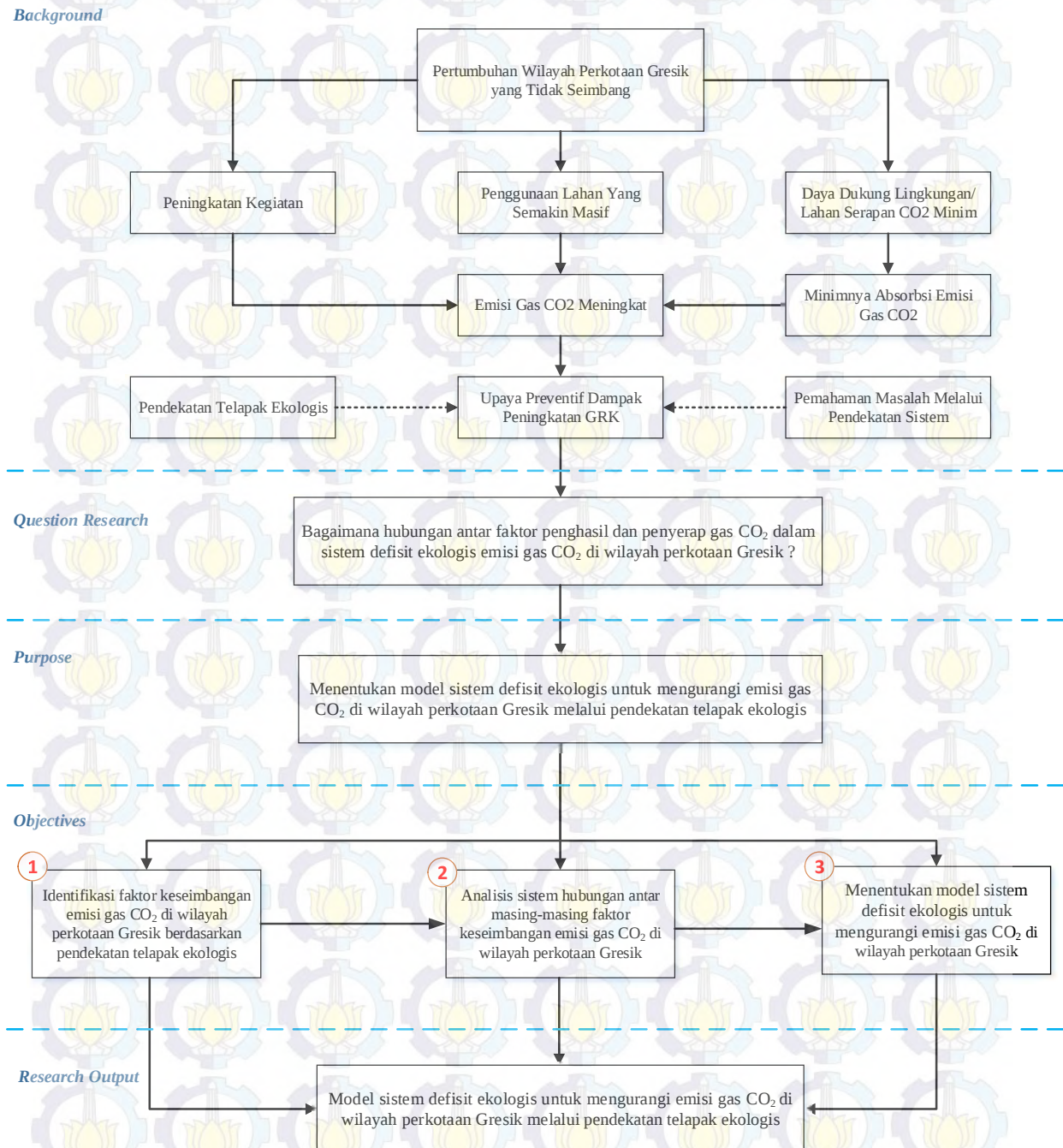
Bagian ini berisi gambaran umum wilayah perkotaan Gresik. Pada bab ini juga dipaparkan hasil analisis faktor keseimbangan emisi gas CO₂ serta sistem hubungan masing-masing faktor. Pada bagian akhir dijelaskan hasil model defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

BAB V PENUTUP

Berisi simpulan keseluruhan analisis yang telah dilakukan dalam rangka menjawab tujuan penelitian. Selain itu juga berisi saran dan rekomendasi terkait temuan hasil analisis baik untuk penelitian lanjutan atau untuk pengambilan kebijakan.

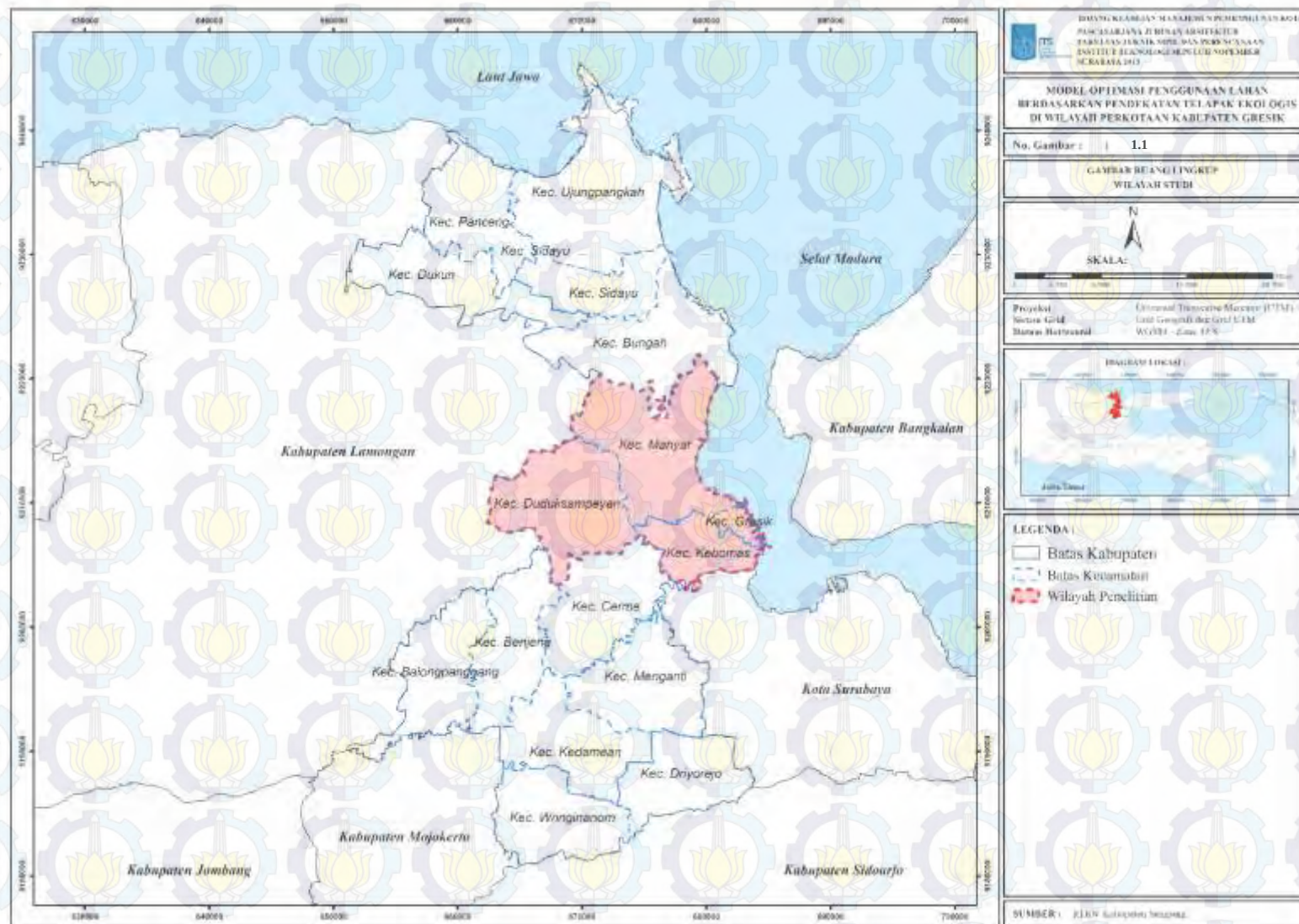
1.7. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1** berikut ini.

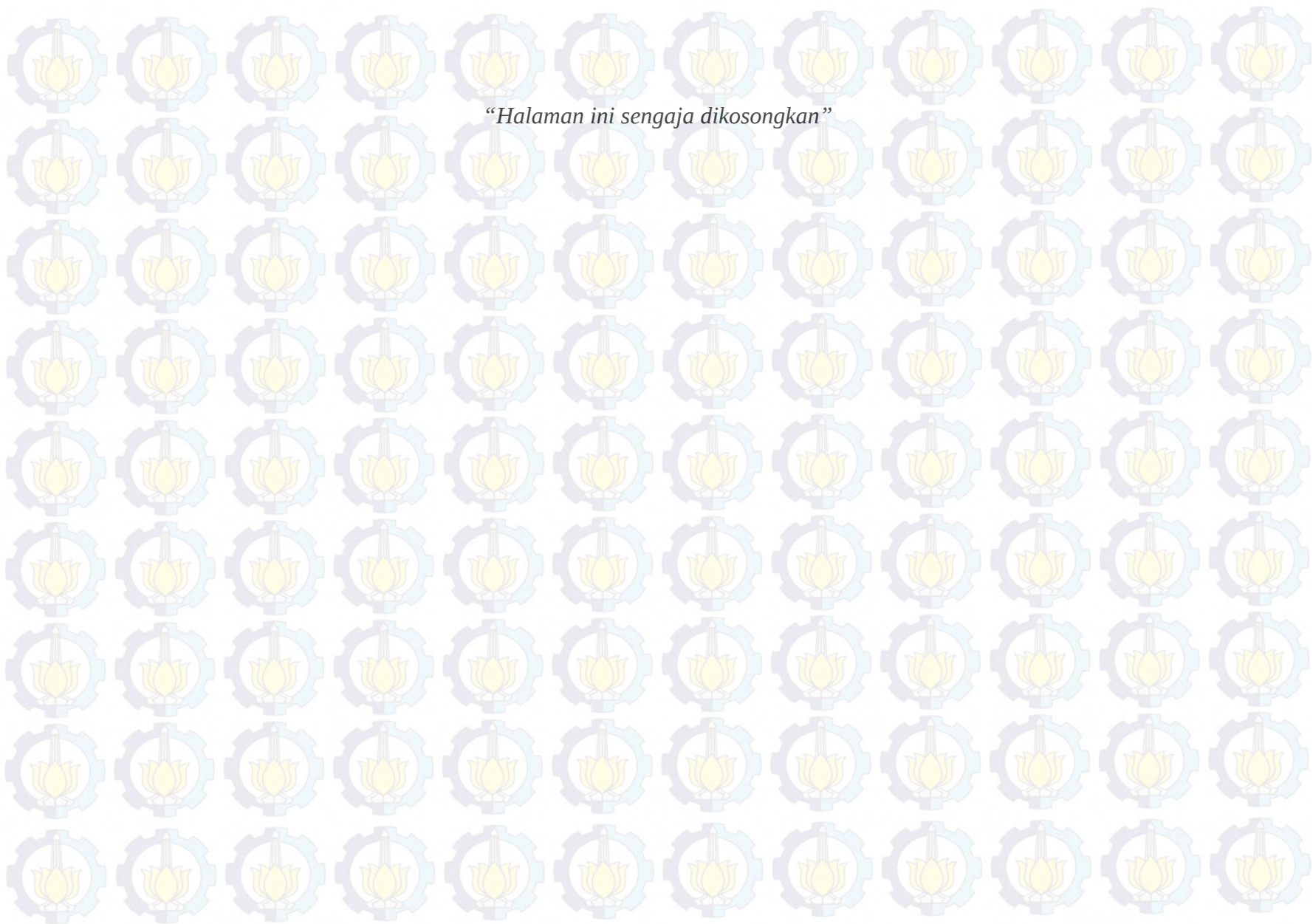


Gambar 1. 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

Sumber : Penulis, 2014



Gambar 1. 2. Ruang Lingkup Wilayah Studi
 Sumber : RTRW Kab. Gresik 2011-2031



BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Perubahan Iklim (*Climate Change*)

2.1.1. Pengertian Perubahan Iklim

Iklim global sudah mengalami perubahan sejak jutaan tahun yang lalu, dan teridentifikasi oleh suhu rata-rata yang naik turun secara musiman sebagai akibat fluktuasi radiasi matahari atau letusan gunung berapi. Akan tetapi pada masa kini adalah perubahan iklim yang disebabkan bukan hanya oleh peristiwa alam melainkan karena berbagai aktivitas manusia yang mampu meningkatkan produksi gas rumah kaca (Yuniarti, 2009; IPCC, 2007; UNDP 2007). Pernyataan ini didukung juga oleh Hegerl, *et al* (2007), perubahan iklim terjadi tidak hanya dikarenakan proses internal (dari alam) dan eksternal (dari aktivitas manusia). Perubahan aktivitas manusia yang dimulai dengan revolusi industri turut berpengaruh pada perubahan komposisi atmosfer yang berkontribusi terhadap total variabilitas sistem iklim bumi.

Murdiyarso (2003) juga menyatakan bahwa perubahan iklim adalah perubahan unsur-unsur iklim dalam jangka yang panjang (50-100 tahun) yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Unsur-unsur iklim yang dimaksud ialah seperti suhu udara dan curah hujan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer. Perubahan iklim terjadi secara berangsur-angsur dan cenderung tidak pulih (*irreversible*) ke kondisi semula.

Adapun definisi perubahan iklim adalah berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia (Kementrian Lingkungan Hidup, 2001). IPCC (2007) mendefinisikan perubahan iklim merujuk pada variasi rata-rata kondisi iklim suatu tempat atau pada variabilitas yang nyata dan dalam jangka waktu yang panjang. Sehingga dapat diperjelas bahwa perubahan iklim mungkin karena proses alam internal maupun ada kekuatan eksternal, atau ulah manusia yang terus menerus merubah komposisi atmosfer dan tata guna lahan. Berdasarkan

BMKG (2011), perubahan iklim merupakan perubahan baik pola maupun intensitas unsur iklim pada periode waktu yang dapat dibandingkan (biasanya terhadap rata-rata 30 tahun). Perubahan iklim merupakan perubahan pada komponen iklim yaitu suhu, curah hujan, kelembagaan, evaporasi, arah dan kecepatan angin dan perawan-an.

Dari beberapa definisi di atas, maka perubahan iklim adalah terjadinya perubahan pada unsur-unsur iklim yang teridentifikasi dari suhu, curah hujan, kelembagaan, evaporasi, arah dan kecepatan angin dan perawanan dan terjadi dalam jangka waktu yang panjang dikarenakan peristiwa alam dan aktivitas manusia sehingga membawa dampak yang luas terhadap kehidupan manusia.

Menurut (Houghton, 2011), perubahan iklim terjadi sebagai akibat dari perubahan unsur internal dalam sistem iklim dan faktor eksternal (baik alami maupun antropogenik). Di sisi lain UNDP (2007) menjelaskan penyebab perubahan iklim, yaitu :

a. Peningkatan gas rumah kaca

Perubahan iklim terutama terjadi melalui produksi gas rumah kaca. Gas tersebut memungkinkan matahari menembus atmosfer bumi sehingga menghangatkan bumi, serta gas rumah kaca mencegah pemantulan kembali sebagian udara panas ke ruang angkasa. Sehingga akibatnya bumi dan atmosfer perlahan-lahan memanas. Gas rumah kaca utama yang terus meningkat adalah gas CO₂. Gas CO₂ adalah salah satu gas yang secara alamiah keluar ketika manusia menghembuskan napas, pembakaran batu bara atau kayu atau dari penggunaan kendaraan berbahan bakar bensin dan solar. Sebagaimana karbon dioksida dapat diserap kembali oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Akan tetapi kecepatan menghasilkan karbon dioksida lebih cepat dari kemampuan penyerapannya oleh tumbuhan.

b. Berkurangnya lahan yang dapat menyerap karbon dioksida

Terjadinya penggundulan hutan dan perusakan lahan rawa, mengakibatkan kehilangan tanaman dan pohon yang dapat menyerap karbon dioksida. Disamping itu, dengan terbakarnya pohon dan vegetasi atau dengan mengeringnya gambut di daerah rawa juga menghasilkan karbon dioksida.

Dengan meningkatnya emisi dan berkurangnya penyerapan, tingkat gas rumah kaca di atmosfer kini menjadi lebih tinggi.

c. Aktivitas Manusia

Kemajuan pesat pembangunan ekonomi kita memberikan dampak yang serius terhadap iklim dunia, antara lain lewat pembakaran secara besar-besaran batu bara, minyak, dan kayu, serta pembabatan hutan, serta meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil sejak revolusi industri pada pertengahan 1880-an. Aktivitas ini semakin mengakumulasi peningkatan emisi GRK yang dihasilkan dari aktivitas manusia.

d. *El nino* dan *La Nina*

Salah satu pengaruh utama iklim di Indonesia adalah *el ni no-southern oscillation* yang setiap beberapa tahun memicu berbagai peristiwa cuaca ekstrem kita. *El ni no* berkaitan dengan berbagai perubahan arus laut di Samudera Pasifik yang menyebabkan air laut menjadi luar biasa hangat. Kejadian sebaliknya, arus menjadi amat dingin, yang disebut *la ni na*. Yang terkait dengan peristiwa ini adalah osilasi selatan (*Southern Oscillation*) yaitu perubahan tekanan atmosfer di belahan dunia sebelah selatan. Perpaduan seluruh fenomena inilah yang dinamakan *el ni no-southern oscillation* atau disingkat ENSO. Pada saat terjadi *el ni no* biasanya lebih sering mengalami kemarau dan sebaliknya. ENSO ini adalah juga salah satu faktor utama meningkatnya kekerapan kebakaran besar hutan dan terbentuknya kabut asap di atmosfer.

Pendapat diatas senada dengan pernyataan The Royal Society (2013) bahwa aktivitas manusia juga mengubah keseimbangan energi bumi melalui yang berujung pada pemanasan global dan perubahan iklim, misalnya:

- Perubahan penggunaan lahan yakni perubahan cara orang menggunakan tanah. Sebagai contoh hutan, peternakan, atau kota dapat menyebabkan pemanasan dan pendinginan efek lokal dengan mengubah reflektifitas permukaan bumi (mempengaruhi berapa banyak sinar matahari dikirim kembali ke ruang angkasa) dan dengan mengubah cara membasahi daerah ini.
- Emisi polutan (selain gas rumah kaca). Beberapa proses industri dan pertanian memancarkan polutan yang menghasilkan aerosol (tetesan kecil atau partikel

di atmosfer). Kebanyakan aerosol mendinginkan bumi dengan merefleksikan sinar matahari kembali ke angkasa. Beberapa aerosol juga mempengaruhi pembentukan awan, yang dapat memiliki pemanasan atau efek pendinginan tergantung pada jenis dan lokasi. Partikel karbon hitam dihasilkan ketika bahan bakar fosil atau vegetasi yang terbakar, umumnya memiliki efek pemanasan karena mereka menyerap radiasi matahari yang masuk.

Pernyataan dari UNDP (2007) juga didukung oleh UNFCCC (2011) dan IPCC (2007) bahwa meningkatnya pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan terus menerus menghasilkan jumlah gas rumah kaca ke atmosfer bumi. Gas rumah kaca ini termasuk karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4) dan nitrogen dioksida (NO_2), dan peningkatan gas-gas ini telah menyebabkan peningkatan jumlah panas dari matahari yang ditahan di atmosfer bumi, panas yang biasanya akan diradiasikan kembali ke angkasa. Sehingga setiap kenaikan jumlah gas-gas rumah kaca di atmosfer bermakna makin berkurangnya panas yang terbangun ke angkasa dan suhu global meningkat – sebuah efek yang dikenal dengan nama ‘pemanasan global’. Karakteristik utama dari perubahan iklim adalah peningkatan suhu rata-rata global (*global warming*).

Disamping itu, berdasarkan hasil Report IPCC (2007), dijelaskan pula mengenai faktor alami yang menyebabkan perubahan iklim meliputi :

1. Faktor dari alam yang utama adalah perubahan dalam aktivitas matahari. Suhu bumi ditentukan oleh keseimbangan energi yang datang dari matahari dalam bentuk radiasi yang terlihat (cahaya matahari). Perubahan keluaran energi matahari dan orbit bumi mengelilingi matahari berpengaruh terhadap iklim bumi.
2. Yang kedua adalah letusan gunung berapi. Letusan gunung berapi yang besar mampu mempengaruhi perubahan iklim karena mengubah faksi radiasi matahari yang terpantulkan. Materi dalam letusan gunung berapi yang dahsyat bisa terlontar sampai di atas awan dan mencapai stratisfer, dimana mereka bisa secara signifikan meningkatkan jumlah energi matahari yang terpantulkan. Letusan besar dari gunung berapi mampu mengurangi rata-rata suhu permukaan global sampai sekitar $0,5^\circ\text{C}$ selama berbulan-bulan.

3. Awan bisa mempengaruhi jumlah radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Awan terbentuk dari uap air dan bervariasi dalam ketinggian mereka di atmosfer dan ketebalan. Awan tinggi seperti awan *cirrus* cenderung menghangatkan iklim karena mereka bisa menyerap radiasi inframerah (panas) dari permukaan Bumi. Awan rendah seperti *cumulus* cenderung mendinginkan iklim karena mereka bisa memantulkan energi matahari yang datang.

Namun dari faktor faktor yang telah dijabarkan dari masing-masing pakar, fenomena alam seperti perubahan aktivitas matahari dan terjadinya letusan gunung berapi yang sangat besar jarang terjadi dalam beberapa dekade terakhir. Justru aktivitas manusia menjadi unsur penting penting yang mempengaruhi perubahan iklim. Karena dalam hal ini, setiap kegiatan manusia berhubungan erat dengan tingkat emisinya. Gas rumah kaca (GRK) yang terus menerus bertambah akan mengganggu sistem iklim bumi.

Dampak dari perubahan iklim dapat dirasakan diberbagai organisasi ekologi mulai dari organisme hingga ekosistem. Beberapa dampak perubahan iklim yakni kenaikan suhu udara dan muka air laut. Kondisi ini akan diperburuk apabila kemampuan ekosistem atau masyarakat untuk beradaptasi dengan perubahan iklim rendah. (Murdiyarso, 2003). Dampak fisik lainnya dari perubahan iklim terhadap sistem geofisika termasuk banjir, kekeringan, dan kenaikan permukaan air laut (IPCC, 2014; Girvetz EH, *et al*, 2009).

Adapun dampak perubahan iklim dalam pengembangan pembangunan adalah sebagai berikut (OECD, 2009):

- Kenaikan permukaan air laut akan mempengaruhi daerah pesisir dan pulau-pulau kecil. Sehingga pembangunan wilayah pesisir dan manajemennya harus memperhitungkan dan merencanakan dampak tersebut.
- Perubahan cuaca yang mempengaruhi tenaga air sebagai sumber energi di beberapa wilayah.

Pada umumnya, perubahan iklim juga memiliki dampak terhadap masyarakat miskin dengan mempengaruhi (UNDP, 2007):

- Mata pencaharian masyarakat ketika mereka bergantung kepada hutan, air dan shelter,
- Kerentanan populasi terhadap perubahan kondisi lingkungan (hilangnya aset, permukiman rentan, masalah kesehatan),
- Kesehatan masyarakat,
- Pembangunan ekonomi, kerugian produktivitas pertanian dan perikanan karena perubahan iklim.

Cepatnya perubahan iklim yang terjadi dikarenakan peningkatan suhu global, reaksi internasional tertuju pada dua kebijakan yakni mitigasi (pengurangan akumulasi gas-gas rumah kaca) dan adaptasi (pengurangan kerentanan masyarakat dan ekosistem terhadap perubahan iklim) (UNFHCC, 2011; Locatelli *et al*, 2009; Houghton, 2011). Penilaian ahli dari pemahaman ilmiah terbaru mengenai perubahan iklim dipandang sebagai sesuatu yang penting untuk membuat keputusan efektif sebagai tindakan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Good *et al*, 2011).

Dari paparan beberapa teori perubahan iklim diatas, pendapat Yuniarti (2009), IPCC (2007) dan UNDP (2007) yang menyatakan bahwa aktivitas manusia meningkatkan produksi gas rumah kaca terutama gas CO₂ yang merupakan unsur utama dalam perubahan iklim. Pernyataan ini juga senada dengan Murdiyarso (2003) dan Heger (2009) dengan menspesifikan kegiatan industri sebagai pengaruh utama dari kegiatan manusia dalam perubahan iklim. Senada dengan pendapat pakar-pakar sebelumnya IPCC (2007) dan Houghton (2011) juga menambahkan faktor penggunaan lahan dalam perubahan iklim. Hal ini sangat berhubungan dengan aktivitas manusia yang semakin intensif sehingga terjadi perubahan dan pemanfaatan lahan yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Ringkasan diskusi pendapat pakar diatas dapat disajikan dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1. Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Perubahan Iklim

Faktor	Hegerl (2009)	Yuniarti (2009)	Murdiyarso (2003)	IPCC (2007)	Houghton (2011)	UNDP (2007)	The Royal Society (2013)
Produksi emisi gas CO ₂						v	v

Faktor	Hegerl (2009)	Yuniarti (2009)	Murdiyarso (2003)	IPCC (2007)	Houghton (2011)	UNDP (2007)	The Royal Society (2013)
Aktivitas Industri	v	v	v	v	v		v
Perubahan lahan hijau menjadi terbangun				v		v	v
Kegiatan Pertanian							v
Penggunaan bahan bakar	v	v	v		v	v	
Daya serap vegetasi					v	v	
Aktivitas gunung berapi				v	v		
Aktivitas matahari				v			
Kondisi awan				v			

Sumber : Hasil Pustaka, 2014

Penelitian ini merupakan penelitian perubahan iklim yang berfokus pada keseimbangan emisi gas CO₂ dan kemampuan alam dalam menyerap emisi tersebut. Oleh karena itu faktor yang diungkapkan oleh para pakar merujuk pada sebuah konsensus bahwa faktor kegiatan manusia memberikan andil yang sangat besar dalam perubahan iklim dengan produksi emisi gas CO₂ terutama aktivitas konsumsi energi, industri pengolahan dan perubahan lahan hijau. Meskipun IPCC (2007) mengemukakan bahwa aktivitas natural alam juga memberikan pengaruh namun IPCC juga berpendapat bahwa aktivitas manusia merupakan sumber emisi terbesar dan mempercepat pemanasan global. Dengan demikian didapatkan beberapa indikator penelitian dari kajian perubahan iklim antara lain :

1. Peningkatan gas rumah kaca terutama CO₂
2. Kegiatan industri
3. Berkurangnya lahan hijau yang dapat menyerap gas CO₂
4. Meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil
5. Daya serap vegetasi/tumbuhan untuk menyerap emisi CO₂

2.1.2. Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim

Mitigasi perubahan iklim adalah upaya pengurangan emisi gas rumah kaca untuk memperlambat terjadinya perubahan iklim dan akhirnya mampu menghentikan perubahan iklim, serta menstabilkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang tidak berbahaya terhadap sistem iklim (Houghton, 2011).

Mitigasi adalah usaha menekan penyebab perubahan iklim, seperti gas rumah kaca dan lainnya agar resiko terjadinya perubahan iklim dapat diminimalisir atau dicegah. Upaya mitigasi dalam bidang energi di Indonesia, misalnya dapat dilakukan dengan cara melakukan efisiensi dan konservasi energi, mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan, seperti biofuels, energi matahari, energi angin dan energi panas bumi, efisiensi penggunaan energi minyak bumi melalui pengurangan subsidi dan mengoptimalkan energi pengganti minyak bumi, dan penggunaan energi nuklir. Berdasarkan BMKG (2011), Tindakan mitigasi adalah upaya untuk mengatasi penyebab perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan GRK dari berbagai sumber emisi. Dalam hal ini upaya perubahan dilakukan pada sumber penyebab pemanasan global.

Sekalipun dengan upaya-upaya mitigasi yang kuat, iklim enantiasa berubah. Oleh karena itu, manusia harus bersiap untuk beradaptasi dengan perubahan-perubahan ini untuk menyesuaikan dengan sistem alam sehingga masyarakat lebih tahan dan dapat mengatasi pengaruh berbahaya dari perubahan iklim (Wilshon dan Pipier, 2009).

Adaptasi adalah proses di mana masyarakat membuat diri mereka lebih mampu mengatasi tantangan perubahan iklim yang tidak pasti, menghindari bahaya ataupun memanfaatkan peluang yang menguntungkan. Beradaptasi terhadap perubahan iklim memerlukan mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mengurangi efek negatif dari perubahan iklim (atau memanfaatkan yang positif) dengan membuat penyesuaian dan perubahan yang sesuai. (IPCC,2014; UNFCCC 2011). Percepatan tersebut juga didukung oleh Murdiyarso (2001), adaptasi terhadap perubahan iklim adalah salah satu cara penyesuaian yang dilakukan secara spontan maupun terencana untuk memberikan reaksi terhadap perubahan iklim. Sehingga dalam arti lain, adaptasi terhadap perubahan iklim merupakan strategi yang

diperlukan untuk meringankan usaha mitigasi dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

Di sisi lain Yuniartanti (2012) menyatakan bahwa adaptasi terhadap perubahan iklim merupakan bentuk mitigasi dengan mempertahankan keputusan untuk tetap tinggal di kawasan yang terkena dampak, akan tetapi keputusan tersebut diikuti upaya preventif dan juga minimalisasi dampak perubahan iklim. Definisi lain juga menyatakan bahwa adaptasi adalah pendekatan strategi respon yang penting dalam upaya meminimalkan bahaya akibat perubahan iklim. Adaptasi berperan dalam mengurangi dampak yang segera muncul akibat perubahan iklim yang tidak dapat dilakukan oleh mitigasi (Setiawan, 2010).



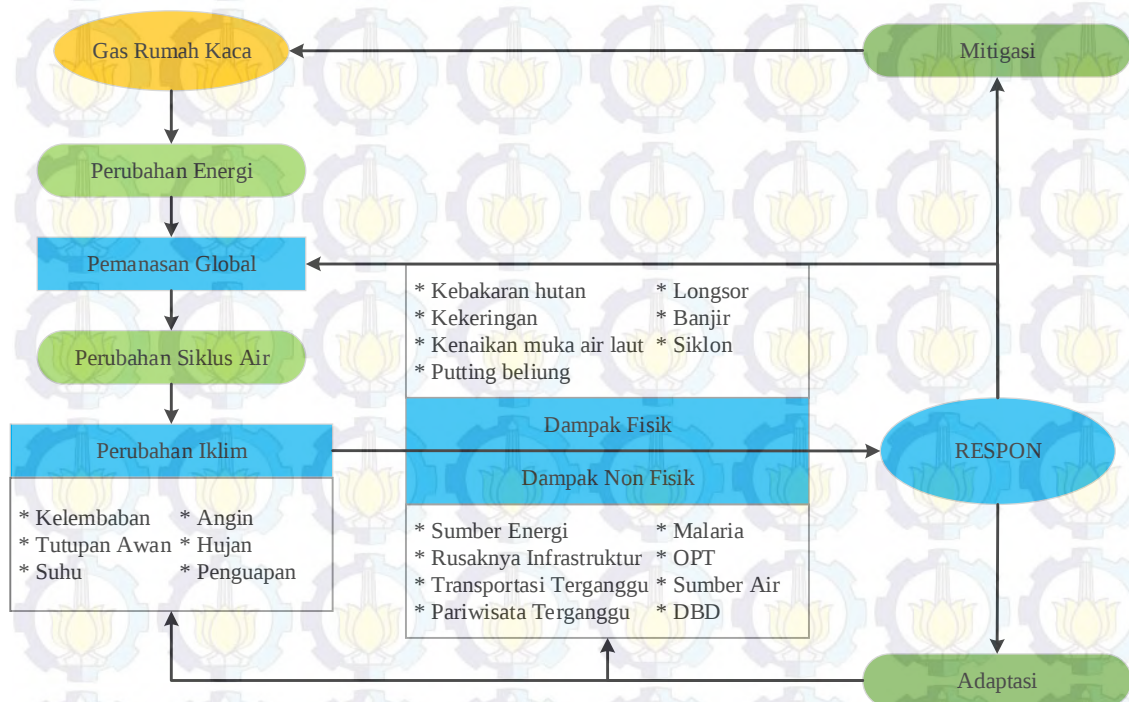
Gambar 2. 1. Sinergi Mitigasi-Adaptasi dalam perubahan Iklim

Sumber : Center of Forestry International Research (CIFOR, 2014 (www.cifor.org))

Secara umum mitigasi dilakukan dengan tujuan mengatasi penyebab perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan GRK dari berbagai sumber emisi (Wilshon and Pipier, 2009). Sedangkan langkah langkah adaptasi dilakukan dengan asumsi bahwa perubahan iklim yang terjadi sudah tidak dapat dielakkan karena sudah, sedang dan akan terjadi, sehingga diperlukan perubahan pola dan tingkah laku manusia untuk penyesuaianannya. Apabila langkah adaptasi dilakukan dengan benar maka akan dapat mengurangi dampak risiko perubahan iklim dan dapat mengambil langkah optimal dengan memanfaatkan informasi iklim. (BMKG, 2011 dan CIFOR, 2014).

Adapun skema keterkaitan antara adaptasi, mitigasi dan perubahan iklim yang dipublikasikan oleh BMKG (2011) mendukung substansi yang terkandung pada **Gambar 2.2.**

Dalam pelaksanaannya, negara-negara berkembang memiliki keterbatasan kapasitas dalam menjalankan adaptasi dan mitigasi. Keterbatasan mencakup kapasitas manusia dan sumberdaya keuangan. Hasil dari lokakarya dan pertemuan UNFCCC (2011), menekankan bahwa pendekatan adaptasi yang paling efektif untuk negara-negara berkembang adalah mengatasi berbagai tekanan dan faktor lingkungan. Strategi dan program yang berhasil perlu untuk menghubungkan dengan upaya terkoordinasi yang ditujukan untuk pengentasan kemiskinan, meningkatkan ketahanan pangan dan ketersediaan air, memerangi degradasi lahan dan mengurangi hilangnya keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem, serta meningkatkan kapasitas adaptasi. Terlebih lagi, untuk mensukseskan langkah-langkah adaptasi dan mitigasi, pemerintah serta lembaga non-pemerintah harus mengintegrasikan perubahan iklim dalam perencanaan dan penganggaran pada semua tingkat pengambilan keputusan di suatu wilayah.



Gambar 2. 2. Komponen dan alur proses perubahan Iklim

Sumber : BMKG, 2011

Ada banyak bentuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Bentuk mitigasi dan adaptasi menurut Houghton (2011) sebagai berikut:

1. Ada efisiensi energi. Sangat sekitar sepertiga dari energi yang digunakan dalam bangunan (rumah tangga dan komersial), sepertiga dalam transportasi dan sepertiga oleh industri. Penghematan besar dapat dibuat dalam tiga sektor, banyak dengan penghematan yang signifikan dalam biaya. Tetapi untuk mencapai penghematan ini dalam praktek akan membutuhkan dorongan yang tepat dan insentif dari pemerintah pusat dan daerah dan banyak tekad dari masyarakat.
2. Ada kemungkinan penyerapan karbon bawah tanah, misalnya, dalam minyak dan ladang gas menghabiskan atau dalam formasi batuan yang cocok.
3. Berbagai sumber-sumber non-bahan bakar fosil energi yang tersedia untuk pengembangan dan eksploitasi, misalnya, biomassa (termasuk limbah), tenaga surya, tenaga air, angin, gelombang, pasang surut, energi panas bumi dan nuklir.
4. Penyediaan bisa menjaga keberlanjutan masyarakat pedesaan dan membantu untuk membendung migrasi berkembang ke kota-kota besar
5. Deforestasi terutama di daerah tropis, yang saat ini menyumbang sekitar 20% dari emisi karbon dioksida, perlu dihentikan di awal periode.

Menurut Wilson and Pipier (2010) menyampaikan bahwa bentuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim lebih ditekankan pada usaha penghijauan antara lain adalah :

1. Perbaikan sistem manajemen termasuk pengendalian deforestasi, reboisasi dan penghijauan.
2. Promosi agroforestri untuk meningkatkan produk dan jasa Pengembangan / perbaikan rencana pengelolaan kebakaran hutan nasional
3. Perbaikan penyimpanan karbon di hutan.
4. Penciptaan taman / reservasi, kawasan lindung dan koridor keanekaragaman hayati.
5. Identifikasi / pengembangan spesies yang resistan terhadap perubahan iklim.
6. Lebih baik penilaian kerentanan ekosistem .

- 
7. Pemantauan keanekaragaman hayati.
 8. Pengembangan dan pemeliharaan bank bibit .
 9. Melibatkan faktor sosial ekonomi dalam kebijakan manajemen penggunaan lahan.

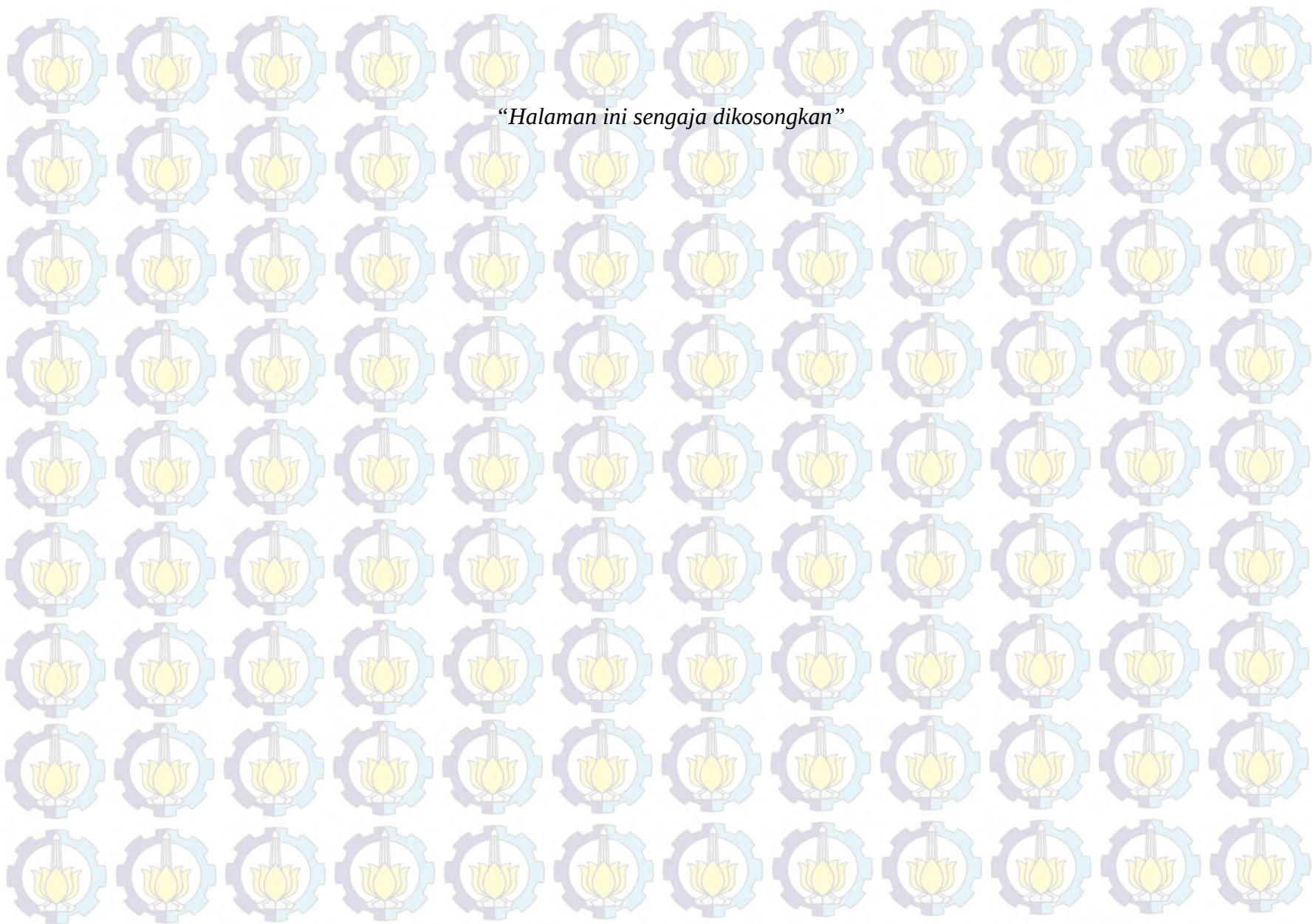
Pendapat yang sejalan dengan beberapa pakar sebelumnya juga diungkapkan oleh (Franchetti dan Apul, 2013) dimana menurutnya mitigasi dan adaptasi diawali dengan mengukur emisi CO₂ yang dihasilkan. Beberapa langkah mitigasi dan adaptasi tersebut antara lain :

1. Identifikasi sumber penting emisi dan memprioritaskan bidang pengurangan emisi dan meningkatkan efisiensi energi.
2. Adaptasi dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dan ketergantungan organisasi pada energi dan bahan bakar fosil.
3. Meningkatkan daya saing bisnis melalui pengurangan biaya energi dan penggunaan dioptimalkan bahan baku.
4. Mengurangi polusi melalui pengurangan penggunaan energi, dan penerapan sumber energi bersih dan terbarukan.

Tabel 2. 2. Bentuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim

Faktor	Houghton (2011)	UNFCCC (2011)	BMKG (2014)	CIFOR (2014)	Yuniartanti (2012)	Murdiyarso (2001)	Setiawan (2010)	Wilson and Pipier (2010)	Franchetti dan Apul (2013)
Menurunkan produksi emisi GRK	v		v	v	v	v	v		v
Efisiensi Energi	v	v			v	v	v		v
Peningkatan penghijauan	v	v							
Penggunaan Energi Terbaharukan	v								v
Pengendalian deforestasi	v							v	
Pengembangan spesies yang rentan								v	
Pembibitan tanaman								v	

Sumber : Kajian Pustaka, 2014



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Dari penjelasan sebelumnya dapat diketahui bahwa terdapat sebuah konsensus mengenai definisi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Mitigasi adalah upaya mengurangi dampak perubahan iklim sedangkan adaptasi adalah usaha untuk menyesuaikan dengan perubahan iklim. Beberapa pakar mengemukakan pendapat tentang bentuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Pendapat para pakar tersebut seperti pada **Tabel 2.2** diketahui merujuk pada sebuah konsensus bahwa efisiensi energi dan identifikasi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim yang utama. Meskipun Wilshon dan Pipier (2010) mengemukakan bahwa perlu sebuah perhatian terhadap makhluk hidup lain seperti flora dan fauna namun pendapat tersebut dapat disederhanakan dalam optimalisasi lahan penyerap karbon seperti yang diungkapkan oleh Houghton (2011).

Penelitian ini memiliki fokus pada emisi CO₂ sehingga identifikasi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang dipakai adalah gas CO₂. Pada lingkup efisiensi energi seharusnya perlu dilakukan identifikasi terhadap pola konsumsi energi terlebih dahulu sebelum adaptasi efisiensi energi dapat dilakukan. Dengan demikian indikator yang didapat dari kajian pustaka mitigasi dan adaptasi perubahan iklim antara lain :

1. Identifikasi produksi emisi gas CO₂
2. Luas lahan hijau atau penyerapan karbon
3. Identifikasi penggunaan energi terutama energi fosil

2.1.3. Emisi Gas CO₂

2.1.3.1. Pertumbuhan Alami Gas CO₂

Penambahan lebih banyak CO₂ terakhir mendekati 400 ppm sekitar 3 sampai 5 juta tahun yang lalu, suatu periode ketika suhu permukaan rata-rata global diperkirakan telah sekitar 2 sampai 3.5° C lebih tinggi dari pada periode pra-industri. Pada 50 juta tahun yang lalu, CO₂ ke atmosfer akan menyebabkan suhu permukaan terus meningkat. Sebagai konsentrasi atmosfer dari kenaikan CO₂, penambahan CO₂ ekstra menjadi semakin kurang efektif dalam menangkap energi bumi, namun suhu permukaan masih akan naik (The Royal Society, 2013)

Udara yang normal mengandung gas yang terdiri dari 78% nitrogen; 20% oksigen; 0,93% argon; 0,03% (300 ppm) karbondioksida, dan sisanya terdiri dari neon, helium, metan dan hidrogen. Komposisi ini dapat mendukung kehidupan manusia. Karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida. gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca (ERK) (Gratinah, 2009).

Pada dasarnya efek rumah kaca berguna bagi makhluk hidup di bumi (Dwiyatmo, 2007). Efek rumah kaca yang salah satunya dihasilkan oleh gas karbon dioksida. Karbondioksida merupakan gas rumah kaca yang paling dominan yang terjadi secara alamiah dan sangat berperan dalam sistem biologis dunia. Jika tidak ada gas rumah kaca, suhu di bumi rata-rata hanya $-18 - 20^\circ\text{C}$ (Dwiyatmo, 2007). Tanpa efek rumah kaca bumi tidak akan layak untuk kehidupan makhluk hidup karena terlalu dingin, namun efek rumah kaca yang berlebihan dapat menjadikan bumi terlalu panas untuk ditinggali (Gratinah, 2009 ; Dwiyatmo, 2007).

Menurut Cato (2010) karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang menyerap energi yang berasal dari permukaan bumi. Ketika molekul melepaskan karbon dioksida energi itu, energi tersebut tidak dapat pergi ke ruang angkasa, sehingga akan teradiasi kembali ke bawah, yang akan mengakibatkan pemanasan tambahan pada bumi. Jika karbon dioksida yang bertindak sendiri, kenaikan suhu permukaan pada abad ini diperkirakan akan menjadi 1°F lebih sedikit (Cato, 2010).

Pada tahun 2005, konsentrasi CO_2 di atmosfer adalah 379 ppm, dan peningkatan suhu bumi adalah $0,74^\circ\text{C}$ di atas tingkat praindustri (IPCC, 2007). Kondisi ini meningkat pada bulan September 2011, konsentrasi CO_2 di atmosfer adalah 389,00 bagian per juta (ppm), naik dari 384,79 ppm dan 386,80 ppm di September 2009 dan 2010, masing-masing. Konsentrasi tersebut meningkat sangat signifikan jika dibandingkan pra industri yang hanya sebesar 275 ppm (Franchetti dan Apul, 2013). Peningkatan tersebut sekitar 2 ppm setiap tahun, dan bagaimana ilmu terbaru menunjukkan bahwa diperlukan setidaknya 350 ppm untuk mencapai aman dan relatif stabil planet Bumi (Franchetti dan Apul, 2013). Selain itu suhu rata-rata global naik sebesar $0,74^\circ\text{C}$. Menurut para ilmuwan, ini adalah yang terbesar dan tercepat tren pemanasan yang mereka telah mampu membedakan dalam sejarah Bumi (UNFCCC, 2011).

Di alam, CO₂ dipertukarkan terus menerus antara atmosfer, tumbuhan dan hewan melalui fotosintesis, respirasi, dan dekomposisi, dan antara atmosfer dan laut melalui pertukaran gas (The Royal Society 2013). Jumlah yang sangat kecil CO₂ (sekitar 1% dari tingkat emisi dari pembakaran bahan bakar fosil) juga dipancarkan dalam letusan gunung berapi yang diimbangi oleh jumlah yang setara yang dikeluarkan oleh pelapukan kimia batu (The Royal Society, 2013).

Aliran karbon dari atmosfer ke vegetasi merupakan aliran yang bersifat dua arah, yaitu pengikatan CO₂ ke atmosfer merupakan melalui proses dekomposisi dan pembakaran dan penyerapan CO₂ oleh tanaman (Gratimah, 2009). Secara alamiah karbon berada di atmosfer bumi berasal dari emisi gunung berapi dan aktivitas mikroba di tanah (perombakan bahan organik) dan respirasi tumbuhan serta hasil pernapasan manusia (Gratimah, 2009).

Manusia sebagai makhluk hidup juga menghasilkan gas CO₂. Rataan manusia bernapas dalam keadaan sehat dan tidak banyak bergerak sebanyak 12 - 18 kali permenit yang banyaknya sekitar 500 ml udara pada setiap tarikan napas. Jadi manusia membutuhkan sebanyak 6 – 9 liter udara dalam 1 menit atau 360 – 540 liter dalam 1 jam. Jumlah gas CO₂ dihasilkan dari pernapasan manusia dalam 1 jam sebanyak 39,6 gr CO₂ (Dahlan, 2007).

Senada dengan pendapat para pakar diatas, Janzen (2004) mengemukakan bahwa pelepasan alami karbon ke atmosfer dapat dilakukan dengan berbagai cara :

1. Melalui pernafasa pada tumbuhan, hewan dan manusia.
2. Melalui pembusukan hewan dan tumbuhan akibat proses penguraian oleh bakteri jika tersedia oksigen
3. Melalui pembakaran material organik yang menghasilkan karbon dioksida.
4. Melalui pelepasan karbon dioksida terlarut dalam air laut pada kondisi laut hangat.
5. Erupsi vulkanik atau ledakan gunung berapi.

Dari penjelasan pakar diatas dapat diketahui berdasarkan pendapat Dwiyatmo (2007), Gratimah (2009), Cato (2010), Francetti dan Apul (2013) bahwa gas rumah kaca bermanfaat bagi kelangsungan hidup di bumi. Gas rumah kaca tersebut diperlukan untuk menghangatkan suhu bumi yang jika tidak ada GRK akan sangat dingin terutama yang berperan tersebut adalah gas CO₂. Jika konsentrasi gas CO₂

sangat besar dapat menjadikan bumi panas. Secara alami CO₂ dihasilkan dari beberapa proses alam seperti dekomposisi dan pembakaran dan penyerapan CO₂ oleh tanaman, aktivitas gunung berapi, serta aktivitas pernapasan makhluk hidup seperti yang diungkapkan oleh The Royal Society (2013), Jansen (2004), Gratinah (2009). Meskipun demikian aktivitas manusia sangat dominan dalam meningkatkan efek pemanasan global (Cato, 2010). Dengan demikian produksi gas CO₂ secara alami tidak dimasukkan dalam analisa penelitian ini.

2.1.3.2. Pertumbuhan Emisi Gas CO₂ Akibat Aktivitas Perkotaan

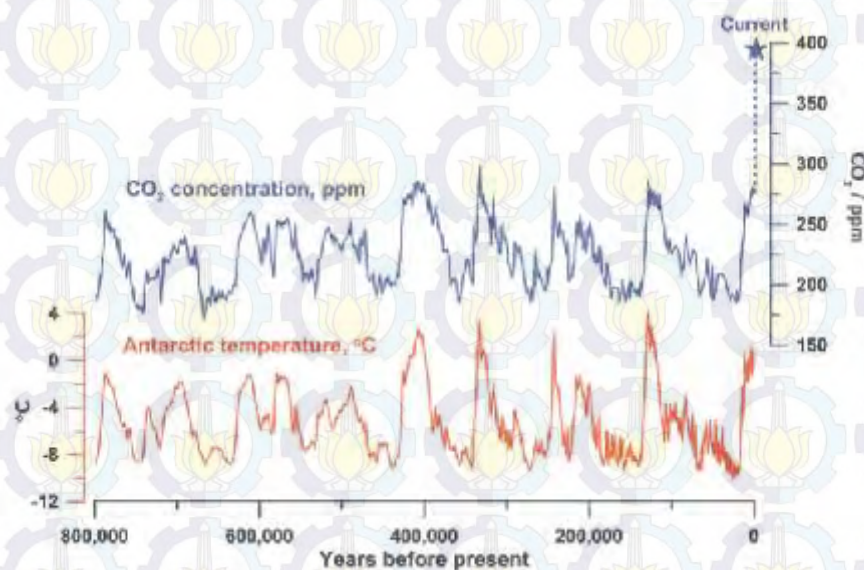
Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata udara di permukaan bumi dan lautan yang teridentifikasi sejak pertengahan abad kedua puluh dan diproyeksikan akan terus berlanjut (UNFCCC, 2011). Dengan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca terutama gas CO₂ di atmosfer maka akan semakin banyak gelombang panas yang dipantulkan permukaan bumi untuk diserap di atmosfer yang mengakibatkan suhu permukaan bumi meningkat (Dwiyatmo, 2007).

Gas rumah kaca terutama gas CO₂ menyebabkan pemanasan global, dan pemanasan global menyebabkan perubahan iklim, yang kemudian menyebabkan perubahan global (Bala and Hosain, 2012). Pemanasan global mengacu pada peningkatan suhu permukaan bumi. Perubahan iklim mengacu pada perubahan iklim bumi karena ini suhu meningkat. Perubahan ini termasuk, antara lain, perubahan pola curah hujan, ketersediaan air tawar, gletser dan es laut jumlah, kesehatan ekosistem, dan keanekaragaman hayati (Wilson and Pipier, 2009). Perubahan global adalah istilah yang paling mencakup dan mengacu pada perubahan global dari segala macam, beberapa di antaranya akibat perubahan iklim (misalnya, permukaan air laut, pH laut, keanekaragaman hayati) dan lain-lain untuk efek seperti populasi, globalisasi, ekonomi, dan polusi (Franchetti and Apul, 2013).

Menurut IPCC (2007) konsentrasi gas CO₂ di atmosfer merupakan yang paling dominan yaitu sebesar 76,7% yang terdiri dari penggunaan bahan bakar fosil (56,6%), penggundulan hutan dan perubahan lahan hijau (17,3 %) serta kegiatan lain (2,6%). Terdapat hubungan yang signifikan antara peningkatan gas CO₂ dan suhu bumi seperti pada Gambar 2. Co₂ telah meningkat sebesar 40% hanya dalam 200 tahun terakhir, kontribusi perubahan kegiatan manusia terhadap konsumsi

energi sejauh ini telah menghangatkan bumi sekitar $0,8^{\circ}\text{C}$ ($1,4^{\circ}\text{F}$). Jika kenaikan CO_2 terus dibiarkan terjadi, maka bumi akan menjadi planet yang tidak layak untuk ditinggali. (The Royal Society, 2013)

Sejalan dengan pendapat IPCC (2007) bahwa konsentrasi CO_2 di atmosfer dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan disebabkan sebagian besar oleh aktivitas manusia (antropogenik) dimana dipengaruhi oleh faktor pembakaran bahan bakar fosil meliputi gas dan bahan bakar untuk kendaraan bermotor, konsumsi listrik, industri dan kekuatan tanaman (Suwari dan Rozari, 2012). Aktivitas manusia yang tergantung pada pembakaran bahan bakar fosil dapat mengakibatkan meningkatnya pemanasan global (American Institute of Physics, 2011). Ada hubungan antara konsentrasi CO_2 di atmosfer dan suhu. Jika tidak ada gas rumah kaca terutama karbon dioksida, suhu di bumi rata-rata hanya -18°C . Suhu ini terlalu rendah bagi sebagian besar makhluk hidup, termasuk manusia, tetapi dengan adanya efek rumah kaca suhu rata-rata di bumi 33° lebih tinggi menjadi 15° (Gratimah, 2009).

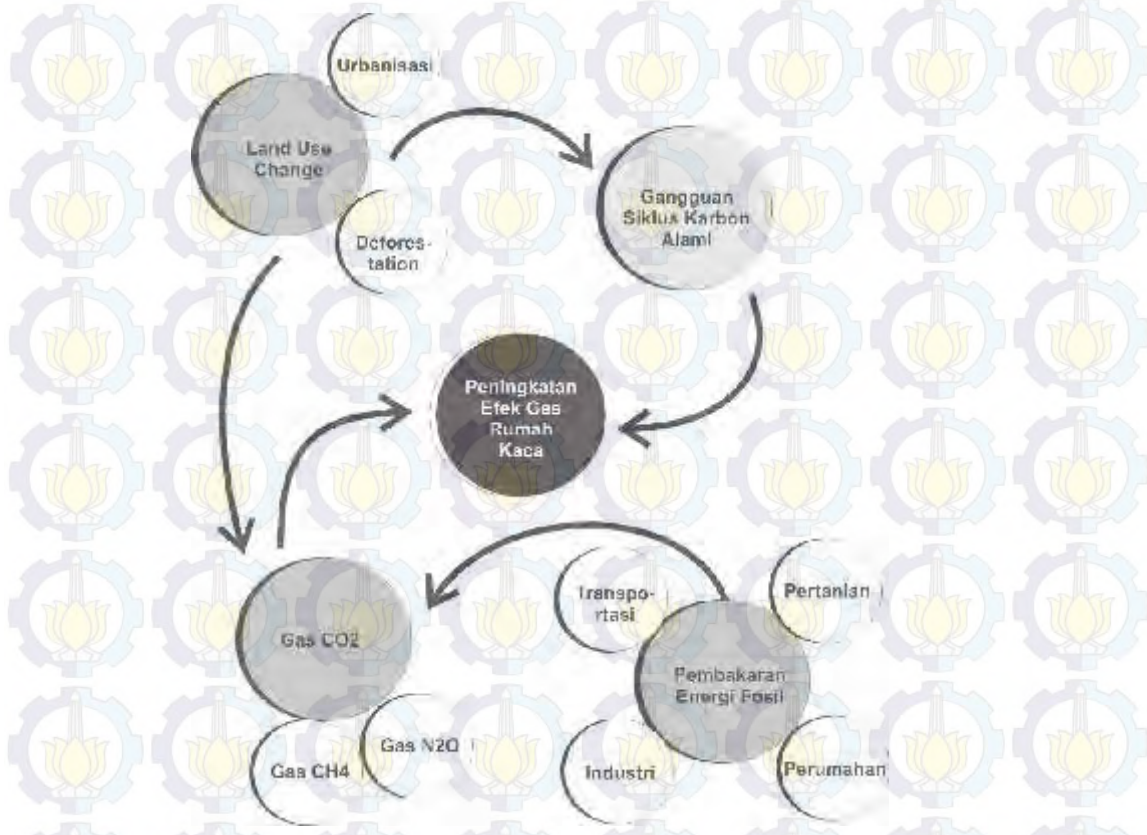


Gambar 2. 3. Konsentrasi CO_2 dan Rata-Rata Temperatur Bumi

Sumber: The Royal Society, 2013

Seperti pada **Gambar 2.2**, berdasarkan statistik IPCC menunjukkan dua periode yang berbeda dari pemanasan yaitu dari tahun 1910 sampai 1945 dan sekitar tahun 1975 sampai tahun 1998 (Cato, 2010). Kedua periode tersebut

disebabkan dari dua penyebab yang sangat berbeda. Pemanasan awal lebih diakibatkan oleh perubahan aktivitas matahari, sedangkan pemanasan terakhir disebabkan oleh manusia, meskipun perubahan kondisi alam juga memberikan kontribusi minoritas terhadap pemanasan yang terjadi. (Cato, 2010).



Gambar 2. 4. Aktivitas Manusia dan Hubungannya dengan Gas Rumah Kaca

Sumber : Houghton, 2011

Karbon dioksida, telah meningkat lebih dari 40% dan sekarang pada konsentrasi tinggi di atmosfer daripada yang telah terjadi selama jutaan tahun. Peningkatan karbon dioksida terutama disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil - batubara, minyak dan gas serta pertumbuhan industri yang besar (Houghton, 2011). Gas CO₂ tambahan dari pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan telah mengganggu keseimbangan siklus karbon, karena proses alamiah yang bisa mengembalikan keseimbangan terlalu lambat dibandingkan dengan tingkat di

mana aktivitas manusia yang menambahkan CO₂ ke atmosfer. Akibatnya, sebagian besar dari CO₂ yang dipancarkan dari aktivitas manusia terakumulasi di atmosfer, di mana sebagian akan tetap tinggal tidak hanya untuk dekade atau abad, tetapi selama ribuan tahun (The Royal Society, 2013).

Dengan demikian, perhatian utama diberikan untuk masalah ini sampai tahun 1980-an ketika para ilmuwan mengamati suhu rata-rata tahunan bumi mulai meningkat. Hal ini dikarenakan emisi yang meningkat dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar minyak dan gas yang banyak di pergunakan di kota. Setiap jenis bahan bakar yang dipergunakan menghasilkan jumlah emisi gas CO₂ yang berbeda-beda (Gratimah, 2009).

Emisi karbondioksida adalah pemancaran atau pelepasan gas CO₂ ke udara akibat aktivitas penduduk. Sumber-sumber emisi gas CO₂ ini sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan menjadi 4 macam (Aqualdo, 2012) sebagai berikut :

1. *Mobile transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan peneganan/evaporasi gasoline.
2. *Stationary combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri.
3. *Industrial processes* (proses industri) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
4. *Solid waste disposal* (pembuangan sampah) antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.

Deforestasi dan perubahan penggunaan lahan lainnya juga menghasilkan karbon serta CO₂ tambahan dari pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan telah mengganggu keseimbangan siklus karbon, karena proses alamiah yang bisa mengembalikan keseimbangan terlalu lambat dibandingkan dengan tingkat di mana aktivitas manusia yang menambahkan CO₂ ke atmosfer (The Royal Society, 2013). Akibatnya, sebagian besar dari CO₂ yang dipancarkan dari aktivitas manusia terakumulasi di atmosfer, di mana sebagian akan tetap tinggal tidak hanya untuk dekade atau abad, tetapi selama ribuan tahun. Senada dengan pendapat tersebut Wilson and Pipier (2010) menjelaskan bahwa pertumbuhan gas CO₂ yang

signifikan dari 280 ppm sebelum pra industri sampai 350 ppm pada tahun 2005 diakibatkan oleh aktivitas manusia antara lain :

- a. Pembakaran bahan bakar fosil
- b. Aktivitas pengolahan oleh industri
- c. Perubahan penggunaan lahan

Perubahan penggunaan lahan dari lahan hijau menjadi lahan bangunan turut memberikan andil dalam pertumbuhan emisi gas CO₂ akibat fungsi bangunan dan aktifitas transportasi (Siahaan, 2012). Khusus pada sektor industri, semua sektor industri memberikan kontribusi emisi GRK, tetapi kontributor terbesar adalah industri semen, industri baja, industri pulp & kertas, industri tekstil, industri petrokimia, industri keramik, industri pupuk, industri makanan dan minuman (IPCC, 2007). Industri-industri tersebut merupakan industri yang menghasilkan emisi dari proses pengolahan bahan baku secara langsung.

Sumber emisi GRK di sektor industri berasal dari penggunaan energi khususnya energi fosil, dan proses produksi (Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, 2012). Energi di industri digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik, bahan bakar motor, bahan bakar di furnace, bahan bakar boiler untuk membuat steam, bahan baku (*feedstock*) khusus pada industri pupuk, transportasi dan perkantoran dihitung berdasarkan (Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, 2012) :

- Komposisi bahan bakar (% karbon
- Nilai kalor bahan bakar LHV (kJ/kg)
- Kebutuhan listrik (MWh/tahun)
- Kapasitas produksi (ton/tahun)
- Waktu operasi (hari/tahun)

Sejalan dengan pendapat sebelumnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2012) mengenai *carbon footprint* dari kegiatan industri, dilakukan pengukuran emisi karbon dari pembakaran bahan bakar fosil dan konsumsi listrik. penelitian lain yang serupa menyatakan total emisi CO₂ dari kegiatan industri merupakan akumulasi emisi CO₂ dari kebutuhan energi dan emisi CO₂ dari proses pengolahan bahan baku menjadi barang jadi. Emisi CO₂ dari kebutuhan energi

dipengaruhi oleh penggunaan bahan bakar fosil dan kebutuhan energi listrik (Priyo, 2010).

Dari penjelasan pakar diatas dapat diketahui bahwa pendapat pakar dalam memaparkan emisi gas CO₂ akibat aktifitas perkotaan berbeda-beda. Menurut IPCC (2007) dan The Royal Society (2013) aktifitas perubahan lahan hijau dan penggunaan bahan bakar fosil di wilayah perkotaan merupakan yang dominan. Suwari dan Rozari (2012) menambahkan konsumsi energi listrik, industri dan kemampuan tanaman dalam menyerap gas CO₂. Berbeda dengan pendapat lainnya, Aqualdo (2012) dan Wilson dan Pipier (2010) lebih detail menjelaskan aktifitas perkotaan yang menghasilkan emisi CO₂ antara lain perubahan penggunaan lahan, transportasi, perumahan, industri, dan pembuangan sampah. Meskipun berbeda namun pendapat pakar tersebut saling melengkapi dan membentuk sebuah konsensus.

Lingkup penelitian ini yang terbatas pada kegiatan industri, perumahan dan transportasi. Berdasarkan hasil kajian tersebut maka indikator aktifitas perkotaan yang dapat menghasilkan emisi antara lain :

1. Pembakaran bahan bakar fosil sektor perumahan
2. Pembakaran bahan bakar fosil sektor transportasi
3. Aktivitas pengolahan oleh industri
4. Perubahan penggunaan lahan

2.1.3.3. Faktor Penyerap Emisi Gas CO₂

Pelepasan emisi karbon CO₂ ke udara menyebabkan efek gas rumah kaca yang apabila dibiarkan akan mendatangkan mudarat bagi kehidupan manusia, karena itu perlu dilakukan langkah-langkah untuk menghilangkan emisi karbon CO₂ ini yang sering disebut menyeimbangkan lingkungan (dari kerusakan). Konsentrasi gas CO₂ diatmosfer yang meningkat dapat menyebabkan sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan di permukaan bumi (Aqualdo dkk, 2012).

Salah satu cara yang paling baik adalah dengan menanam pohon, sudah diketahui bahwa tanaman dapat menyerap CO₂ dan melepas O₂ melalui proses fotosintesa, karena itu selain dapat menyerap emisi karbon CO₂ tanaman juga

memiliki fungsi lain sebagai pensuplai O₂ yang diperlukan bagi manusia, selain itu pun dapat memberi keteduhan dan mempercantik estetika lanskap (Gratimah, 2009).

Sejalan dengan pendapat tersebut Suwari dan Rozari (2012) berpendapat bahwa salah satu upaya untuk menjaga dan mengendalikan konsentrasi gas CO₂ adalah dengan menambah luasan ruang terbuka hijau (RTH) hutan kota. RTH hutan kota merupakan bagian dari RTH kota. RTH kota terdiri dari RTH hutan kota berupa areal bervegetasi pohon yang dikukuhkan sebagai kawasan hutan kota dan ruang terbuka hijau nun hutan kota yang berupa hutan, kebun, sawah, semak dan rumput (Dahlan, 2004).

Menurut Gratimah (2009) tumbuhan yang ada di dalam dan di sekitar kota dapat diarahkan untuk mengatasi efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah gejala lebih hangatnya suhu udara khususnya di pusat kota. Hutan dan taman kota dapat menyerap gas CO₂. Hutan Kota dapat menciptakan iklim mikro yang sejuk dan nyaman. Oleh sebab itu, efek rumah kaca dapat diatasi dengan baik oleh hutan kota yang luas. Tumbuhan dapat menyerap gas CO₂ melalui proses fotosintesis dengan rumus:



Kemampuan tanaman dalam menyerap gas CO₂ bermacam-macam. Menurut Prasetyo, dkk (2012) hutan yang mempunyai berbagai macam tipe vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ berbagai macam tipe vegetasi terhadap CO₂ yang berbeda. Tipe vegetasi pohon, semak, padang rumput masing-masing memiliki daya serap rata-rata gas CO₂ sebesar 569,07 kg/ha/tahun, 55 kg/ha/tahun dan 12 kg/ha/tahun (Prasetyo, dkk 2012)

Berdasarkan pendapat pakar diatas dapat ditarik sebuah konsensus antara Gratinah (2009), Suwari dan Rozari (2012), Dahlan (2004), dan Prasetyo, dkk (2012) bahwa lahan hijau dapat mengendalikan emisi gas CO₂ dari penyerapan yang dilakukan oleh tanaman pada saat fotosintesis. Kemampuan ruang terbuka hijau dalam menyerap CO₂ dipengaruhi oleh jenis tutupan lahan hijau dan jenis tanaman.

2.2. Perkembangan Kota Terhadap Pertumbuhan Emisi Gas CO₂

2.2.1. Perubahan Penggunaan Lahan

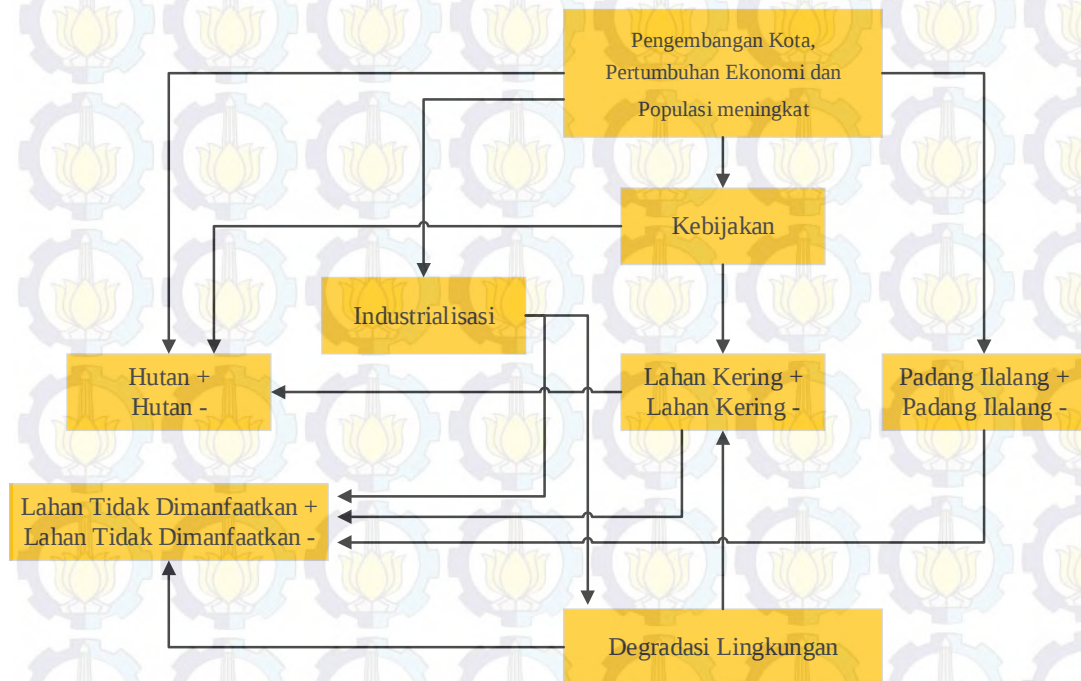
Pengembangan suatu kota akan sangat menentukan struktur ekosistem kota dan secara signifikan akan mempengaruhi fungsi ekosistem alam. Pengembangan kota itu sendiri ditandai dengan adanya konversi lahan/transformasi bentang alam dalam rangka memenuhi berbagai kebutuhan populasi manusia di kota (Rahayu, et al, 2003).

Menurut penelitian di Uni Eropa oleh Schulp et al (2008), perubahan penggunaan lahan di dorong oleh adanya perubahan kebijakan pertanian, kependudukan dan globalisasi perdagangan komoditas pertanian. Proses ini mempengaruhi jumlah lahan yang dibutuhkan untuk pertanian, kehutanan, keperluan perumahan, industri dan rekreasi dan pengaruh keragaman bentang alam dan kawasan alam. Perubahan guna lahan memiliki efek pada emisi gas rumah kaca dan stok karbon dalam tanah dan vegetasi. Masing-masing tipe penggunaan lahan memiliki jumlah karbon berbeda yang tersimpan dalam tanah dan vegetasi serta berbeda dalam potensi laju perubahan cadangan karbon. Sehingga penekanannya adalah peran perubahan penggunaan lahan (*land use change*) dalam keseimbangan karbon secara keseluruhan biosfer. *Land use change* adalah faktor pendorong yang paling dinamis terestrial perubahan stok karbon.

Adanya perubahan tutupan lahan di suatu wilayah dapat mengindikasikan dinamika cadangan karbon dioksida di wilayah tersebut. Khususnya, aktivitas konversi hutan menjadi bentuk penggunaan lahan lainnya menyebabkan terjadinya penurunan jumlah cadangan karbon dioksida. Jumlah cadangan karbon dioksida yang berbeda-beda antar jenis lahan, tergantung pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta pengelolaannya. Penyimpanan karbon dioksida pada suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik, karena biomasa pohon meningkat (Hairiah et al, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dari Rahayu, et al (2003), konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian akan melepaskan karbon dioksida ke atmosfer dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan, jumlah karbon dioksida yang mampu diserap lahan pertanian lebih kecil dari hutan. Dampak konversi hutan ini akan lebih terasa, apabila diikuti dengan degradasi tanah dengan hilangnya vegetasi, serta

berkurangnya proses fotosintesis akibat munculnya hutan beton serta lahan yang dipenuhi bangunan-bangunan dan aspal sebagai pengganti tanah atau rumput. Jadi, masalah utama yang terkait dengan alih guna lahan adalah perubahan jumlah cadangan karbon dioksida. **Gambar 2.5** berikut merupakan proses perubahan penggunaan lahan.



Gambar 2. 5. Proses Perubahan Guna Lahan

Sumber: Hasil modifikasi beberapa sumber, 2014

Perubahan penggunaan lahan dalam pelaksanaan pembangunan tidak dapat dihindari. Perubahan tersebut terjadi karena dua hal, pertama adanya keperluan memenuhi kebutuhan penduduk yang semakin meningkat jumlahnya dan kedua berkaitan dengan meningkatnya tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik (Hairiah *et al*, 2011).

Pernyataan lain yang sependapat menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan lebih disebabkan oleh adanya kebutuhan dan keinginan manusia (Weni, 2010). Pola perubahan penggunaan lahan ini disebabkan karena pertumbuhan penduduk, kebijakan pemerintah, pada sektor pertanian dan transmigrasi faktor sosial ekonomi lainnya (Weni, 2010). Konversi lahan merupakan suatu tindak lanjut penyesuaian penggunaan lahan dalam fungsinya sebagai ruang kota, terhadap

peningkatan kebutuhan ruang untuk aktifitas sosial dan ekonomi kota berikut sarana dan prasarana penunjangnya, serta penduduk kota.

Model perubahan lahan dapat digunakan untuk memperkirakan emisi karbon. Keakuratan model ini bergantung pada jumlah dan alokasi deforestasi dan informasi yang tersedia tentang karbon, berapa banyak karbon dalam lanskap dan alokasi/ bagaimana itu didistribusikan dalam ruang (Velez Dan Pontius, 2012). Dengan demikian emisi karbon erat kaitannya dengan perubahan lahan khususnya lahan hijau (hutan dan RTH).

Penjelasan pakar diatas berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya. Weni (2010) dan Schulp et al (2008) menjelaskan bahwa perubahan penggunaan lahan dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan perubahan kebijakan penggunaan lahan. Sedangkan menurut Hairiah et al (2011), Rahayu et al (2003) dan Velez Dan Pontius (2012) menambahkan bahwa jumlah penduduk dan perubahan kebijakan penggunaan lahan menjadikan perubahan lahan hijau menjadi lahan terbangun dapat meningkatkan emisi karbon. Dengan demikian dapat ditarik sebuah indikator penelitian antara lain :

1. Pertumbuhan penduduk
2. Kebijakan pemerintah
3. Perubahan lahan hijau menjadi lahan terbangun

2.2.2. Jenis Penggunaan Lahan

Dalam skala kota, pemahaman komprehensif atas hubungan penggunaan energi di perkotaan dan emisi CO₂, perlu dipahami bahwa terdapat 2 (dua) sektor terbesar penghasil emisi gas CO₂ yaitu; lingkungan binaan (bangunan-bangunan termasuk perumahan) dan transportasi (Bhattachayya, 2010; Herawati, 2010). Dengan demikian emisi pada penggunaan lahan terbangun perlu dilakukan intervensi teknologi dan perubahan gaya hidup akan menyumbang pengurangan emisi CO₂ (Astuti, 2005; Bhattachayya, 2010; Herawati, 2010).

Menurut Roberts dalam Catanese (1988) suatu rencana tata guna lahan merupakan ekspresi kehendak lingkungan masyarakat mengenai bagaimana seharusnya pola tata guna lahan suatu lingkungan pada masa yang akan datang.

Kaiser et al (1995) membagi guna lahan di perkotaan menjadi 5 (lima) bagian utama, yaitu:

- 1) Perumahan
- 2) Perdagangan dan jasa
- 3) Industri
- 4) Transportasi, komunikasi dan utilitas
- 5) Fasilitas umum

Sedangkan berdasarkan pedoman inventarisasi gas rumah kaca yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (2012) dan sesuai dengan arahan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), penggunaan dan perubahan lahan untuk inventarisasi emisi dan serapan GRK dibedakan menjadi 6 (enam) kategori, yaitu: 1) Forest land, 2) Grassland, 3) Cropland, 4) Wetland, 5) Settlement, dan 6) Other land. IPCC mendefinisikan 6 (enam) kategori penggunaan lahan tersebut, sebagai berikut :

a. *Forest Land* (Lahan Hutan)

Kategori ini mencakup semua lahan dengan vegetasi berkayu sesuai dengan ambang batas yang digunakan untuk mendefinisikan Forest Land dalam Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Dalam kategori ini juga termasuk sistem dengan struktur vegetasi diluar definisi hutan, tetapi berpotensi bisa mencapai nilai ambang batas atau memenuhi definisi hutan yang digunakan oleh suatu negara untuk menentukan kategori lahan hutan.

b. *Cropland* (Lahan Pertanian dan *Agroforestry*)

Kategori ini meliputi tanaman pangan, termasuk sawah dan sistem agroforestry dimana struktur vegetasinya dibawah ambang batas untuk disebut kategori lahan hutan.

c. *Grassland* (Padang Rumput dan Savana)

Kategori ini mencakup padang penggembalaan dan padang rumput yang tidak dianggap sebagai lahan pertanian. Dalam kategori ini termasuk sistem dari vegetasi berkayu dan vegetasi bukan rumput seperti tumbuhan herbal dan semak. Kategori ini juga mencakup semua rumput dari lahan yang tidak dikelola sampai lahan rekreasi serta sistem pertanian dan silvi-pastural.

d. *Wetlands* (Lahan Rawa, Gambut, Sungai, Danau dan Waduk).

Kategori ini mencakup lahan dari pengembangan gambut dan lahan yang ditutupi atau jenuh oleh air untuk sepanjang atau sebagian tahun (misalnya, lahan gambut). Kategori ini termasuk reservoir/waduk, sungai alami dan danau.

e. *Settlements* (Pemukiman/Infrastruktur).

Kategori ini mencakup semua lahan yang dikembangkan termasuk infrastruktur transportasi dan pemukiman dari berbagai ukuran, kecuali yang sudah termasuk dalam kategori lainnya.

f. *Other Land* (Lahan Lainnya).

Kategori ini meliputi tanah terbuka, lahan berbatu, lahan bersalju, dan semua lahan yang tidak masuk ke salah satu dari 5 kategori diatas.

Dari pendapat Astuti (2005), Bhattachayya (2010), Herawati (2010) menyatakan bahwa penggunaan lahan terbangun merupakan penghasil emisi CO₂ terbesar. Pendapat Kaiser et al (1995) mengenai penggunaan lahan hanya difokuskan pada lahan terbangun yang merujuk pada pembahasan sebelumnya merupakan penghasil emisi. Pendapat Kementrian LH (2012) dan IPCC (2007) menjelaskan bahwa ada dua kategori lahan yaitu lahan penyerap dan lahan penghasil emisi CO₂. Dengan demikian penelitian ini merujuk pada pendapat IPCC (2007) tersebut bahwa jenis penggunaan lahan dibagi menjadi dua lahan hijau dan lahan terbangun.

2.2.3. Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Gas CO₂

2.2.3.1. Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan

Pengertian ruang terbuka hijau, (1) adalah suatu lapang yang ditumbuhi berbagai tetumbuhan, pada berbagai strata, mulai dari penutup tanah, semak, perdu dan pohon (tanaman tinggi berkayu); (2) Sebangsan lahan terbuka tanpa bangunan yang mempunyai ukuran, bentuk dan batas geografis tertentu dengan status penguasaan apapun, yang didalamnya terdapat tetumbuhan hijau berkayu dan tahunan (*perennial woody plants*), dengan pepohonan sebagai tumbuhan penciri utama dan tumbuhan lainnya (perdu, semak, rerumputan, dan tumbuhan penutup tanah lainnya), sebagai tumbuhan pelengkap, serta benda-benda lain yang juga

sebagai pelengkap dan penunjang fungsi ruang terbuka hijau yang bersangkutan (Purnomohadi, 1995).

Ruang terbuka hijau mempunyai manfaat keseimbangan alam terhadap struktur kota. Ruang terbuka hijau tidak dianggap sebagai lahan yang kurang efisien, atau tanah cadangan untuk pembangunan kota, atau sekedar program keindahan. Ruang terbuka hijau mempunyai tujuan dan manfaat yang besar bagi keseimbangan, kelangsungan, kesehatan, kenyamanan, kelestarian, dan peningkatan kualitas lingkungan itu sendiri. Selain itu Ruang terbuka hijau juga mampu menyerap emisi karbondioksida yang dihasilkan dari segala aktivitas yang terjadi di kota. (Adiastari, 2010)

Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota adalah bagian dari ruang-ruang terbuka (*open spaces*) suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi (endemik, introduksi) guna mendukung manfaat langsung dan/atau tidak langsung yang dihasilkan oleh RTH dalam kota tersebut yaitu keamanan, kenyamanan, kesejahteraan, dan keindahan wilayah perkotaan tersebut. Ruang terbuka hijau adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Lasco, 2004).

RTH, baik RTH publik maupun RTH privat, memiliki fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologis, dan fungsi tambahan (ekstrinsik) yaitu fungsi arsitektural, sosial, dan fungsi ekonomi. Dalam suatu wilayah perkotaan empat fungsi utama ini dapat dikombinasikan sesuai dengan kebutuhan, kepentingan, dan keberlanjutan kota (Hairiah, *et al*, 2011).

Ruang terbuka hijau kota merupakan bagian dari penataan ruang perkotaan yang berfungsi sebagai kawasan lindung. Kawasan hijau kota terdiri atas pertamanan kota, kawasan hijau hutan kota, kawasan hijau rekreasi kota, kawasan hijau kegiatan olahraga, kawasan hijau pekarangan. Ruang terbuka hijau diklasifikasi berdasarkan status kawasan, bukan berdasarkan bentuk dan struktur vegetasinya (Fandeli, 2004).

RTH berfungsi ekologis, yang menjamin keberlanjutan suatu wilayah kota secara fisik, harus merupakan satu bentuk RTH yang berlokasi, berukuran, dan berbentuk pasti dalam suatu wilayah kota, seperti RTH untuk per-lindungan

sumberdaya penyangga kehidupan manusia dan untuk membangun jejaring habitat hidupan liar. RTH untuk fungsi-fungsi lainnya (sosial, ekonomi, arsitektural) merupakan RTH pendukung dan penambah nilai kualitas lingkungan dan budaya kota tersebut, sehingga dapat berlokasi dan berbentuk sesuai dengan kebutuhan dan kepentingannya, seperti untuk keindahan, rekreasi, dan pendukung arsitektur kota (Adiastari, 2011). Adapun manfaat RTH (Hakim dan Utomo, 2004) diwilayah perkotaan antara lain sebagai berikut :

- a. Memberikan kesegaran, kenyamanan dan keindahan lingkungan sebagai paru-paru kota
- b. Memberikan lingkungan yang bersih dan sehat bagi penduduk kota
- c. Memberikan hasil produksi berupa kayu, daun, bunga dan buah
- d. Sebagai tempat hidup satwa dan plasma nutfah
- e. Sebagai resapan air
- f. Guna menjaga keseimbangan tata air dalam tanah
- g. Mengurangi aliran air permukaan, menangkap dan menyimpan air, menjaga keseimbangan tanah agar kesuburan tanah tetap terjaga
- h. Sirkulasi udara dalam kota
- i. Sebagai tempat sarana dan prasarana kegiatan rekreasi

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008, tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, fungsi RTH yakni sebagai berikut :

1. Fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologis:
 - a. Memberi jaminan pengadaan Ruang Terbuka Hijau menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota)
 - b. Pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar
 - c. Sebagai peneduh
 - d. Produsen oksigen
 - e. Penyerap air hujan
 - f. Penyedia habitat satwa
 - g. Penyerap polutan media udara, air dan tanah
 - h. Penahan angin

2. Fungsi tambahan (ekstrinsik) yaitu:

- a. Fungsi sosial dan budaya: menggambarkan ekspresi budaya lokal; merupakan media komunikasi warga lokal; tempat rekreasi; dan wadah dan obyek pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam.
- b. Fungsi Ekonomi: sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur mayur; bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain
- c. Fungsi estetika: meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lansekap kota secara keseluruhan; menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota; pembentuk faktor keindahan arsitektural; dan menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun.

Tumbuhan melakukan fotosintesis untuk membentuk zat makanan atau energi yang dibutuhkan tanaman tersebut. Dan dalam proses fotosintesis tersebut tumbuhan menyerap gas CO₂ dan air yang kemudian di rubah menjadi glukosa dan oksigen dengan bantuan sinar matahari. sehingga maka penyerapan karbon akan semakin meningkat. proses fotosintesis yang berfungsi untuk mengubah gas karbon dioksida dengan air menjadi karbohidrat dan oksigen. Proses fotosintesis sangat bermanfaat bagi manusia (Abdillah, 2006).

Ekosistem darat yang berperan sebagai penyimpanan atau penyerapan cadangan karbon dioksida yaitu vegetasi yang masih hidup (biomassa), vegetasi yang telah mati (nekromasa), dan bahan organik tanah. Sehingga apabila terjadi perubahan guna lahan yang merubah komponen vegetasi dan kesuburan tanah, maka secara otomatis akan mengakibatkan perubahan sistem penyerapan cadangan karbon dioksida dalam suatu wilayah (Hairiah *et al*, 2011).

Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, upaya yang dapat dilakukan saat ini adalah meningkatkan penyerapan karbon dioksida (Houghton, 2011) dan atau menurunkan emisi karbon dioksida (Lasco, 2004). Penurunan emisi karbon dioksida dapat dilakukan dengan: (a) mempertahankan cadangan karbon dioksida yang telah ada dengan: mengelola hutan lindung, mengendalikan deforestasi, menerapkan praktek silvikultur yang baik, mencegah degradasi lahan gambut dan

memperbaiki pengelolaan cadangan bahan organik tanah, (b) meningkatkan cadangan karbon dioksida melalui penanaman tanaman berkayu dan (c) mengganti bahan bakar fosil dengan bahan bakar yang dapat diperbarui secara langsung maupun tidak langsung (angin, biomasa, aliran air), radiasi matahari, atau aktivitas panas bumi (Lasco et al., 2004).

Peningkatan penyerapan cadangan karbon dioksida dapat dilakukan dengan (a) meningkatkan pertumbuhan biomasa hutan secara alami, (b) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, dan (c) mengembangkan hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh (Wilson and Pipier, 2010). Karbon dioksida yang diserap oleh tanaman disimpan dalam bentuk biomasa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan cadangan karbon dioksida adalah dengan menanam dan memelihara pohon (Lasco et al., 2004).

Penyerapan karbon dioksida oleh ruang terbuka hijau dengan jumlah 10.000 pohon berumur 16-20 tahun mampu mengurangi karbon dioksida sebanyak 800 ton per tahun (Simpson dan McPherson, 1999). Penanaman pohon menghasilkan absorbs karbon dioksida dari udara dan penyimpanan karbon, sampai karbon dilepaskan kembali akibat vegetasi tersebut busuk atau dibakar. Hal ini disebabkan karena pada RTH yang dikelola dan ditanam akan menyebabkan terjadinya penyerapan karbon dari atmosfer, kemudian sebagian kecil biomasnya dipanen dan atau masuk dalam kondisi masak tebang atau mengalami pembusukan (IPCC, 1995).

Berdasarkan bobot kealamiannya, bentuk RTH dapat diklasifikasi menjadi (a) bentuk RTH alami (habitat liar/alami, kawasan lindung) dan (b) bentuk RTH non alami atau RTH binaan (pertanian kota, pertamanan kota, lapangan olah raga, pemakaman; berdasarkan sifat dan karakter ekologisnya diklasifikasi menjadi (a) bentuk RTH kawasan (areal), dan (b) bentuk RTH jalur (koridor); berdasarkan penggunaan lahan atau kawasan fungsionalnya diklasifikasi menjadi (a) RTH kawasan perdagangan, (b) RTH kawasan perindustrian, (c) RTH kawasan permukiman, (d) RTH kawasan pertanian, dan (e) RTH kawasan - kawasan khusus, seperti pemakaman, olah raga, alamiah (Dep. Pekerjaan Umum, 2008).

Status kepemilikan RTH diklasifikasikan menjadi RTH publik, yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan publik atau lahan yang dimiliki oleh pemerintah dan RTH privat atau non publik, yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan milik pribadi (Dep. Pekerjaan Umum, 2008). Berdasarkan kepada fungsi utama menurut Irwan (2007) RTH dapat dibagi menjadi:

1. Pertanian perkotaan, fungsi utamanya adalah untuk mendapatkan hasilnya untuk konsumsi yang disebut dengan hasil pertanian kota seperti hasil hortikultura.
2. Taman kota, mempunyai fungsi utama untuk keindahan dan interaksi sosial
3. Hutan kota, mempunyai fungsi utama untuk peningkatan kualitas lingkungan

Berdasarkan kajian teori diatas, ruang terbuka hijau memiliki fungsi ekologis yang kuat dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan menyerap karbon dioksida.

Oleh karena itu dalam penelitian ini ruang terbuka hijau yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ruang terbuka hijau keseluruhan yang dapat menyerap gas CO₂.

2.2.3.2. Faktor Penyediaan Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (2008), Penyediaan RTH di Kawasan Perkotaan dibagi atas 3 bagian meliputi:

1. Penyediaan berdasarkan luas wilayah, yang dimaksud adalah ruang terbuka hijau di perkotaan terdiri dari RTH Publik dan RTH privat; proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% ruang terbuka hijau publik dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat;
2. Penyediaan berdasarkan jumlah penduduk, Untuk menentukan luas RTH berdasarkan jumlah penduduk, dilakukan dengan mengalikan antara jumlah penduduk yang dilayani dengan standar luas RTH perkapita sesuai peraturan yang berlaku.
3. Penyediaan berdasarkan kebutuhan fungsi tertentu, yang dimaksud ialah untuk perlindungan atau pengamanan, sarana dan prasarana misalnya melindungi kelestarian sumber daya alam, pengaman pejalan kaki atau membatasi perkembangan penggunaan lahan agar fungsi utamanya tidak

teganggu. RTH kategori ini meliputi: jalur hijau sempadan rel kereta api, jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi, RTH kawasan perlindungan setempat berupa RTH sempadan sungai, RTH sempadan pantai, dan RTH pengamanan sumber air baku/mata air.

Sedangkan menurut Maniquin (2011) menyatakan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan belum cukupnya ketersediaan ruang terbuka hijau (RTH) di kawasan perkotaan yaitu : keterbatasan lahan, banyaknya perubahan pemanfaatan lahan, lemahnya kesadaran akan lingkungan, keterbatasan dana, instrumen kebijakan pemerintah, serta kurangnya pengawasan dan pengendalian. Tingginya pembangunan kota memberi pengaruh terhadap lahan tak terbangun, dimana menyebabkan luasannya semakin berkurang. Sehingga kerap kali terjadi alih fungsi lahan terbuka hijau menjadi lahan terbangun. Menurut Sari dan Kurniawan (2012), analisis kebutuhan RTH dilakukan dengan berdasarkan pada standar kebutuhan berdasarkan jumlah penduduk, luas wilayah, jenis-jenis RTH publik dan kebutuhan O₂ serta kebutuhan akan RTH bergantung pada ukuran kota, dimana kebutuhan akan RTH akan meningkat sejalan dengan berkembangnya kota.

Pendapat Lusetyowati (2011) menyetujui bahwa Kebutuhan oksigen dan luas wilayah menjadi faktor penyediaan RTH. Standar kebutuhan oksigen kota untuk setiap orang membutuhkan rata-rata 1,25 kg oksigen, dan pada 1 hektar ruang terbuka hijau 240 kg oksigen. Dan kriteria luasan yang dihunikan sepakat sesuai pedoman yang diterbitkan oleh Departemen PU (2008). Disamping itu, ditambahkan pula faktor lain yaitu ketetapan rasio perbandingan lahan terbangun dengan ruang terbuka hijau. Dari ratio tersebut maka dapat diketahui kebutuhan ruang terbuka hijau.

Dari pendapat pakar diatas beragam. Menurut Sari dan Kurniawan (2012) penyediaan RTH dipengaruhi kuat oleh jumlah penduduk. Sedangkan Maniquin (2011) menambahkan penyediaan ruang terbuka hijau perkotaan dipengaruhi oleh faktor kebijakan pemerintah, jumlah penduduk, keterbatasan lahan, dan kesadaran lingkungan masyarakat. Lusetyowati (2011) menyatakan bahwa penyediaan RTH seharusnya didasarkan pada kebutuhan oksigen wilayah tersebut yang berarti didasarkan juga pada jumlah penduduk. Dalam penelitian ini ruang terbuka hijau

dipandang sebagai lahan biokapasitas penyerap emisi gas CO₂ sehingga dari kajian ini dapat ditarik sebuah indikator antara lain :

1. Jumlah penduduk
2. Kebijakan pemerintah
3. Ketersediaan lahan

2.3. Pendekatan Dalam Upaya Mengurangi Dampak Perubahan Iklim (Climate Change)

2.3.1. Konsep Telapak Ekologis (*Ecological Footprint*)

Telapak ekologis merupakan indikator stabilitas ekologi. Teori dan metode untuk mengukur pembangunan berkelanjutan dengan telapak ekologis telah dikembangkan selama dekade terakhir (Chambers, et al, 2000). Telapak ekologis adalah pengukuran keberlanjutan yang menggambarkan realitas kehidupan di dunia dengan sumber daya yang terbatas, dan merupakan indikator sintetis yang digunakan untuk memperkirakan dampak populasi terhadap lingkungan karena aktivitas konsumsi penduduk (Bala Dan Hossain, 2012).

Jejak ekologis adalah ukuran dari permintaan manusia dari alam dan mengukur seberapa banyak lahan produktif secara biologis dan air individu, populasi, atau kegiatan membutuhkan untuk memproduksi semua sumber daya yang dikonsumsi dan untuk menyerap emisi karbon dioksida yang dihasilkannya (Franchetti and Apul, 2013)

Perhitungan jejak ekologis didasarkan pada data rata-rata konsumsi, dan ini diubah menjadi penggunaan lahan produktif. Lahan bioproductive dibagi menjadi enam kategori sesuai dengan klasifikasi World Conservation Union: (1) lahan pertanian, (2) lahan penggembalaan, (3) hutan, (4) fishing ground, (5) membangun tanah dan (6) lahan Energi (Bala Dan Hossain, 2012).

Bagian penting dari analisis telapak ekologis suatu wilayah atau zona diwakili oleh perhitungan kapasitas biologisnya (biokapasitas) yang memperhitungkan lahan yang produktif secara ekologis yang terletak di dalam wilayah yang diteliti. Kapasitas biologis merupakan daerah yang produktif secara ekologis yang tersedia secara lokal, dan itu menunjukkan kapasitas potensi ekosistem lokal untuk menyediakan sumber daya alam dan jasa. Kapasitas biologis adalah total kapasitas

produksi biologis tahunan daerah produktif secara biologis yang diberikan (Bala dan Hossain, 2012).

Menurut Bala dan Hossain (2012) perhitungan telapak ekologis menunjukkan status ekologis baik secara keseluruhan maupun status masing-masing jenis penggunaan lahan di wilayah perhitungan. Status ekologis tersebut dipengaruhi oleh biokapasitas perkapita dan jejak ekologi per kapita. Dengan demikian populasi penduduk merupakan poin penting.

Apabila area lahan tertentu sudah tidak mampu mendukung kehidupan sejumlah penduduk tertentu dengan tanda-tanda berkurangnya ketersediaan pangan dan kematian penduduk meningkat serta apabila daya dukung sudah semakin menurun maka kondisi ini disebut dengan ledakan penduduk (*over population*) yang tidak mencerminkan keberlanjutan lingkungan (Rusli, 1995).

Ketidakseimbangan ini disebut sebagai *overshoot* dan menunjukkan bahwa konsumsi kita melebihi sumberdaya alam yang tersedia dan dihasilkan setiap tahunnya di Bumi (Franchetti and Apul, 2013). Dengan demikian terbentuk sebuah indikator keberlanjutan dengan mengukur tekanan pada ekosistem dan tingkat permintaan ekologi oleh manusia pada alam tempat hidupnya (Franchetti and Apul, 2013).

Telapak ekologis mengukur total biaya ekologis (dalam area lahan) dari suplai seluruh barang dan jasa kepada penduduk yang menunjukkan bahwa penduduk tidak hanya secara langsung memerlukan lahan untuk produksi pertanian, jalan, bangunan dan lainnya, akan tetapi secara tidak langsung lahan pun turut mewujudkan barang dan jasa yang dikonsumsi penduduk (McDonald dan Patterson, 2003). Sedangkan pada sisi kebutuhan, telapak ekologis merupakan luasan lahan yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi penduduk dan menyerap limbah buangan yang dihasilkan oleh aktivitas penduduk tersebut (Wackernagel dan Rees, 1996). Murray (2003) mengklasifikasikan lahan jenis konsumsi sumberdaya alam oleh manusia yaitu pangan, perumahan, transportasi, dan lahan-lahan barang konsumsi seperti pertanian, hutan, dan perikanan. Perhitungan telapak ekologis selalu didasarkan pada lima asumsi berikut ini (Venetoulis dan Talberth, 2005).

1. Mendapatkan seluruh konsumsi perkapita sumber daya alam suatu wilayah

dan limbah yang dihasilkan.

2. Konsumsi sumber daya dan aliran limbah dikonversi menjadi luas area produktif untuk proses keseimbangan *supply* dan *demand* termasuk asimilasi limbah.
3. Setiap ukuran lahan distandarisasi menjadi area yang ekuivalen dari rata-rata lahan produktif dunia sehingga diketahui jumlah produktivitas biomassa dan total kebutuhan manusia secara keseluruhan.
4. Penilaian tingkat keberlanjutan lingkungan dilakukan dengan membandingkan total permintaan manusia dengan jasa ekologis yang ditawarkan alam, saat itulah dapat ditaksir area produktif di atas planet.

Dengan demikian telapak ekologis terdiri dari 4 (empat) unsur penting yaitu populasi, area lahan, produktivitas (hasil/ha) dan konsumsi sumber daya lahan (ha/kapita), yang hasil perhitungannya akan menjadi bagian dalam perhitungan daya dukung suatu wilayah (Retnowati, 2010). Telapak ekologis suatu wilayah yang lebih rendah dibandingkan biokapasitasnya menunjukkan bahwa dalam upaya pemenuhan kebutuhannya, masyarakat wilayah tersebut telah menggunakan sumberdaya alamnya dengan memperhatikan daya dukung serta menjamin keberlanjutan sumberdaya alam dan lingkungan untuk masa yang akan datang (Retnowati, 2010).

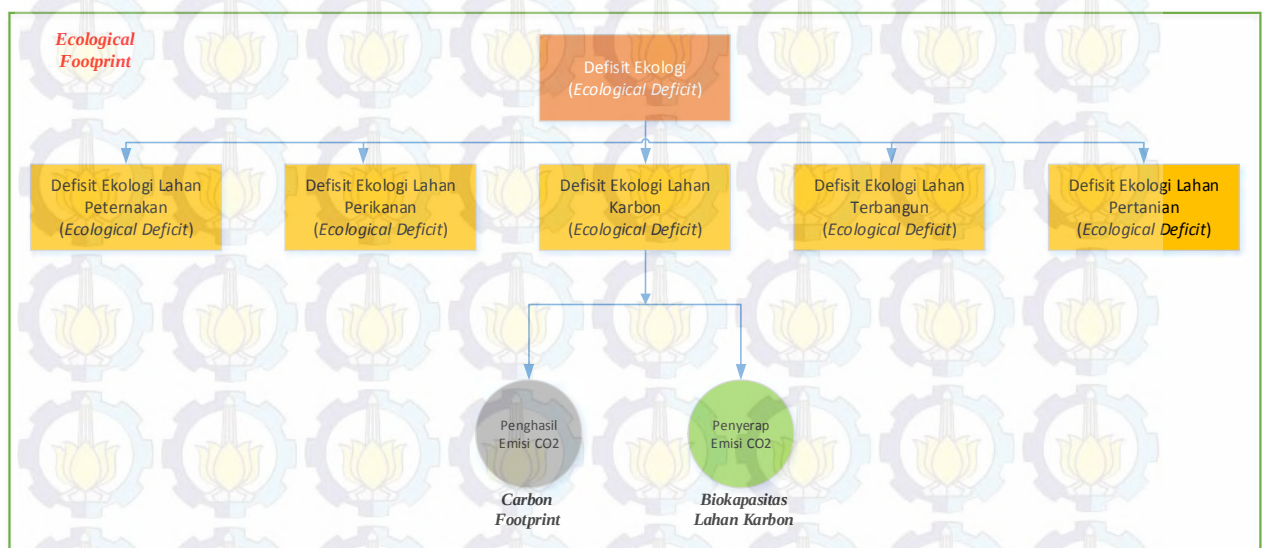
Telapak ekologis adalah alat untuk mengukur daya dukung lingkungan dengan identifikasi komponen konsumsi sumberdaya alam dan limbah serta ketersediaan sumberdaya alam pada masing-masing jenis lahan. Hal ini dapat diketahui dari nilai biokapasitas dan telapak ekologis masing-masing wilayah sesuai dengan tingkat keberlanjutan suatu jenis lahan. Dengan demikian telapak ekologis dalam kaitannya dengan keseimbangan lingkungan terkait emisi gas CO₂ merupakan perbandingan antara produksi emisi gas CO₂ dari kegiatan manusia dengan kemampuan lingkungan untuk menyerap emisi gas CO₂.

2.3.2. Konsep Jejak Karbon (*Carbon Footprint*)

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer terutama gas CO₂ mengakibatkan tekanan lingkungan yang diakibatkan oleh pemanasan global dan dampak dari fenomena tersebut di kehidupan manusia. Peningkatan gas CO₂

tersebut berhubungan erat dengan emisi yang dikeluarkan dari segala aktivitas makhluk hidup terutama manusia (Houghton, 2011). Oleh karena itu kegiatan pengukuran dari intensitas gas rumah kaca dari produk yang berbeda, tubuh, dan limbah hasil kegiatan ekonomi manusia yang terjadi di seluruh dunia dinyatakan sebagai jejak karbon (Pandey, et al, 2011).

Jejak karbon merupakan penjabaran dari konsep telapak ekologis. Telapak ekologis memiliki definisi produktivitas secara biologi dari luas lahan dan laut yang dibutuhkan untuk keberlanjutan populasi manusia yang didefinisikan dalam satuan global hektar (gha) (Wackernagel and Ress, 1996). Berdasarkan konsep ini, jejak karbon memiliki arti luasan lahan yang dibutuhkan untuk mengasimilasi keseluruhan produksi CO₂ oleh umat manusia sepanjang hidup manusia (Pandey, et al, 2011). Pada **Gambar 2.6** merupakan posisi konsep jejak karbon dalam konsep telapak ekologis dimana konsep jejak karbon sebagai salah satu jejak ekologi yang dihitung dalam telapak ekologis.



Gambar 2. 6. Kedudukan Konsep Carbon Footprint Dalam Telapak Ekologis

Sumber : Penulis, 2014

Definisi yang diungkapkan oleh Pandey, et al (2011) merujuk pada pendapat Wiedmann and Minx (2007) yang mendefisikan konsep jejak karbon sebagai perhitungan dari keseluruhan jumlah emisi karbon dioksida yang secara langsung

ataupun tidak langsung disebabkan oleh aktivitas atau akumulasi dari seluruh aspek kehidupan. Definisi ini hanya termasuk emisi CO₂ dikarenakan gas CO₂ merupakan gas yang dominan di atmosfer dari semua gas rumah kaca dan sangat berpengaruh terhadap perubahan iklim (Pandey, et al, 2011). Definisi tersebut merupakan konsep dasar dalam perhitungan jejak karbon dimana hasil perhitungan tersebut sebagai indikator potensi pemanasan global (Wiedmann and Minx, 2007).

Sebagai sebuah konsep untuk mengukur potensi pemanasan global yang diakibatkan oleh sebuah wilayah, konsep jejak karbon semakin berkembang. Beberapa pakar berpendapat bahwa konsep jejak karbon perlu memasukkan seluruh indikator gas rumah kaca dalam perhitungannya (Brewer, 2009). Hal ini dikarenakan penggunaan jejak karbon dapat digunakan sebagai dasar untuk menerapkan kebijakan lokal yang membantu memenuhi tujuan nasional secara komprehensif, merancang perjanjian iklim yang adil dan efisien yang berhubungan dengan wilayah administratif, memberikan informasi siklus karbon, driver emisi, dan kebijakan lainnya (Pandey, et al, 2011). Oleh karena itu jejak karbon dikembangkan untuk menghitung keseluruhan GRK dalam satuan CO₂e (CO₂ equivalent) (Carbon Trust, 2007b; Pandey et al, 2011).

Wiedmann and Mixx (2007) berpendapat bahwa definisi jejak karbon memang belum ada definisi standar dan beberapa penelitian masih rancu untuk memasukkan gas rumah kaca lain dalam perhitungan. Meskipun demikian, perhitungan gas CO₂ dalam jejak karbon merupakan definisi yang lebih tepat dikarenakan gas CO₂ sebagai emisi terbesar yang mengakibatkan pemanasan global (Brewer, 2009 ; Franchetti and Apul, 2013).

Dari beberapa pendapat para pakar diatas maka identifikasi beberapa sumber emisi dalam perhitungan jejak karbon merupakan inti dari konsep jejak karbon. Jejak karbon menjadi pernyataan kuantitatif dari emisi gas rumah kaca yang berasal dari suatu aktivitas yang membantu dalam manajemen emisi dan evaluasi dari perhitungan mitigasi (Carbon Trust 2007b). Dengan menghitung jumlah emisi maka sumber emisi yang terpenting dapat diidentifikasi dan pengurangan emisi dan peningkatan efisiensi dapat diprioritaskan (Pandey, et al, 2011).

Dalam perhitungan jejak karbon, terdapat kekurangan dalam keseragaman atas perhitungan langsung produksi emisi karena kegiatan dapat menghasilkan dua

macam emisi yaitu emisi langsung dan tidak langsung (Pandey, et al, 2011). Emisi langsung adalah hal hal yang dihasilkan secara langsung selama proses kegiatan dilakukan (Carbon Trust, 2007b). Sebagai contohnya, CO₂ yang dihasilkan selama pembakaran bahan bakar industri yang dikeluarkan melalui katel uap adalah emisi secara langsung. Di sisi lain, pada pemanas listrik, tidak ada emisi secara langsung yang akan diteliti. Akan tetapi, jika listrik yang digunakan dalam boiler menghasilkan panas pada pembangkit listrik, total CO₂ yang dihasilkan penerotor dan transmisi pada unit pembangkit listrik dikonsumsi dalam boiler berarti sebagai perwujudan emisi tidak langsung (Matthews et al. 2008b). Hal ini menjadi sangat kompleks untuk memasukan seluruh kemungkinan emisi, sehingga kebanyakan penelitian meneliti hanya emisi langsung atau satu tahapan emisi tidak langsung (Carbon Trust 2007b).

Identifikasi sumber emisi karbon juga berbeda-beda setiap pakar. Hal ini dikarenakan oleh jenis-jenis aktivitas yang akan dimasukkan dalam perhitungan. Beberapa pakar mendefinisikan emisi langsung (hilir) dan emisi tidak langsung (hulu) (Pandey, et al, 2011 ; Brewer, 2009). Meskipun demikian pengukuran emisi hulu dan hilir tidak langsung adalah opsional dari operasinya. Berbeda dengan pendapat pakar sebelumnya menurut GHG Protokol (2010) terdapat 3 jenis lingkup emisi namun direkomendasikan bahwa setidaknya emisi lingkup 1 dan lingkup 2 dimasukkan dalam inventarisasi GRK, sedangkan untuk emisi lingkup 3 dianggap opsional. Lingkup-lingkup tersebut antara lain :

1. Lingkup 1 merupakan emisi langsung

Lingkup 1 dapat dari sumber bergerak seperti kendaraan atau dari pembakaran stasioner untuk menghasilkan listrik, panas, atau Stefan. Sebagai contoh, setiap pembakaran di tempat batubara atau gas alam akan dianggap emisi Lingkup 1. Juga termasuk dalam Lingkup 1 adalah emisi proses pengolahan industri. Emisi dapat terjadi tidak hanya dari pembakaran bahan bakar fosil, tetapi juga sebagai bagian dari proses pengolahan terutama industri semen dan aluminium. Selain itu,

2. Lingkup 2 adalah emisi tidak langsung dihasilkan karena aktivitas pemakaian di suatu wilayah. Lingkup 2 merupakan emisi tidak langsung yang secara langsung terkait dengan konsumsi energi di suatu wilayah. Lingkup 2

termasuk membeli energi dalam bentuk listrik, uap, atau air dingin. Pembelian listrik cenderung mendominasi jenis emisi ini dalam banyak kasus.

3. Emisi tidak langsung lainnya merupakan emisi yang dihasilkan akibat distribusi energi akibat kegiatan pada lingkup 1 dan lingkup 2. Emisi ini lebih sulit untuk memperkirakan karena emisi siklus hidup dari produk sebagian besar tidak diketahui atau tidak pasti. Berapa diantaranya antara lain :

- a. Pengelolaan sampah padat menghasilkan emisi dari transportasi limbah ke TPA (penggunaan bensin dalam kendaraan transportasi).
- b. Produksi listrik di pembangkit listrik membutuhkan jarak yang panjang untuk distribusinya dan beberapa dari listrik akan hilang selama transmisi ini dan distribusi. Sementara pembelian tenaga listrik termasuk dalam Lingkup 2 emisi, kerugian akibat distribusi ini harus dimasukkan dalam emisi Lingkup 3.
- c. Perjalanan komuter penduduk ke wilayah lain juga termasuk emisi lingkup 3 dan juga termasuk emisi hulu terkait dengan pembelian produk seperti makanan, air, bahan bakar, dan bahan lainnya.

Tidak jauh berbeda dengan GHG Protocol, Pandey, et al (2011) juga mendefinisikan 3 macam jenis emisi dalam perhitungan jejak karbon antara lain :

1. Semua emisi langsung, yaitu, emisi *onsite* seperti konsumsi rumah tangga, transportasi, industri, dll.
2. Emisi yang diwujudkan oleh pembelian energi terutama listrik.
3. Semua emisi tidak langsung, seperti yang terkait dengan pengangkutan barang yang dibeli, perjalanan bisnis, aktivitas energi, pembuangan produk, dll.

Selain itu beberapa penelitian lain yang terkait dengan jejak karbon mendefinisikan sumber emisi tidak jauh berbeda dengan Pandey (2011) dan GHG Protocol (2011) seperti nampak pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3. Aktivitas Emisi yang Dihitung dari beberapa Penelitian

Peneliti	Lingkup penelitian	Aktivitas Emisi CO ₂ yang dihitung
Druckman and Jacson (2009)	Rumah Tangga di UK	I : Penggunaan energi dari rumah tangga dan kendaraan pribadi

Peneliti	Lingkup penelitian	Aktivitas Emisi CO ₂ yang dihitung
		II : Emisi kegiatan pelayanan dan industri
Good Company (2008)	<i>Carbon Footprint in The City Og Vancouver (Canada)</i>	I : penggunaan energi oleh kendaraan dan rumah tangga II : Emisi dari penggunaan listrik III : Produksi barang yang dibeli oleh penduduk kota, emisi dari TPA dan perjalanan komuter
USDoE (2005)	Hawai	I : transportasi darat dan udara II : Penggunaan listrik
Brown et al (2009)	<i>Carbon Footprint of US Metropolitan cities</i>	I : Sistem transportasi, perdagangan dan jasa, dan industri.

Sumber : Diadopsi dari Pandey et al (2011)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem jejak karbon berdasarkan emisi CO₂ di Kabupaten Gresik sehingga pengertian jejak karbon merujuk pada pengertian dasar yang diungkapkan oleh Wiedmann and Max (2007) yaitu sebagai jumlah CO₂ yang dihasilkan oleh suatu wilayah dalam waktu tertentu.

2.4. Sintesa Pustaka

Dari hasil kajian pustaka pada sub bab-sub bab sebelumnya, maka dapat dirumuskan sintesa pustaka berupa indikator-indikator dan variable-variabel yang digunakan dalam penelitian mengenai faktor keseimbangan emisi gas CO₂. Faktor keseimbangan emisi gas CO₂ terdiri dari produksi dan penyerap emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor ini kemudian menjadi bahan membangun model defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Indikator dan variabel tersebut dapat disajikan pada **Tabel 2.4.**

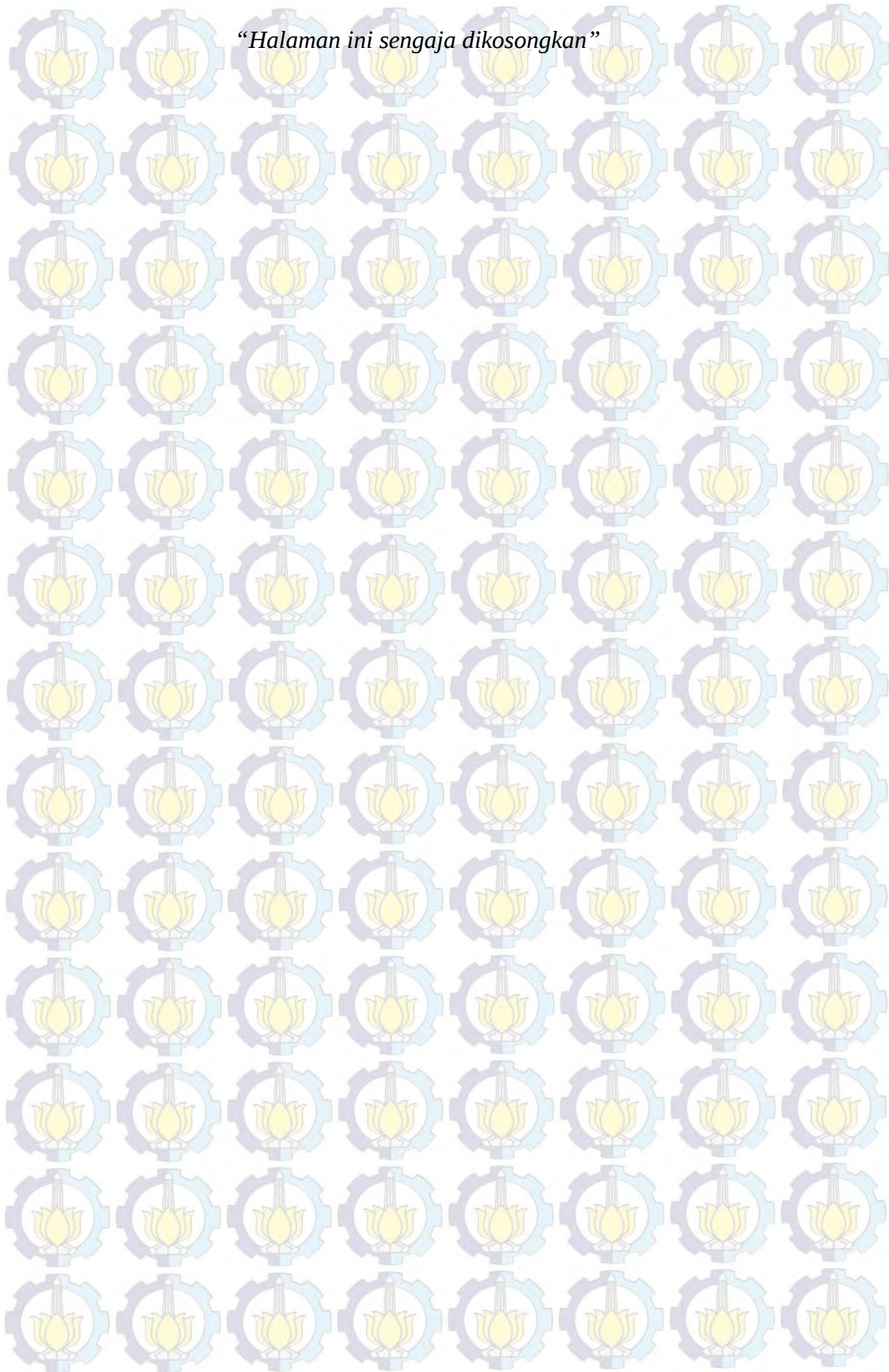
Tabel 2. 4. Sintesa Kajian Pustaka

Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂	Indikator	Variabel
Faktor Penghasil Emisi Gas CO ₂	Kegiatan industri	Total produksi emisi CO ₂ sektor industri
		Jumlah industri
		Jenis industri
		Kapasitas produksi
		Jumlah penggunaan BBM industri
		Jumlah penggunaan gas industri
		Jumlah penggunaan listrik industri
	Kegiatan Perumahan	Total produksi emisi CO ₂ sektor perumahan
		Jumlah unit rumah
		Jumlah penggunaan LPG rumah tangga
		Jumlah penggunaan minyak tanah rumah tangga
		Jumlah penggunaan kayu bakar rumah tangga
		Jumlah sampah rumah tangga yang dibakar
		Jumlah pemakaian energi listrik rumah tangga
	Kegiatan Transportasi	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor transportasi
		Jumlah kendaraan
		Pertumbuhan jumlah kendaraan
		Jenis kendaraan
		Jumlah penggunaan BBM kendaraan
	Penggunaan lahan	Luas lahan terbuka hijau (RTH)
		Luas lahan terbangun
		Luas lahan non terbangun
		Luas wilayah
		Perubahan penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun
	Kependudukan	Jumlah penduduk
		Angka migrasi
		Angka emigrasi
		Angka mortalitas

Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂	Indikator	Variabel
Faktor Penyerap Emisi Gas CO ₂	Penggunaan lahan	Angka kelahiran
		Luas lahan terbuka hijau (RTH)
		Luas lahan terbangun
		Luas lahan non terbangun
		Luas wilayah
	Serapan emisi CO ₂	Perubahan penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun
		Jenis tutupan vegetasi
	Kebijakan pemerintah	Daya serap CO ₂ rata-rata ruang terbuka hijau
		Kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi CO ₂
		Kebijakan konversi energi
		Kebijakan pembatasan kendaraan pribadi

Sumber : Hasil Pustaka, 2014

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan mengembangkan teknik matematis dalam bangunan sistem sehingga proses pengukuran merupakan proses yang utama dalam hubungan pengamatan empiris dan ekspresi matematis (Muhadjir, 2007). Oleh karena itu penelitian ini menggunakan pendekatan positivistik. Pendekatan ini membangun kebenaran secara empiri. Melalui pendekatan positivistik rancangan penelitian menuntut obyek yang spesifik dan obyek data ditata dalam tata pikir kategorisasi (Muhadjir 2007).

Landasan teori digunakan untuk melandasi perumusan variabel yang menjadi unsur dalam optimasi penggunaan lahan. Sedangkan empiri fakta menjadikan teori hasil penelitian terdahulu sebagai batasan lingkup untuk mengidentifikasi faktor empiris sebagai faktor empiri yang mempengaruhi optimasi penggunaan lahan. Fakta empiris penelitian didasarkan pada pendekatan kuantitatif dimana nuansa penelitian baik penyajian data dan pengolahannya dilakukan dengan metoda statistik. Hal ini dilakukan ketika dalam permodelan sistem defisit ekologis antara biokapasitas dan telapak ekologis emisi gas CO₂ diperlukan pengolahan data statistik.

Pada tahap awal penelitian diketahui permasalahan keseimbangan lingkungan penggunaan lahan dalam menyerap emisi gas CO₂ yang kemudian dikomparasikan dengan konseptualistik teori yang berisi tentang alur pemikiran permasalahan yang menjadi latar belakang, fakta empiri, dan teori- teori yang digunakan. Selanjutnya dari kajian teori ditemukan variabel-variabel penelitian. Tahap terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis dari fakta empiri yang didapat serta didukung dengan landasan teori yang ada.

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif dan statistik deskriptif. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi atau gambaran mengenai

situasi atau kejadian, menerangkan hubungan antar fenomena, serta mendapatkan makna dan implikasi dari suatu masalah yang ingin dipecahkan. Menurut Whitney dalam Yunus (2010), metode deskriptif merupakan pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat. Penelitian deskriptif mempelajari masalah-masalah masyarakat serta tata cara dan situasi tertentu dalam masyarakat, termasuk hubungan, kegiatan-kegiatan, sikap-sikap dan pandangan-pandangan serta proses yang sedang berlangsung dan pengaruh dari suatu fenomena.

Penelitian deskriptif digunakan dalam memaparkan kondisi secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta dan faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan penggunaan lahan dalam menyerap emisi gas CO₂ berdasarkan telapak ekologis di wilayah perkotaan Gresik. Sifat deskriptif dilakukan saat merumuskan model defisit ekologis emisi gas CO₂ berdasarkan telapak ekologis di wilayah perkotaan Gresik dari literatur tentang keseimbangan penghasil dan penyerap emisi gas CO₂ melalui komunikasi dengan responden. Sedangkan statistika deskriptif dilakukan dalam mengolah data dalam bangunan sistem defisit ekologis yang dibangun, mengukur hubungan variabel, dan posisi relatif suatu variabel terhadap variabel lainnya kemudian diinterpretasi kedalam sebuah ringkasan (Darmadi, 2013).

3.3. Variabel Penelitian

Variabel adalah hal atau atribut yang memiliki ukuran dalam penelitian. Variabel ini nanti digunakan dalam mengukur indikator pada masing-masing sasaran penelitian. Variabel ini merupakan faktor penyerap dan penghasil emisi gas CO₂. Dalam penelitian ini variabel penelitian didasarkan pada indikator hasil kajian pustaka yang dapat dijabarkan pada **Tabel 3.1..** Daftar variabel pada tabel tersebut juga digunakan sebagai materi wawancara semiterstruktur kepada para narasumber penelitian yang akan dijelaskan pada bahasan selanjutnya. Selain itu, hasil kajian teori juga mendapatkan hubungan antar variabel (interelasi) atau gambaran awal sistem dapat disajikan pada **Gambar 3.1** sebagai hipotesis awal bangunan sistem. Hipotesis hubungan antar variabel ini kemudian akan dikonfirmasi kepada para narasumber penelitian.

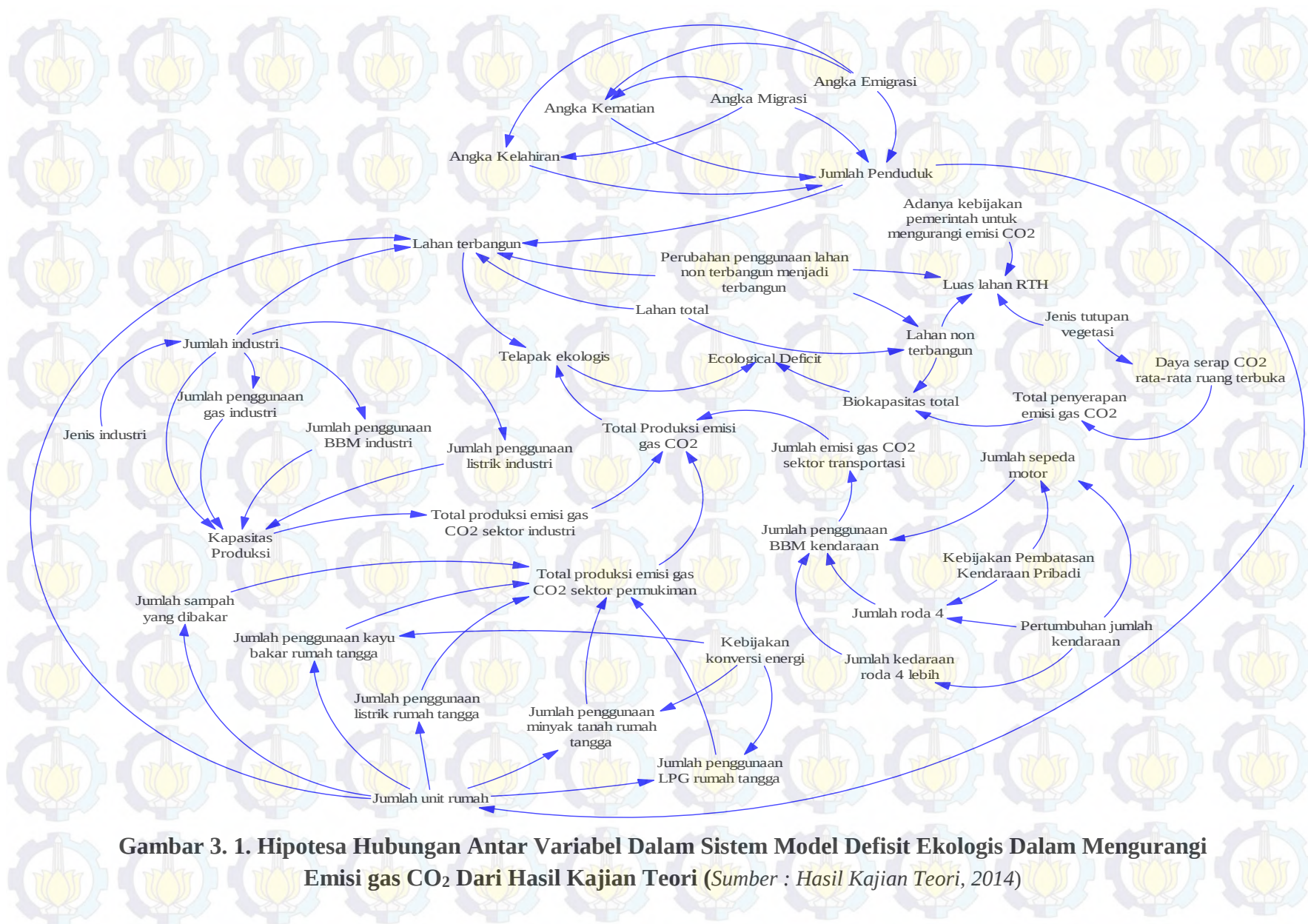
Tabel 3. 1. Variabel Penelitian Untuk Seluruh Sasaran Penelitian

Faktor Keseimbangan Emisi gas CO₂	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
Faktor Penghasil Emisi gas CO ₂	Kegiatan industri	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor industri	Total emisi gas CO ₂ dari sektor industri (ton CO ₂ /tahun)
		Jumlah industri	Jumlah industri di Wilayah perkotaan Gresik (unit)
		Jenis industri	Industri yang bergerak pada bidang pengolahan logam, pupuk dan kimia dasar di wilayah perkotaan Gresik
		Kapasitas produksi	Daya produksi masing-masing industri untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi (ton terpasang)
		Jumlah penggunaan BBM industri	Faktor emisi gas CO ₂ hasil proses produksi industri secara keseluruhan terkait dengan pengolahan bahan baku, penggunaan bahan bakar dan penggunaan listrik (ton CO ₂ /ton produk)
		Jumlah penggunaan gas industri	Faktor emisi gas CO ₂ hasil proses produksi industri secara keseluruhan terkait dengan pengolahan bahan baku, penggunaan bahan bakar dan penggunaan listrik (ton CO ₂ /ton produk)
		Jumlah penggunaan listrik industri	Faktor emisi gas CO ₂ hasil proses produksi industri secara keseluruhan terkait dengan pengolahan bahan baku, penggunaan bahan bakar dan penggunaan listrik (ton CO ₂ /ton produk)
	Kegiatan Perumahan	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor perumahan	Total emisi gas CO ₂ dari sektor perumahan (ton CO ₂ /tahun)
		Jumlah unit rumah	Jumlah unit rumah (unit)
		Jumlah penggunaan LPG rumah tangga	Jumlah penggunaan gas LPG untuk memasak tiap tahunnya (kg)
		Jumlah penggunaan minyak tanah rumah tangga	Jumlah penggunaan minyak tanah untuk memasak tiap tahunnya (liter)
		Jumlah penggunaan kayu bakar rumah tangga	Jumlah penggunaan kayu bakar untuk memasak tiap tahunnya (m3)
		Jumlah sampah rumah tangga yang dibakar	Jumlah sampah domestic yang dibakar tiap tahunnya (m3)
		Jumlah pemakaian energi listrik rumah tangga	Jumlah penggunaan listrik (Kwh)
	Kegiatan Transportasi	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor transportasi	Total emisi gas CO ₂ dari sektor transportasi (ton CO ₂ /tahun)
		Jumlah kendaraan	Jumlah unit kendaraan per jenis kendaraan (unit)

Faktor Keseimbangan Emisi gas CO₂	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
Faktor Keseimbangan Emisi gas CO ₂		Pertumbuhan jumlah kendaraan	Jumlah laju kenaikan atau penurunan jumlah kendaraan tiap tahunnya (unit/th)
		Jenis kendaraan	Tipe kendaraan berdasarkan bahan bakar yang digunakan dan jumlah rodanya.
		Jumlah penggunaan BBM kendaraan	Jumlah bensin/solar yang digunakan kendaraan setiap jenis kendaraan tiap tahunnya (liter)
	Penggunaan Lahan	Luas lahan terbuka hijau (RTH)	Luas ruang terbuka hijau termasuk sawah, ladang, mangrove, hutan dan semak belukar namun bukan badan air dan budidaya perikanan (ha)
		Luas lahan terbangun	Luas lahan bangunan termasuk permukiman, industri, perdagangan dan jasa, fasilitas umum (ha)
		Luas lahan non terbangun	Luas lahan terbuka atau belum terbangun (ha)
		Luas wilayah	Luas lahan keseluruhan wilayah perkotaan Gresik (ha)
		Perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun	Laju perubahan lahan hijau menjadi terbangun (km ² /tahun)
	Kependudukan	Jumlah penduduk	Jumlah penduduk di wilayah penelitian (jiwa)
		Angka migrasi	Jumlah penduduk yang pindah dari wilayah penelitian menuju wilayah lain tiap tahunnya (jiwa)
		Angka emigrasi	Jumlah penduduk yang pindah dari wilayah lain menuju wilayah penelitian tiap tahunnya (jiwa)
		Angka mortalitas	Jumlah penduduk yang meninggal tiap tahunnya (jiwa)
		Angka kelahiran	Angka kelahiran bayi di wilayah penelitian tiap tahunnya (jiwa)
Faktor Penyerap Emisi Gas CO ₂	Penggunaan lahan	Luas lahan ruang terbuka hijau (RTH)	Luas ruang terbuka hijau termasuk sawah, ladang, mangrove, hutan dan semak belukar namun bukan badan air dan budidaya perikanan (ha)
		Luas lahan terbangun	Luas lahan bangunan termasuk permukiman, industri, perdagangan dan jasa, fasilitas umum (ha)
		Luas lahan non terbangun	Luas lahan terbuka atau belum terbangun (ha)
		Luas wilayah	Luas lahan keseluruhan wilayah perkotaan Gresik (ha)

Faktor Keseimbangan Emisi gas CO ₂	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
	Serapan emisi gas CO ₂	Perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun	Laju perubahan lahan hijau menjadi terbangun (km ² /tahun)
		Jenis tutupan vegetasi	Prosentase luas tipe vegetasi semak dan pohon yang ditanam dalam satu area tertentu
		Daya serap CO ₂ rata-rata ruang terbuka hijau	Kemampuan satu jenis tutupan vegetasi dalam menyerap gas CO ₂ di atmosfer (ton CO ₂ /tahun/ha)
	Kebijakan pemerintah	Kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi gas CO ₂	Adanya kebijakan pemerintah yang mendukung usaha pengurangan emisi gas CO ₂
		Kebijakan konversi energi	Adanya kebijakan dorongan dari pemerintah untuk perubahan penggunaan energi memasak ke penggunaan LPG
		Kebijakan pembatasan kendaraan pribadi	Adanya kebijakan untuk mengurangi pertumbuhan kendaraan pribadi baik melalui disinsentif pajak maupun lainnya.

Sumber : Penulis, 2014



Gambar 3. 1. Hipotesa Hubungan Antar Variabel Dalam Sistem Model Defisit Ekologis Dalam Mengurangi Emisi gas CO₂ Dari Hasil Kajian Teori (Sumber : Hasil Kajian Teori, 2014)

3.4. Metode Penelitian

3.4.1. Metode Pengambilan Sampel

3.4.1.1. Metode Penentuan Narasumber (*Stakeholders*)

Teknik pengambilan responden dalam penelitian ini menggunakan teknik yang bisa menentukan pakar yang sesuai untuk dijadikan sampel penelitian. Sasaran ini melibatkan beberapa narasumber (*stakeholders*) sebagai sampel penelitian di dalam proses mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan lingkungan pada aspek emisi gas CO₂ dengan menggunakan teknik wawancara mendalam (*in depth interview*) pada pakar yang terpilih. Teknik *in depth interview* digunakan untuk mengetahui relevansi faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan lingkungan pada aspek emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik dari hasil kajian teori sehingga memungkinkan adanya reduksi atau tambahan. Berikut adalah narasumber yang didapat untuk *in depth interview*.

Tabel 3. 2. Narasumber (*Stakeholders*) Dalam Analisis *In Depth Interview*

No	Komponen	Stakeholders	Fungsi/Pengaruh
1	Pemerintah	Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik	Mengetahui sumber-sumber emisi gas CO ₂ dan melakukan analisis emisi gas CO ₂ setiap tahunnya dalam SLHD
		Dinas Perindustrian Kab. Gresik	Mengetahui kondisi perindustrian Kab. Gresik
		Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik	Mengetahui kondisi pertumbuhan permukiman di Kab. Gresik
2	Akademisi	Ahli Lingkungan	Memiliki kompetensi dalam pengamatan dan analisis lingkungan terutama seputar emisi gas CO ₂
		Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota	Memiliki kompetensi dalam pengamatan dan analisis perubahan perkotaan dan hubungannya dengan pemanasan global.

Sumber : Penulis, 2014

3.4.1.2. Metode Pengambilan Sampel Responden

Sampling adalah teknik pengumpulan data dengan mengambil beberapa bagian dari populasi yang representatif terhadap data keseluruhan pada populasi tersebut (Yunus, 2010). Penelitian ini dilakukan di wilayah perkotaan Gresik

tidak memungkinkan untuk dilakukan pengambilan secara populatif sehingga digunakan teknik sampling untuk mempermudah pengambilan data.

Pengambilan sampel pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui tingkat rata-rata konsumsi energi rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik melalui survei rumah tangga. Teknik sampling yang digunakan adalah metode *probability proportionate to size sampling* atau lebih dikenal sebagai metode proporsional random sampling di Kabupaten Gresik.

Metode proporsional random sampling merupakan hasil pengembangan dari metode sampling klaster (*cluster sampling*) dimana ukuran sampel dapat ditentukan dengan asumsi-asumsi pengelompokan sampel dan sampel didistribusikan merata keseluruhan kelompok sesuai dengan perbandingan ukuran (*size*) sub populasi antar unit kelompok sampel (Semendison, 2006).

Pertama, dihitung sampel penelitian dari total rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik dengan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + N(d^2)}$$

Dimana :

n = Jumlah responden rumah tangga

N = Jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik

e = Standar eror yang digunakan (0.1)

Pada tahun 2013, total rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik yang terdiri dari Kecamatan Gresik, Kebomas, Manyar dan Dudusampeyan adalah 76.976 rumah tangga. Dengan menggunakan rumus diatas maka didapatkan sampel penelitian sebesar 100 rumah tangga. Sampel ini kemudian dibagi kedalam masing-masing wilayah kecamatan yang diproporsionalkan berdasarkan perbandingan jumlah rumah tangga asing-masing kecamatan. Hasil perhitungan sampel setiap kecamatan dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 3. Pengambilan Sampel Masing-Masing Kecamatan

Kecamatan	Jumlah KK	Sampel Responden*
Dudusampeyan	10.191	14
Kebomas	24.876	32
Gresik	15.708	21
Manyar	25.474	33
Total	76.976	100

Sumber : Diolah dari BPS, Kabupaten Gresik dalam Angka, 2013

**Keterangan : Angka diatas adalah hasil pembulatan ke atas.*

3.4.2. Metode Pengumpulan Data

3.4.2.1. Metode Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan survei primer dimana data diperoleh dari hasil pengamatan atau observasi lapangan secara langsung, wawancara dan kuisioner. Survei primer ini dilakukan untuk mengetahui kondisi yang sesungguhnya dilapangan, sehingga diharapkan tidak terjadinya kesalahan dalam mengolah data melalui teknik sampling seperti penjelasan sebelumnya. Pengumpulan data primer dalam penelitian ini terdiri dari :

A. Observasi

Observasi dilakukan dengan meninjau langsung ke lokasi penelitian dengan mengamati kondisi lapangan yang terjadi terkait permasalahan ketidakseimbangan daya dukung lingkungan emisi gas CO₂ yang ada baik dampak maupun kondisi penggunaan lahan terbangun eksisting penghasil emisi tersebut di wilayah perkotaan Gresik.

B. Wawancara

Wawancara dalam penelitian ini adalah wawancara semiterstruktur seperti pada **Lampiran A**. Wawancara semiterstruktur bersifat lebih bebas dibandingkan dengan wawancara terstruktur. Untuk menemukan permasalahan secara lebih terbuka saat narasumber (*stakeholders*) dimintai pendapat. Wawancara semiterstruktur dalam penelitian ini dilakukan saat melakukan *in depth interview*

stakeholders untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Daftar variabel penelitian yang didapatkan dari hasil kajian teori menjadi materi wawancara dan didiskusikan dengan masing-masing narasumber. Proses diskusi dilakukan secara terbuka dan eksploratif sesuai pemikiran, pandangan, dan pengamatan masing-masing narasumber. Meskipun pada saat wawancara dilakukan berpedoman pada daftar variabel hasil kajian teori namun bukan berarti terbatas pada sejumlah variabel tersebut. Sifat eksploratif juga menjadi pegangan peneliti saat wawancara dilakukan sehingga berpotensi menerima faktor-faktor baru dari narasumber yang diwawancarai.

C. Kuisioner

Adapun kuesioner sebagai salah satu teknik metode pengumpulan data yaitu dimana sejumlah pertanyaan tertulis digunakan untuk memperoleh informasi dari responden dalam arti laporan secara pribadinya ataupun hal-hal yang diketahuinya. Dalam hal ini peneliti berfungsi sebagai pemandu dalam wawancara dengan tujuan utama menyusun kuisisioner untuk memperoleh informasi yang relevan. Kuisioner pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui tingkat konsumsi energi penduduk, produksi sampah dan intensitas pembakaran sampah yang dilakukan masing-masing rumah tangga responden.

Tabel 3. 4. Data dan Perolehan Data Primer

No.	Data	Sumber Data	Teknik Pengambilan Data
1.	Faktor-Faktor yang mempengaruhi keseimbangan lingkungan emisi gas CO ₂	Informasi dan pendapat dari narasumber	Wawancara semiterstruktur (<i>in depth interview</i>)
2.	Tingkat konsumsi rata-rata energi, produksi sampah dan intensitas pembakaran sampah rumah tangga.	Sampel rumah tangga	Kuisioner seperti pada Lampiran B dan Lampiran C

Sumber : Penulis, 2014

3.4.2.1. Metode Pengumpulan Data Sekunder

Metode pengumpulan data sekunder dilakukan untuk mendapatkan data, informasi dan peta yang sudah tersedia di sejumlah instansi dan literatur.

A. Survei Instansional

Survei instansi dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan seperti data sekunder atau data-data yang bersifat pelengkap. Pada penelitian ini survei instansi dilakukan pada instansional yang memiliki relevansi dengan pembahasan seperti Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Gresik, Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik, Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik, Dinas Perindustrian dan Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur Unit Pelayanan Kabupaten Gresik.

B. Survei Literatur

Studi literatur atau kepustakaan dilakukan dengan meninjau isi dari literatur yang bersangkutan dengan tema penelitian ini, diantaranya berupa buku, hasil penelitian, dokumen rencana tata ruang, publikasi jurnal, serta artikel di internet dan media massa. Studi literatur dilakukan dengan membaca, merangkum dan kemudian menyimpulkan semua referensi tentang tata guna lahan, perubahan lahan, sumber emisi gas CO₂, perubahan iklim, pemanasan global, gas rumah kaca, konsep telapak ekologis dan konsep jejak karbon. Adapun perolehan data sekunder secara rinci dapat dilihat pada **Tabel 3.5.**

Tabel 3. 5. Data dan Perolehan Data Sekunder

No.	Data	Sumber Data	Instansi Penyedia
1	Jumlah kendaraan bermotor per jenis bahan bakar 5 tahun terakhir	Data statistik kendaraan	Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur
2	Jumlah kendaraan bermotor per jenis kendaraan 5 tahun terakhir	Kabupaten Gresik	UP. Kabupaten Gresik
3	Jumlah penduduk 5 tahun terakhir	Kabupaten Gresik	Badan Pusat Statistik
4	Jumlah KK 5 tahun terakhir	dalam Angka	(BPS) Provinsi Jawa
5	Jumlah angka kelahiran 5 tahun terakhir	2008-2013	Timur

No.	Data	Sumber Data	Instansi Penyedia
6	Jumlah angka kematian 5 tahun terakhir		
7	Jumlah angka migrasi 5 tahun terakhir		
8	Jumlah angka emigrasi 5 tahun terakhir		
9	Jumlah industri per jenis industri 5 tahun terakhir	Statistik data penerbitan surat ijin perindustrian Kabupaten Gresik	Dinas Perindustrian Kabupaten Gresik dan Badan Perijinan dan Penanaman Modal
10	Jumlah kapasitas produksi per industri 5 tahun terakhir		
11	Jumlah penggunaan energi per jenis industri per jenis energi 5 tahun terakhir		
12	Jumlah sampah rumah tangga yang dibakar 5 tahun terakhir	Buku Status Lingkungan Hidup Daerah kabupaten Gresik	Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik
13	Jumlah pemakaian energi listrik per jenis penggunaan 5 tahun terakhir	Statistik pemakaian listrik UP. Giri	PT. PLN Persero UP. Giri
14	Penggunaan lahan wilayah perkotaan Gresik 5 tahun terakhir	Dokumen Kecamatan Dalam Angka	Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik

Sumber ; Penulis, 2014

Penelitian ini memang banyak menggunakan data sekunder. Untuk mendapatkan data yang relevan dan akurat maka dalam mencari data peneliti mempertimbangkan instansi penyedia data yang relevan dan berwenang melakukan inventarisasi data. Instansi-instansi yang ada pada **Tabel 3.5** merupakan instansi yang secara tugas dan wewenang menangani dan menginventarisasi data yang diperlukan dalam penelitian ini. Selain itu juga dilakukan pengecekan data pada literatur lain jika terdapat sumber literatur yang dapat dibandingkan. Seperti pada data kapasitas produksi industri, beberapa perusahaan memiliki website pribadi yang mencantumkan informasi kapasitas

produksi. Dengan demikian kapasitas produksi data perijinan industri dapat dicocokkan dengan informasi tersebut.

3.4.3. Metode Analisa

3.4.3.1. Identifikasi Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂ Di Wilayah perkotaan Gresik Berdasarkan Pendekatan Telapak Ekologis

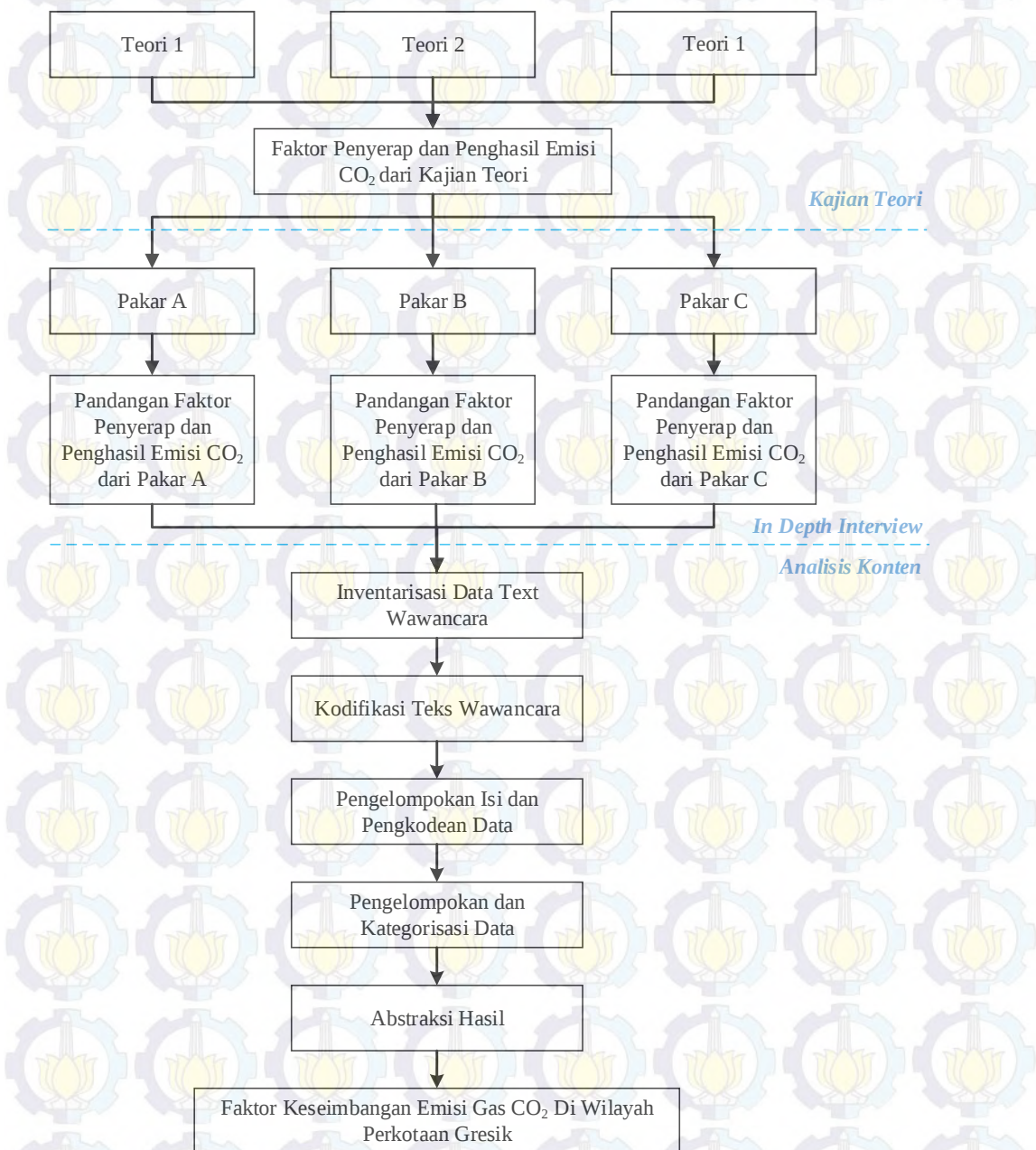
Dalam identifikasi faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik digunakan teknik analisis deskriptif dan *in depth interview*. Identifikasi faktor yang dilakukan adalah faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂. Variabel yang diuji dalam *in depth interview* adalah variabel awal penelitian dari teori. Kemudian variabel yang didapat dari hasil teori disesuaikan dengan kondisi wilayah penelitian melalui wawancara mendalam (*in depth interview*) kepada narasumber penelitian (*stakeholders*) di wilayah penelitian yang terpilih. Variabel yang terkonfirmasi oleh narasumber menjadi faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

In depth interview merupakan temu muka berulang antara peneliti dengan narasumber (*stakeholders*) dalam rangka memahami pandangan subyek penelitian mengenai faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik sesuai dengan intuisinya atau situasi sosial yang dialaminya (Taylor dalam Yunus, 2010). Teknik ini bersifat luwes dalam suasana keakraban untuk mengeksplorasi secara detail. Pandangan satu pakar akan menjadi bahan diskusi pakar lainnya seperti pada **Gambar 3.2**.

Data hasil *in depth interview* kemudian diinventarisasi dan dilakukan analisis konten (*content analysis*). Teknik *content analysis* merupakan analisa yang mengandalakan kode-kode yang ditemukan dalam sebuah teks perekaman data selama wawancara dilakukan dengan subjek di lapangan (Bungin, 2010). Kunci utama dalam *content analysis* adalah pengklasifikasian sejumlah kata yang terdapat dalam sebuah teks hasil wawancara ke dalam kategori-kategori yang lebih kecil (Elo & Kyngäs, 2008).

Dalam proses analisa digunakan *deductive content analysis* untuk pengujian kategori, konsep, model atau hipotesis. *Deductive content analysis* digunakan apabila struktur analisa dilakukan berdasarkan pengetahuan sebelumnya dan jika

tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk pengujian teori (Elo & Kyngäs, 2008). Untuk itu pada tahapan analisa ini, jawaban-jawaban dari para *stakeholders* akan diklasifikasikan ke dalam kategori-kategori tertentu. Dengan demikian analisis konten ini dilakukan untuk mencari faktor-faktor hasil kajian teori dengan yang diungkapkan oleh masing-masing *stakeholders*. Berikut proses *deductive content analysis* yang digunakan.



Gambar 3. 2. Proses Analisa Sasaran 1

Sumber : Penulis, 2014

Pada penelitian ini, analisis konten dilakukan terhadap teks wawancara setiap narasumber. Pada saat wawancara berlangsung, peneliti merekam semua pembicaraan antara peneliti dan narasumber. Rekaman pembicaraan tersebut kemudian dijadikan transkrip wawancara. Setelah itu, kalimat yang mengandung unsur pembahasan oleh narasumber pada transkrip wawancara diberikan penomoran kode-kode isi. Kode tersebut ditulis dengan “TA.X”, dimana “T” merupakan transkrip wawancara dan “A” adalah nomor responden. “X” adalah nomor urut kalimat pembicaraan responden seperti pada gambar berikut:

- P : *Bagaimana dengan tutupan vegetasinya pak. Mungkin bisa dibedakan antara pohon dan semak ?*
- R : Memang efektivitas penyerapan emisinya berbeda antara pohon dan semak (T1.123). Tapi seperti yang saya ceritakan tadi di awal. Masyarakat itu seperti tidak suka dengan semak seperti di lahan kosong (T1.125). Dan kadang langsung dibakar. Yang ikut kebakaran juga pohon yang masih muda-muda, kan emm (T1.127).

Gambar 3. 3. Contoh Pemberian Kode Pada Transkrip Wawancara

Sumber : Penulis, 2014

Keterangan :

- | | | | |
|---|-------------|----|---------------------------------------|
| P | : Peneliti | T1 | : Transkrip wawancara responden 1 |
| R | : Responden | .X | : Nomor kalimat pembicaraan responden |

3.4.3.2. Menganalisis Hubungan (Interelasi) Antar Masing-masing Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik

Seperti pada sasaran 1, analisis ini juga dilakukan dengan menggunakan konten analisis (*content analysis*). Pada sasaran satu konten analisis yang digunakan hanya untuk mengkonfirmasi relevansi faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik melalui intensitas pembahasan yang dilakukan oleh keseluruhan narasumber pada saat *in depth interview* dilakukan. Perbedaan dari analisis sasaran ini adalah konten analisis dilakukan untuk menelusuri penjelasan para narasumber mengenai hubungan sebab akibat antar faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂ sehingga terbentuk sistem hubungan.

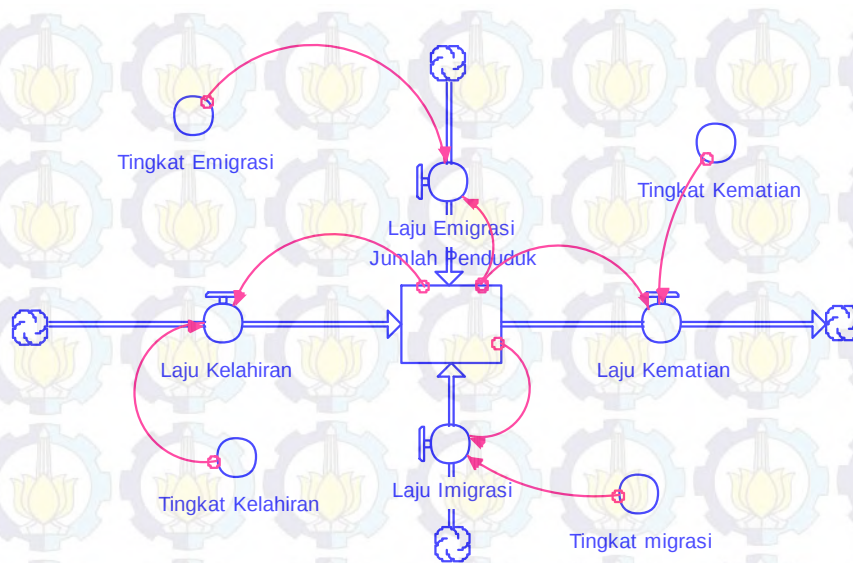
Setelah hubungan masing-masing faktor hasil analisis ini diketahui maka selanjutnya akan digambarkan konseptualisasi sistem sebagai rancangan awal model sistem yang akan dibuat dengan menggunakan *software STELLA v9*. Konseptualisasi sistem tersebut dilakukan dengan menggambar diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) hubungan antar faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂ dan juga sebagai hasil akhir analisis sasaran 2 ini. Dengan diagram tersebut dapat diketahui hubungan positif maupun negatif masing-masing faktor.

3.4.3.3. Menentukan Model Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik

Analisis ini dilakukan melalui permodelan sistem dinamik yang menggambarkan hubungan kausalitas antar faktor keseimbangan emisi gas CO₂ antara faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂. Hasil analisis 2 menghasilkan *causal loop diagram*, sedangkan pada tahap analisis ini mendetailkan diagram tersebut dalam rancangan model sistem hubungan faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂. Setelah itu, dilakukan beberapa uji pada model sistem yang telah disusun untuk mendapatkan model yang fit, relevan, berjalan baik dan dapat digunakan. Terdapat beberapa tahapan didalam analisis ini. Beberapa langkah dalam analisis permodelan ini antara lain :

1. Perancangan model sistem melalui *software STELLA v9* yang terdiri dari :

- a. *Boundary system* merupakan diagram yang mengklasifikasikan ruang lingkup model yang akan dibangun. *Boundary System* akan mengklasifikasikan variabel-variabel (data yang dibutuhkan untuk membangun model simulasi) ke dalam faktor *endogenous* (faktor yang penting dan terlibat dalam model), faktor *exogenous* (faktor yang berhubungan dengan model dan dianggap konstan atau asumsi pada model), dan faktor *excluded* (faktor yang diabaikan) (Harmini, dkk, 2011).
- b. *Stock and flow diagram* merupakan aliran informasi dalam model yang telah dikembangkan (Harmini, dkk, 2011). Gambaran *Stock and flow diagram* ini menjelaskan aliran informasi antar faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂.



Gambar 3. 4. Ilustrasi permodelan variabel penduduk pada STELLA v9

Sumber : Penulis, 2014

Keterangan :

1. Stok



2. Arah aliran stok (flow)

3. Rate merupakan sesuatu yang mempengaruhi pertumbuhan stok



4. Stok yang diabaikan (boundary system)

5. Arah causalitas (pengaruh) variabel terhadap variabel lain



2. Formulasi model

Merupakan parameter (definisi) melalui persamaan matematik pada masing-masing variabel dalam permodelan (Soemantri dan Thahir, 2007). Formulasi model juga menjelaskan hubungan perilaku model, kondisi awal dan tes awal untuk konsistensi sesuai dengan batasan dan tujuan penelitian (Soemantri dan Thahir, 2007). Beberapa formulasi dan asumsi perhitungan yang digunakan dalam formulasi model pada proses sasaran ini antara lain :

a. Kegiatan rumah tangga

Formulasi dalam perhitungan emisi gas CO₂ pada sektor rumah tangga antara lain :

1. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga digunakan rumus proyeksi linier. Hal ini didasarkan pada data historis yang menunjukkan kecenderungan pertumbuhan penduduk linier.

$$P_n = P_o + r (T_n - T_o) \dots \dots \dots \text{diadopsi dari Rumbia (2008)}$$

Keterangan :

P_n = Jumlah pada tahun proyeksi

P_o = Jumlah pada tahun awal

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

T_n = Tahun proyeksi

T_o = Tahun awal

2. Perhitungan jumlah emisi gas CO₂ dari penggunaan energi memasak

Perhitungan jumlah emisi gas CO₂ dari penggunaan energi memasak dihitung berdasarkan penggunaan gas LPG dan minyak tanah yang digunakan oleh rumah tangga. Emisi tersebut dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = RT \times FC \times EF \times NCV \dots \dots \dots (\text{IPCC, 2006})$$

Keterangan :

RT = Jumlah rumah tangga pengguna LPG atau minyak tanah (KK)

FC = Rata-rata penggunaan LPG atau minyak tanah per rumah tangga (kg/KK/Tahun)

EF = Faktor emisi gas CO₂ dari penggunaan energi tertentu (MJ/Kg)

NCV = *Net Calorific Value* per unit massa bahan bakar

Beberapa nilai EF dan NCV dari beberapa jenis bahan bakar antara lain seperti nampak pada **Tabel 3.6**.

Tabel 3. 6. Nilai EF dan NCV Beberapa Jenis Bahan Bakar

Jenis Energi	NCV	Satuan	EF	Satuan
LPG ¹	47.3	MJ/Kg	0.0631	ton CO ₂ /MJ

Jenis Energi	NCV	Satuan	EF	Satuan
Minyak Tanah ¹	43.8	MJ/Liter	0.0719	ton CO ₂ /MJ
Listrik ²	-	-	0.725	ton CO ₂ / kWh
Bensin ¹	33*10 ⁻³	MJ/Liter	69.3	Kg CO ₂ /MJ
Solar ¹	36*10 ⁻³	MJ/Liter	74.1	Kg CO ₂ /MJ
Pembakaran sampah ³	-	-	12.01	Kg CO ₂ /Kg

Sumber : ¹⁾ IPCC (2006), ²⁾Badan Kebijakan Pengendalian Iklim dan Mutu Industri (2012), ³⁾Agustina (2008)

3. Perhitungan jumlah emisi gas CO₂ dari penggunaan energi listrik

Perhitungan jumlah emisi gas CO₂ dari penggunaan energi listrik dihitung dari total penggunaan listrik rumah tangga di wilayah penelitian dikalikan dengan nilai EF energi listrik seperti pada **Tabel 3.6**.

4. Perhitungan jumlah emisi gas CO₂ dari pembakaran sampah

Pembakaran sampah secara langsung dapat menghasilkan emisi gas CO₂. Perhitungan emisi gas CO₂ dari aktivitas pembakaran sampah dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = TP \times \%DB \times EF \dots\dots\dots (\text{Penulis, 2014})$$

Keterangan :

TP = Total timbulan sampah (Kg/tahun)

%DB = Prosentase sampah yang dibakar (%)

EF = Emisi faktor pembakaran sampah (Kg CO₂/Kg sampah yang dibakar)

b. Kegiatan transportasi

Perhitungan emisi gas CO₂ dari kegiatan transportasi pada model menggunakan beberapa formulasi antara lain :

1. Perhitungan pertumbuhan kendaraan bermotor

Perhitungan kendaraan bermotor menggunakan rumus seperti pada perhitungan pertumbuhan jumlah penduduk.

2. Perhitungan emisi gas CO₂ dari penggunaan bahan bakar

Perhitungan emisi gas CO₂ dari kendaraan bermotor digunakan rumus seperti berikut ini :

$$Emisi\ CO_2 = \sum Kendaraan \times FC \times EF \times NCV \dots (IPCC, 2006)$$

Keterangan :

$\sum Kendaraan$ = Jumlah kendaraan jenis i (unit)

FC = Rata-rata penggunaan bahan bakar per kendaraan (kg/KK/Tahun)

EF = Faktor emisi gas CO₂ dari penggunaan BBM (MJ/Kg)

NCV = *Net Calorific Valome* per unit massa bahan bakar jenis i

c. Sektor Industri

Perhitungan sektor industri dalam permodelan ini yaitu perhitungan emisi gas CO₂ dari proses produksi industri. Perhitungan emisi gas CO₂ dari proses produksi industri dihitung langsung berdasarkan faktor emisi masing-masing industri. Faktor emisi ini merupakan emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari proses produksi keseluruhan baik penggunaan energi bahan bakar, listrik dan pengolahan bahan baku untuk menghasilkan satu satuan produk.

Perhitungan emisi tersebut sebagai berikut :

$$Emisi\ CO_2 = \sum KPi \times EFi \dots \dots \dots (IPCC, 2006)$$

Keterangan :

KPi = Kapasitas produksi total seluruh industri jenis i (ton)

EFi = Faktor Emisi industri i (ton CO₂/ton produk)

Beberapa nilai EF dan NCV dari beberapa jenis bahan bakar antara lain seperti nampak pada **Tabel 3.7.**

Tabel 3. 7. Nilai EF Beberapa Jenis Industri

Jenis Energi	EF	Satuan
Pengolahan Logam ¹	3,8	Ton CO ₂ /Ton Produk
Kimia ¹	2,97	Ton CO ₂ /Ton Produk

Jenis Energi	EF	Satuan
Pupuk ¹	1,88	Ton CO ₂ /Ton Produk
Kayu ²	1.09	Ton CO ₂ /Ton Produk

Sumber : ¹⁾ IPCC (2007) dan ²⁾ Perhitungan dari Dokumen UKL-UPL Beberapa Industri Kayu seperti pada **Lampiran D** (BLH, 2014)

- d. Faktor Penyama dan Faktor Panen Perhitungan telapak ekologis dan Biokapasitas emisi gas CO₂

Berdasarkan metode yang telah dikembangkan oleh *Global Footprint Network* (GFN) (2012) dalam *Guidebook to the National Footprint Accounts 2011 Edition*. Dalam perhitungan telapak ekologis (TE) dan perhitungan biokapasitas (BK), digunakan dua faktor konversi, yaitu :

1. Faktor Penyama (*equivalent faktor*)

Faktor penyama merupakan faktor yang mengkonversi satuan lokal tertentu menjadi satuan yang universal, yaitu hektar global (gha). Faktor penyama telah ditentukan oleh *Global Footprint Network* untuk 5 (lima) kategori lahan. Salah satu kategori lahan tersebut adalah lahan penyerap karbon yang memiliki nilai ekivalensi sebesar 1.26 gha/ha.

2. Faktor Panen (*yield factors*)

Faktor panen menggambarkan perbandingan antara luasan lahan bioproduktif disuatu wilayah dengan luasan lahan bioproduktif yang sama diwilayah yang lain untuk tiap komoditas yang sama. Faktor ini juga menggambarkan kemampuan suatu populasi untuk menyertakan penguasaan teknologi dan manajemen dalam pengelolaan lahan. Setiap wilayah memiliki faktor panen masing-masing dan dihitung pertahun.

Berdasarkan metode yang dikembangkan GFN (2012) yang juga mengacu pada Borucke *et all* (2012), faktor panen merupakan rasio antara produktivitas suatu kategori lahan suatu wilayah dengan rata-rata produktivitas kategori lahan di dunia yang sama dan pada tahun yang sama. Dalam konteks penelitian ini adalah lahan penyerap karbon Seperti rumus berikut :

$$YFi = \frac{YNi}{YWi} \dots \dots (GFN, 2012)$$

Keterangan :

YFi = Faktor panen (*yield faktor*) untuk kategori lahan karbon

YNi = Produktivitas lahan (*yield*) kategori lahan karbon di wilayah perhitungan

YWi = Produktivitas lahan (*yield*) dunia untuk produk i.

Meskipun demikian, terdapat beberapa asumsi perhitungan *yield faktor* (YF) untuk beberapa jenis kategori lahan (Borucke *et all*, 2012) dimana salah satunya adalah YF untuk lahan penyerap karbon. Lahan penyerap karbon memiliki *yield faktor* yang sama dengan lahan hutan dikarenakan keterbatasan data dan informasi global mengenai penyerapan karbon untuk jenis penggunaan lahan lainnya (Borucke *et all*, 2012).

Pada penelitian ini YF lahan penyerap karbon diasumsikan sama dengan 1 yang didasarkan pada ketidakcukupan informasi untuk menghitung dan mengestimasi kemampuan penyerapan lahan penyerap karbon dunia. Dengan YF sama dengan satu maka nilai telapak ekologis (TE) dan biokapasitas (BK) bukan merupakan perbandingan TE dan BK lahan dunia tetapi hanya lingkup wilayah studi saja.

e. Perhitungan Biokapasitas Emisi Gas CO₂

Perhitungan biokapasitas merupakan produktivitas penyerapan karbon di wilayah studi dalam satuan global hektar (gha). Sedangkan metode perhitungan biokapasitas sesuai metode yang dikembangkan GFN (2012) adalah dengan menggunakan persamaan berikut :

$$BK_L = L_{BK} \cdot YF \cdot EQF \dots \dots (GFN, 2012)$$

Dimana :

BK_L = Biokapasitas

L_{BK} = Luas lahan RTH (ha)

YF = *yield faktor* (faktor panen) lahan terbuka hijau

EQF = *Equivalence faktor*

Pada perhitungan ini L_{BK} seharusnya luas lahan RTH keseluruhan. Luas lahan RTH dalam penelitian ini dibedakan antara jenis lahan tutupan semak dan tutupan pohon. Sementara itu pada perhitungan konsumsi telapak ekologis nantinya kebutuhan lahan penyerap karbon akibat produksi emisi setiap tahunnya hanya didekatkan melalui rata-rata daya rosot gas CO_2 oleh lahan tutupan pohon. Oleh karena itu lahan yang terhitung dalam perhitungan biokapasitas merupakan total penyerapan alami emisi gas CO_2 yang dikonversi menjadi luas lahan biokapasitas. Proses perhitungan tersebut terdapat dua tahapan :

1. Tahap perhitungan total serapan emisi gas CO_2

Pada tahap perhitungan total serapan emisi gas CO_2 dilakukan untuk mengukur kemampuan alami wilayah studi dalam menyerap emisi gas CO_2 setiap tahunnya. Serapan ini terbagi menjadi dua macam yang terbedakan oleh jenis vegetasi yaitu semak dan pohon. Perhitungan serapan alami total di wilayah studi dilakukan dengan rumus :

$$TSA = (Ls \times Ds) + (Lp \times Dp) \dots\dots\dots \text{diadopsi dari Rini (2014)}$$

Keterangan :

TSA = Total serapan alami (ton CO_2 /tahun)

Ls = Luas lahan tutupan jenis semak tahun i (ha)

Lp = Luas lahan tutupan jenis pohon tahun i (ha)

Ds = Rata-rata daya rosot gas CO_2 tutupan semak (ton CO_2 /ha/tahun)

Dp = Rata-rata daya rosot gas CO_2 tutupan pohon (ton CO_2 /ha/tahun)

Berikut merupakan rata-rata daya serap alami gas CO_2 dari jenis lahan tutupan pohon dan lahan tutupan semak pada **Tabel 3.8**.

Tabel 3.8 Daya Serap CO₂ pada Setiap Jenis Tutupan Vegetasi

Jenis Tutupan Vegetasi	Daya Serap CO ₂	
	(kg/ha/jam)	(kg/ha/bulan)
Pohon	129,92	46771,2
Semak Belukar	12,56	4521,6
Padang Rumput	2,74	986,4

Sumber: Prasetyo et al (2002) dalam Adiastari (2010)

2. Tahap perhitungan lahan biokapasitas

Perhitungan lahan biokapasitas dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{BK} = TSA / Dp \dots\dots\dots \text{diadopsi dari Rini (2014)}$$

Dimana :

L_{BK} = Luas lahan biokapasitas (ha)

TSA = Total serapan alami (ton CO₂/tahun)

Dp = Rata-rata daya rosot gas CO₂ tutupan pohon (ton CO₂/ha/tahun)

f. Perhitungan Telapak Ekologis Emisi Gas CO₂

Dikarenakan Perhitungan telapak ekologis dihitung tiap tahun dalam model maka perhitungan telapak ekologis juga terikat oleh kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah studi yang juga fluktuatif terhadap perubahan lahan. Oleh karena itu perhitungan telapak ekologis dilakukan dengan tiga tahapan antara lain :

1. Tahap perhitungan total emisi gas CO₂

Pada tahap pertama ini, perhitungan emisi total gas CO₂ dihitung dengan menjumlahkan emisi gas CO₂ kegiatan permukiman, kegiatan transportasi dan kegiatan industri.

2. Tahap perhitungan luas lahan telapak ekologis

Dari perhitungan total emisi dan kemampuan alami wilayah studi dalam menyerap emisi gas CO₂ setiap tahunnya maka dapat dihitung kebutuhan lahan penyerap karbon atau lahan telapak ekologis (L_{TE}) yang seharusnya ada setiap tahunnya akibat produksi emisi gas CO₂ yang dihasilkan wilayah studi. Kebutuhan lahan tersebut dihitung berdasarkan asumsi rata-rata daya rosot gas CO₂ tutupan pohon.

$$L_{TE} = \text{Total Emisi gas CO}_2 / D_p \dots\dots\dots \text{diadopsi dari GFN (2012)}$$

Dimana :

L_{TE} = Luas lahan telapak ekologis

D_p = Rata-rata daya rosot gas CO₂ tutupan pohon (ton CO₂/ha/tahun)

3. Tahap perhitungan telapak ekologis

Setelah mengetahui luas lahan telapak ekologis kemudian dihitung nilai telapak ekologis emisi gas CO₂. Perhitungan telapak ekologis emisi gas CO₂ mengacu pada metode yang dikembangkan GFN (2012) di wilayah studi dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BK_L = L_{TE} \cdot YF \cdot EQF \dots\dots\dots \text{diadopsi dari GFN (2012)}$$

Dimana :

TE_L : Telapak Ekologis

L_{TE} : Luas kebutuhan lahan penyerap karbon (ha)

D_p : Rata-rata daya rosot gas CO₂ tutupan pohon (ton CO₂/ha/tahun)

YF : *Yield faktor* (faktor panen) lahan penyerap karbon

EQF : *Equivalence faktor*

g. Perhitungan Defisit Ekologis Emisi Gas CO₂

Defisit ekologis menggambarkan status ekologi wilayah studi. Dihitung dengan menggunakan persamaan seperti pada *National Footprint Accounts, Method 2011* (Borucke et al, 2012) :

$$ED = TE \text{ perkapita} - BK \text{ perkapita} \dots\dots\dots \text{diadopsi dari GFN (2012)}$$

Keterangan :

ED = Defisit Ekologis

TE total = Telapak ekologis total

BK total = Biokapasitas total

Besaran tingkat defisit ekologis dapat diinterpretasikan dengan menggunakan acuan yang bersumber dari studi yang dilakukan oleh *China Council for International Cooperation on Environment and Development-World Wide Fund for nature (CCICED-WWF)* tahun 2006 dimana terdapat 6 jenis wilayah :

1. Defisit kronis (*Very severe deficit*) yaitu wilayah dengan daya dukung sudah sangat terlampaui, jika $DE > 2$.
2. Sangat defisit (*Severe deficit*) jika nilai DE berada pada $1 < DE < 2$.
3. Cukup defisit (*Moderat deficit*) jika nilai DE berada pada $0.5 < DE < 1$.
4. Sedikit defisit (*Minor deficit*) jika nilai DE berada pada $0.1 < DE < 0.5$.
5. Masih seimbang (*Balanced regions*) jika nilai DE berada pada $-0.1 < DE < 0.1$.
6. Surplus (*Reserve regions*) jika nilai DE berada pada $DE < -0.1$

3. Uji Karakteristik model

Uji karakteristik model dilakukan untuk mendapatkan model sistem yang fit dan dapat menggambarkan sistem nyata. Beberapa uji karakteristik model yang dilakukan antara lain :

a. Verifikasi model

Verifikasi dilakukan dengan merunning model dan melakukan *check model* dan *check unit* setiap variabel serta melihat *cause tree diagram* dari setiap sub model. Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui model sudah siap untuk simulasi (Rahman, 2012).

b. Validasi (replikasi) model

Uji validasi (replikasi) model dilakukan untuk mengetahui bagaimana model mampu menjelaskan kondisi eksisting. Beberapa variabel hasil simulasi model dibandingkan dengan data eksisting sehingga uji hipotesis

yang dilakukan dengan metode *black box* (Barlas, 1996). Metode *black box* dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai pada data eksisting dengan data hasil simulasi untuk menemukan rata-rata eror yang terjadi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E = I \frac{(S-A)}{A} I \dots \dots \text{diadopsi dari Rahman (2012)}$$

Keterangan :

A= Data aktual/eksisting

S = Data hasil simulasi

E = variasi eror antara data eksisting dan hasil simulasi.

Metode ini pada umumnya digunakan selang kepercayaan sebesar 90% atau tingkat error sebesar 0.1. Jika nilai $E < 0.1$ maka model dikatakan valid atau model fit.

c. Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim bertujuan untuk menguji kemampuan model pada kondisi ekstrim nilai variabel yang signifikan sehingga memberikan kontribusi sebagai alat evaluasi kebijakan. Pengujian ini dapat dilakukan dengan memasukan nilai ekstrim terbesar dan terkecil.

d. Simulasi model

Simulasi model dilakukan dengan melakukan *running* model dan membaca hasil simulasi sesuai tujuan penelitian pada tahun sekarang dan tahun proyeksi yang diinginkan. Hasil simulasi juga untuk mengetahui faktor mana yang dominan terhadap produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

e. Uji Sensitivitas

Uji Sensitivitas dilakukan untuk memahami perilaku model dengan mengubah perilaku satu atau beberapa variabel dan dibandingkan dengan hasil simulasi tujuan utama. Analisis ini digunakan untuk mengetahui seberapa sensitif variabel tersebut mengubah hasil model yang diharapkan. Oleh karena itu analisis ini digunakan untuk membangun model yang dapat

dijadikan dasar pengambilan kebijakan. Tingkat sensitifitas variabel yang diuji dalam penelitian ini digunakan indeks sensitifitas yang dihitung dengan rumus sebagai berikut. Semakin tinggi nilai SI maka semakin sensitif tingkat sensitifitas variabel tersebut mempengaruhi tujuan model.

$$SI = [(I_{t+1}) - I_t] / I_t * 100\% \dots \dots \dots (\text{penulis, 2014})$$

Keterangan :

SI = Indeks Sensitifitas (%)

I_{t+1} = Emisi gas CO₂ hasil model setelah variabel uji dilakukan

I_t = Emisi gas CO₂ hasil model sebelum variabel uji dilakukan

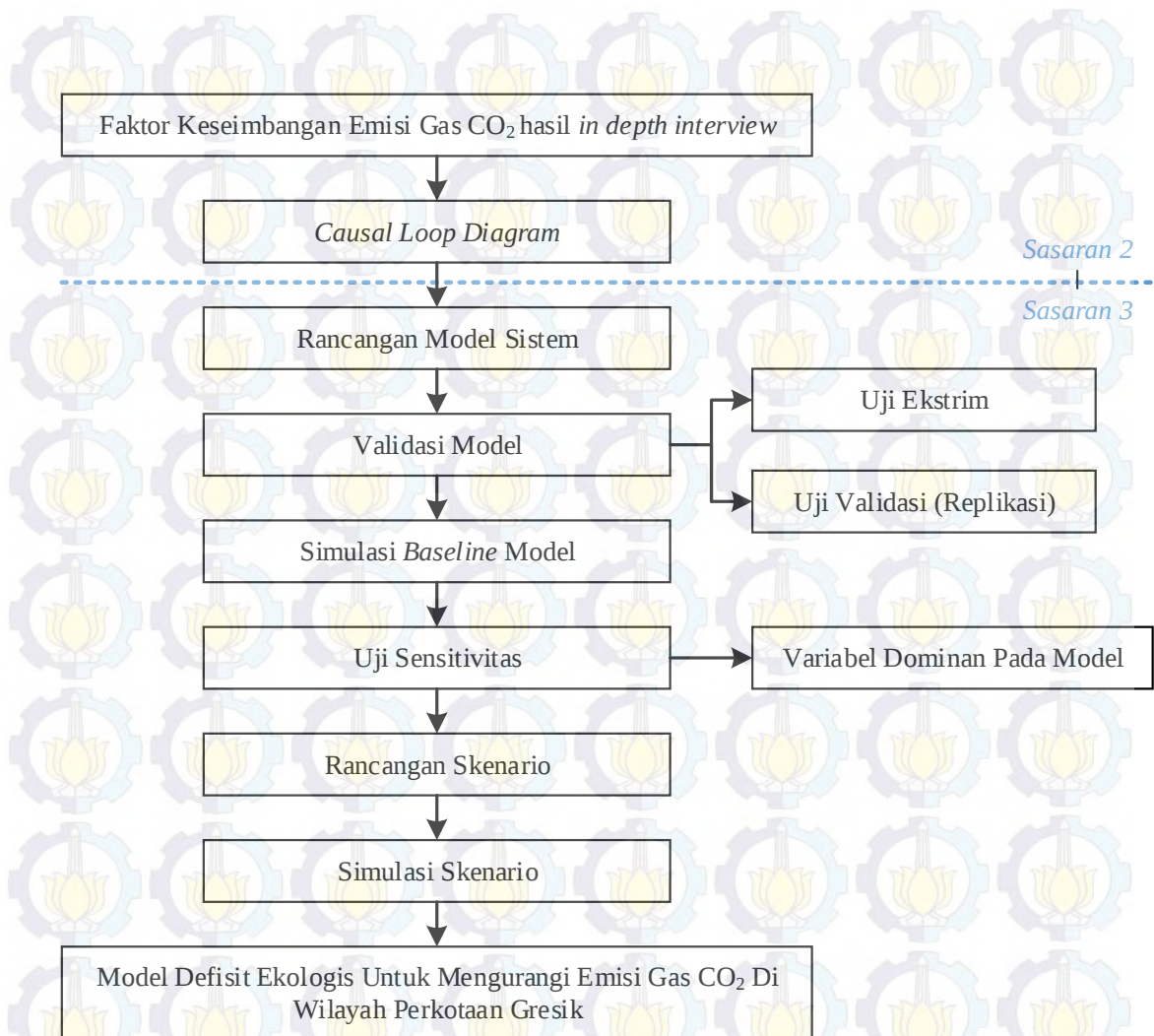
4. Uji Simulasi Skenario Pengurangan Emisi Gas CO₂

Uji ini memang tidak lazim dilakukan namun hanya untuk mengetahui dan memastikan bahwa model yang dibuat benar, berjalan baik dan dapat digunakan untuk simulasi kebijakan. Skenario yang dikembangkan berasal dari uji sensitifitas dan kebijakan lainnya. Masing-masing skenario diuji-cobakan pada model sehingga dapat diketahui dampak pada sistem. Beberapa skenario yang dapat diujicobakan antara lain :

1. Skenario perilaku normal sistem
2. Skenario pengaturan pada variabel dominan dalam sistem.
3. Skenario pengendalian tertentu dalam sistem keseluruhan.

Dari hasil skenario akan diketahui nilai proyeksi masing-masing variabel pada batas tahun proyeksi yaitu tahun 2031 sesuai rencana RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031. Dengan demikian hasil simulasi dapat menunjukkan kondisi pada tahun rencana di wilayah perkotaan Gresik beserta kondisi keseimbangan lingkungan emisi gas CO₂ pada tahun tersebut. Hasil simulasi masing-masing skenario kemudian dibandingkan melalui analisa deskriptif dengan meninjau kembali fakta dilapangan sehingga dapat diketahui skenario yang optimal dan relevan untuk diterapkan.

Keseluruhan proses analisa sasaran 3 ini dapat disajikan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3. 5. Tahapan Analisis Sasaran 2

Sumber : Penulis, 2014

3.5. Tahapan Penelitian

Secara umum tahapan penelitian dilakukan dilakukan dalam 5 tahapan.

Adapun tahapan penelitian akan dijelaskan seperti dibawah ini :

1. Perumusan Masalah

Pertumbuhan wilayah perkotaan Gresik mengalami ketidakseimbangan dimana pertumbuhan lahan terbangun seperti industri dan permukiman di wilayah tersebut lebih tinggi sehingga tingkat emisi gas CO₂ juga cenderung besar diluar kemampuan ruang terbuka hijau untuk menyerap emisi gas CO₂. Kondisi ini tidak diikuti oleh penyediaan lahan penyerap karbon untuk menyerap emisi gas CO₂

seperti ruang terbuka hijau. Wilayah perkotaan Gresik mengalami kondisi defisit pada kemampuan penyerapan emisi gas CO₂. Ketidakseimbangan ini dapat berakibat pada masalah pemanasan global.

2. Tinjauan Pustaka

Pada tahap ini dilakukan kegiatan mengumpulkan informasi dari konsep teori, studi kasus, dan hal-hal lain yang relevan. Dari studi literatur didapatkan variabel-variabel penelitian yang menjadi dasar dalam melakukan analisa.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan inventarisasi data yang diperlukan dalam penelitian dimana kebutuhan disesuaikan dengan analisa dan variabel yang digunakan. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu survei primer melalui observasi, wawancara dan kuisioner serta survei sekunder melalui survei literatur dan instansional.

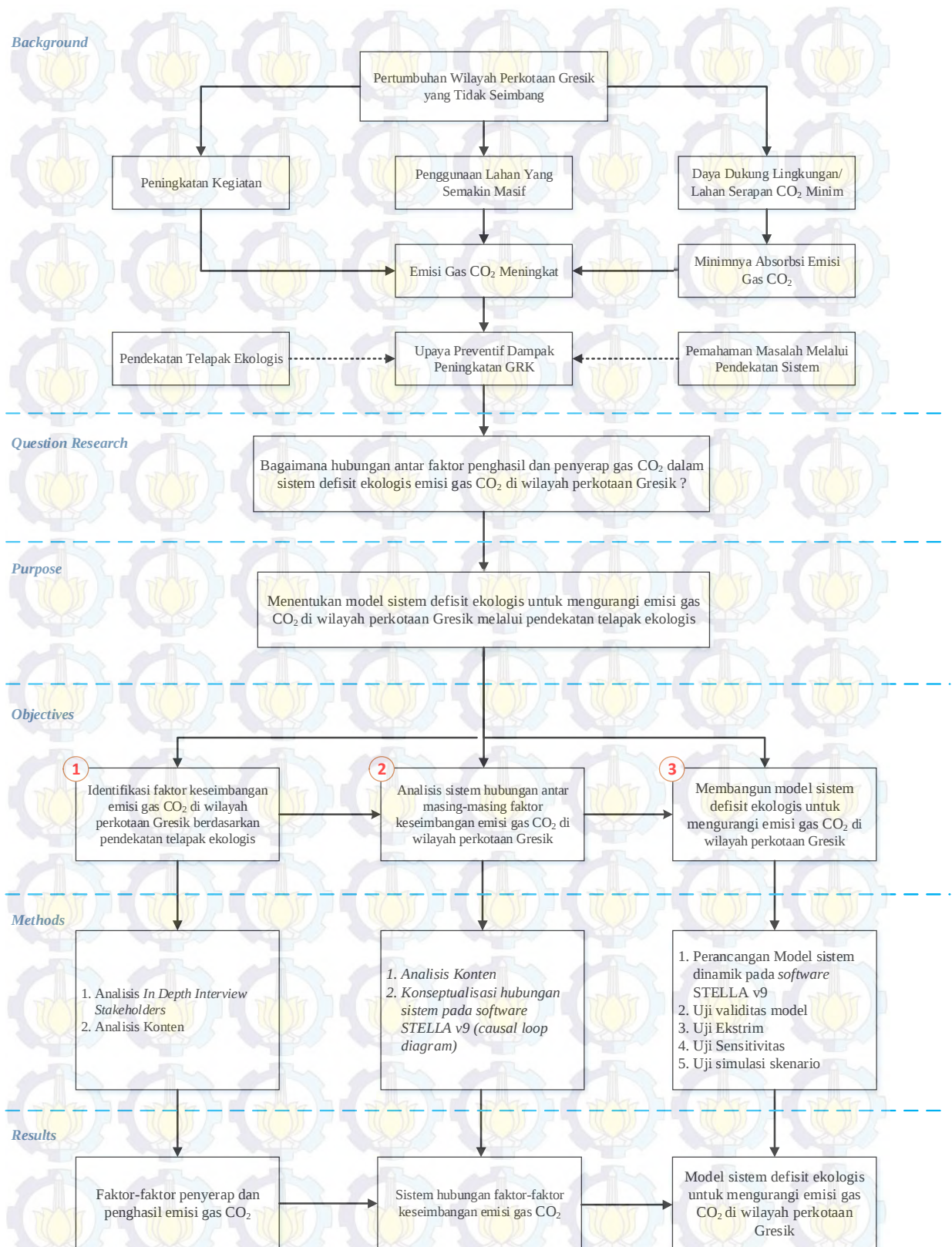
4. Analisa

Setelah data diperoleh, kemudian dilakukan pengolahan data dan proses analisa. Analisa dilakukan berdasarkan studi literatur sesuai dengan output sasaran yang akan dicapai yang telah ada pada desain penelitian yang sudah dibuat. Dalam penelitian ini analisa yang dilakukan antara lain identifikasi faktor keseimbangan emisi gas CO₂ yang terdiri dari faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik yang kemudian dimodelkan dalam sebuah permodelan sistem dinamik. Model sistem yang dibuat kemudian diujicoba dengan beberapa tahapan pengujian untuk mendapatkan model sistem yang fit dan relevan.

5. Penarikan Kesimpulan

Setelah tahap analisa dilakukan selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan untuk menentukan jawaban atas rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam proses penarikan kesimpulan ini, diharapkan dapat tercapai tujuan akhir penelitian. Berdasarkan kesimpulan dari seluruh proses penelitian akan dirumuskan rekomendasi dari penelitian ini.

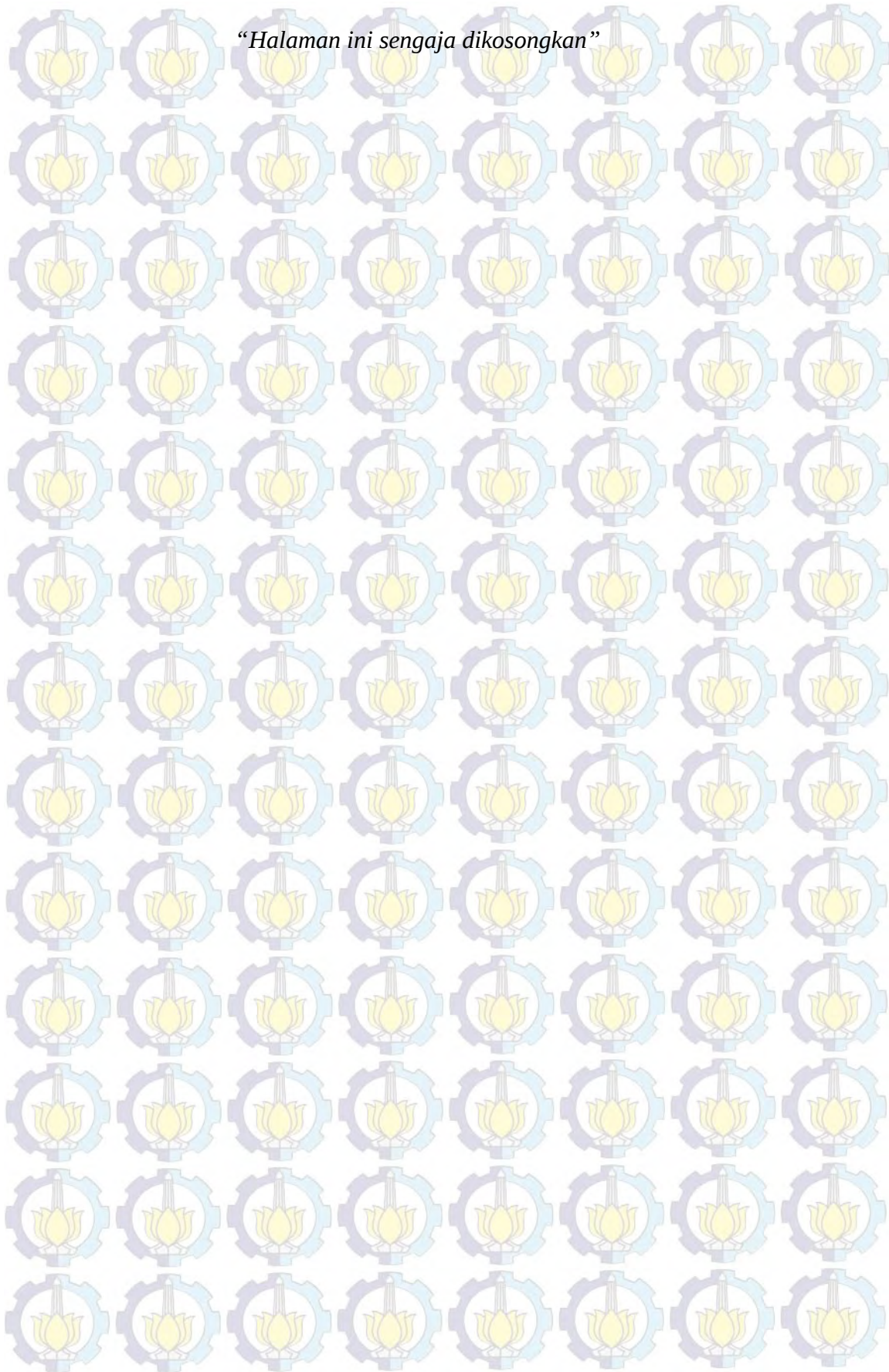
Lebih jelasnya, tahapan / alur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.4 dan Tabel 3.7.**



Gambar 3. 6. Tahapan Penelitian

Sumber : Penulis, 2014

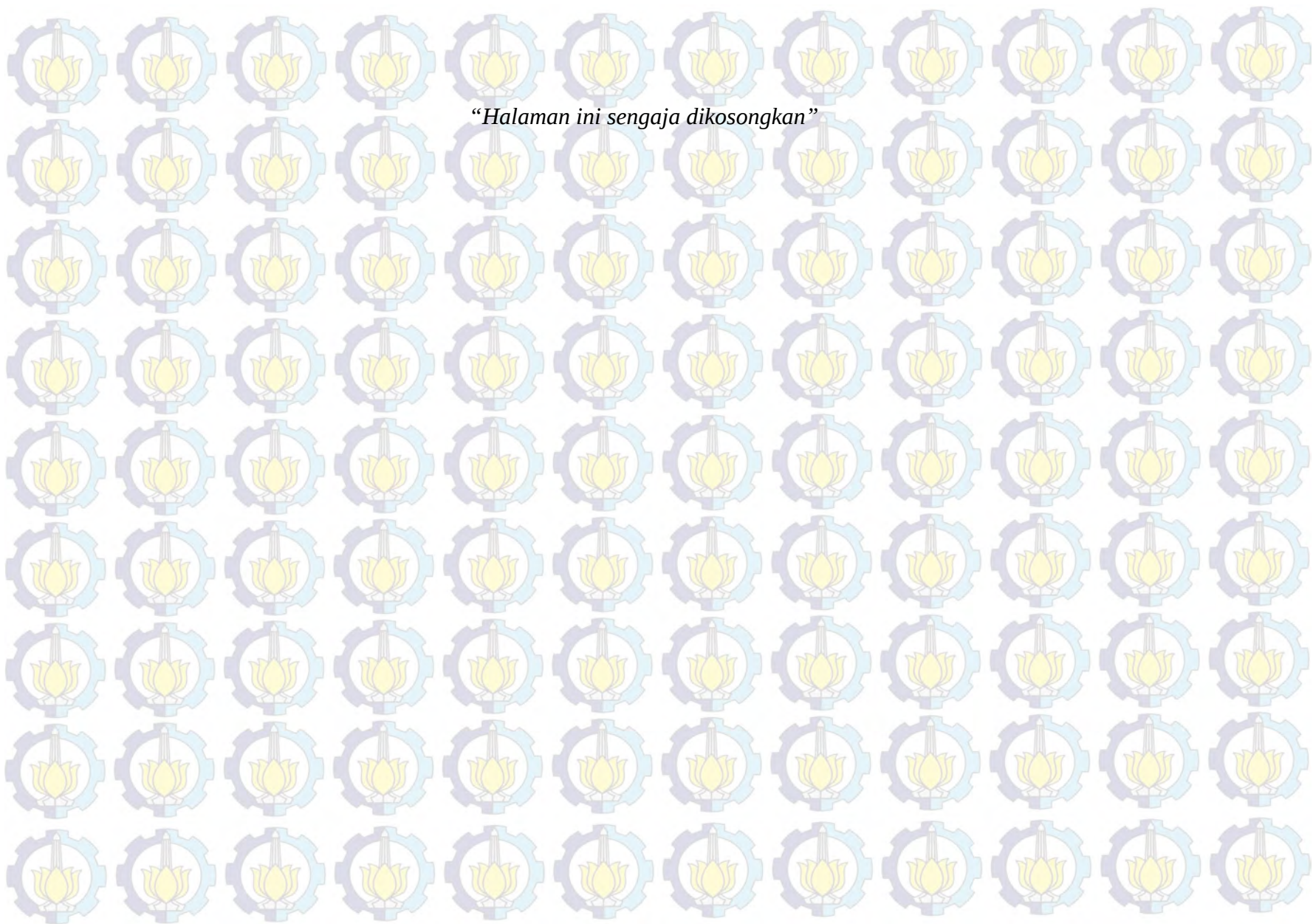
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Tabel 3. 8. Tahapan Penelitian

No.	Sasaran	Input Data	Alat Analisis	Output
1.	Identifikasi faktor keseimbangan lingkungan terhadap emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik	Faktor-faktor penghasil dan penyerap emisi gas CO ₂ dari hasil kajian teori	1. <i>In Depth Interview Stakeholders</i> 2. Analisis Konten	Faktor-faktor penyerap dan penghasil emisi gas CO ₂
2.	Analisis sistem hubungan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik	Semua data yang ada di Tabel 3.3 dan Tabel 3.4	1. Analisis Konten 2. Konseptualisasi hubungan sistem pada <i>software</i> STELLA v9	Sistem hubungan faktor-faktor keseimbangan emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik
3.	Membangun model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik	Hasil sasaran 2	1. Perancangan sistem dinamik pada <i>software</i> STELLA v9 2. Uji validitas model 3. Uji Ekstrim 4. Uji Sensitivitas 5. Uji simulasi skenario	Model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik

Sumber : Penulis, 2014



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Wilayah Studi

4.1.1. Geografis Wilayah Studi

Wilayah perkotaan Gresik merupakan dataran rendah di pesisir Utara Jawa Timur dimana secara geografis terletak antara $7^{\circ} 02' - 7^{\circ} 12' \text{ LS}$ dan $112^{\circ} 28' - 112^{\circ} 40' \text{ BT}$. Ketinggian wilayah perkotaan Gresik ini merupakan wilayah landai dengan rentang ketinggian antara 2 – 10 meter diatas permukaan laut (mdpl) sehingga keseluruhan wilayah perkotaan Gresik merupakan daerah pesisir. Luas total wilayah perkotaan Gresik adalah $\pm 217,97 \text{ km}^2$ atau 21.797,9 ha. Adapun batas-batas wilayah perkotaan Gresik seperti nampak pada **Gambar 4.1** adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kec. Bungah

Sebelah Timur : Selat Madura

Sebelah Selatan : Kota Surabaya, Kec. Cerme dan Kec. Benjeng

Sebelah Barat : Kabupaten Lamongan

Wilayah ini merupakan wilayah fungsional yang menjadi pusat pemerintahan dan ibukota Kabupaten Gresik. Secara administratif wilayah perkotaan Gresik dalam penelitian ini terdiri dari 4 kecamatan dan 88 desa/kelurahan yaitu Kecamatan Gresik, Kecamatan Kebomas, Kecamatan Manyar dan Kecamatan Duduksampeyan. **Tabel 4.1** menunjukkan jumlah desa dan luas wilayah masing-masing kecamatan di wilayah perkotaan Gresik.

Kecamatan dengan luas terbesar adalah wilayah Kecamatan Manyar dengan luas wilayah mencapai 9.539,71 ha. Sedangkan wilayah dengan luas wilayah terendah adalah Kecamatan Gresik dengan luas wilayah mencapai 712,91 ha.

Tabel 4. 1. Wilayah Administrasi Perkotaan Gresik

No.	Kecamatan	Jumlah Desa/Kelurahan	Luas Wilayah (ha)
1	Duduk Sampeyan	23	8.143,55
2	Kebomas	21	3.401,76

No.	Kecamatan	Jumlah Desa/Kelurahan	Luas Wilayah (ha)
3	Gresik	21	712,91
4	Manyar	23	9.539,71
Total		88	21.797,71

Sumber : Gresik Dalam Angka Tahun 2013

4.1.2. Kependudukan

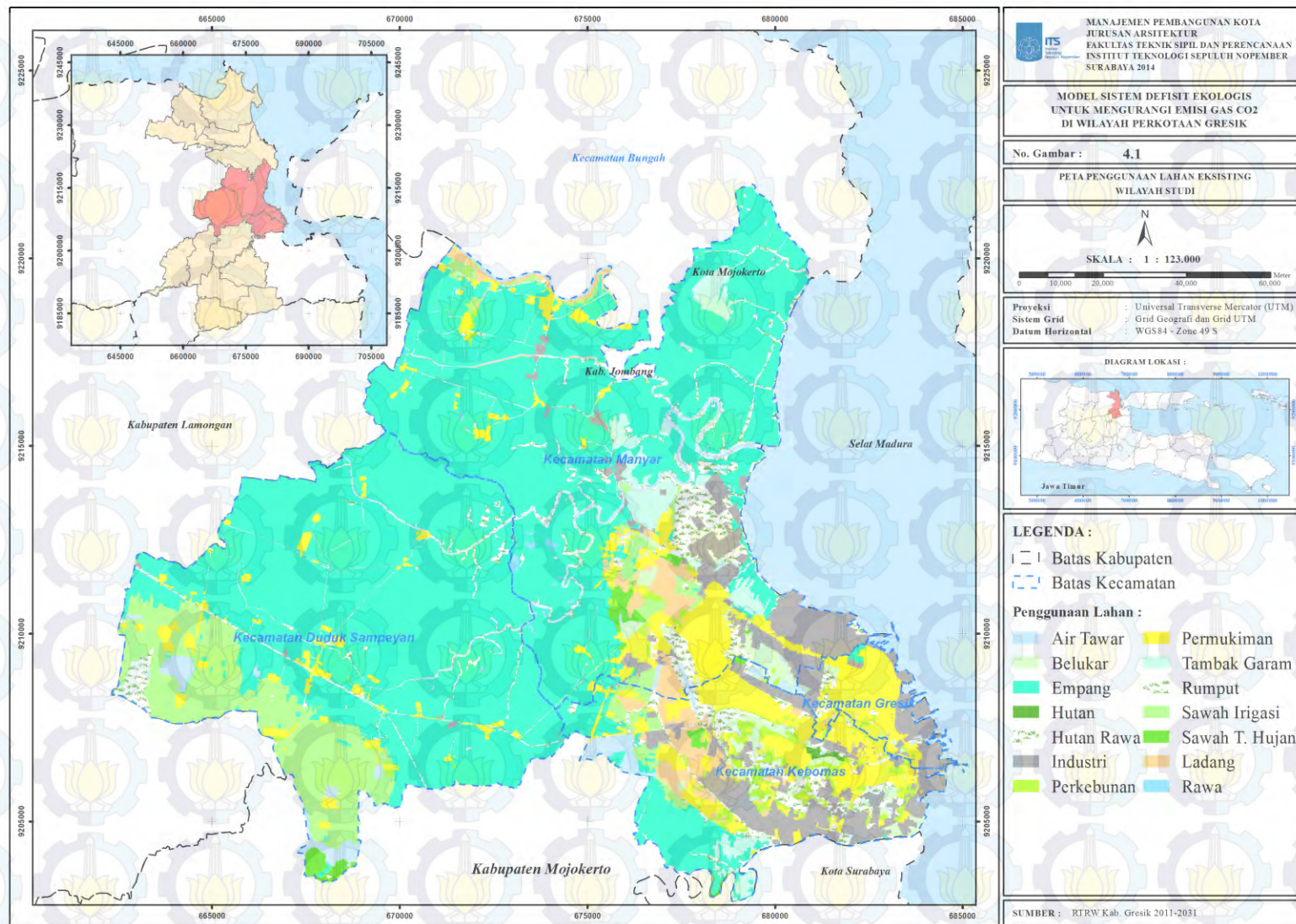
Semakin besar jumlah penduduk semakin besar pula kebutuhan sumberdaya alam seperti konsumsi energi dan penggunaan lahan yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan setiap penduduk di wilayah tersebut. Dengan demikian semakin besar pula limbah yang dihasilkan penduduk yang perlu diabsorpsi oleh alam termasuk didalamnya adalah emisi gas CO₂. Oleh karena itu untuk mengetahui konsumsi sumberdaya alam di wilayah perkotaan Gresik perlu diketahui jumlah dan pertumbuhan penduduknya.

4.1.2.1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Berdasarkan hasil perhitungan Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gresik, jumlah penduduk di wilayah perkotaan Gresik cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dalam kurun waktu 5 tahun terakhir antara tahun 2006-2012 mengalami rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 1.53%%. Pada tahun 2006 tercatat jumlah penduduk wilayah perkotaan Gresik sebesar 324.927 jiwa dan meningkat pada tahun 2012 menjadi 355.226 jiwa seperti nampak pada

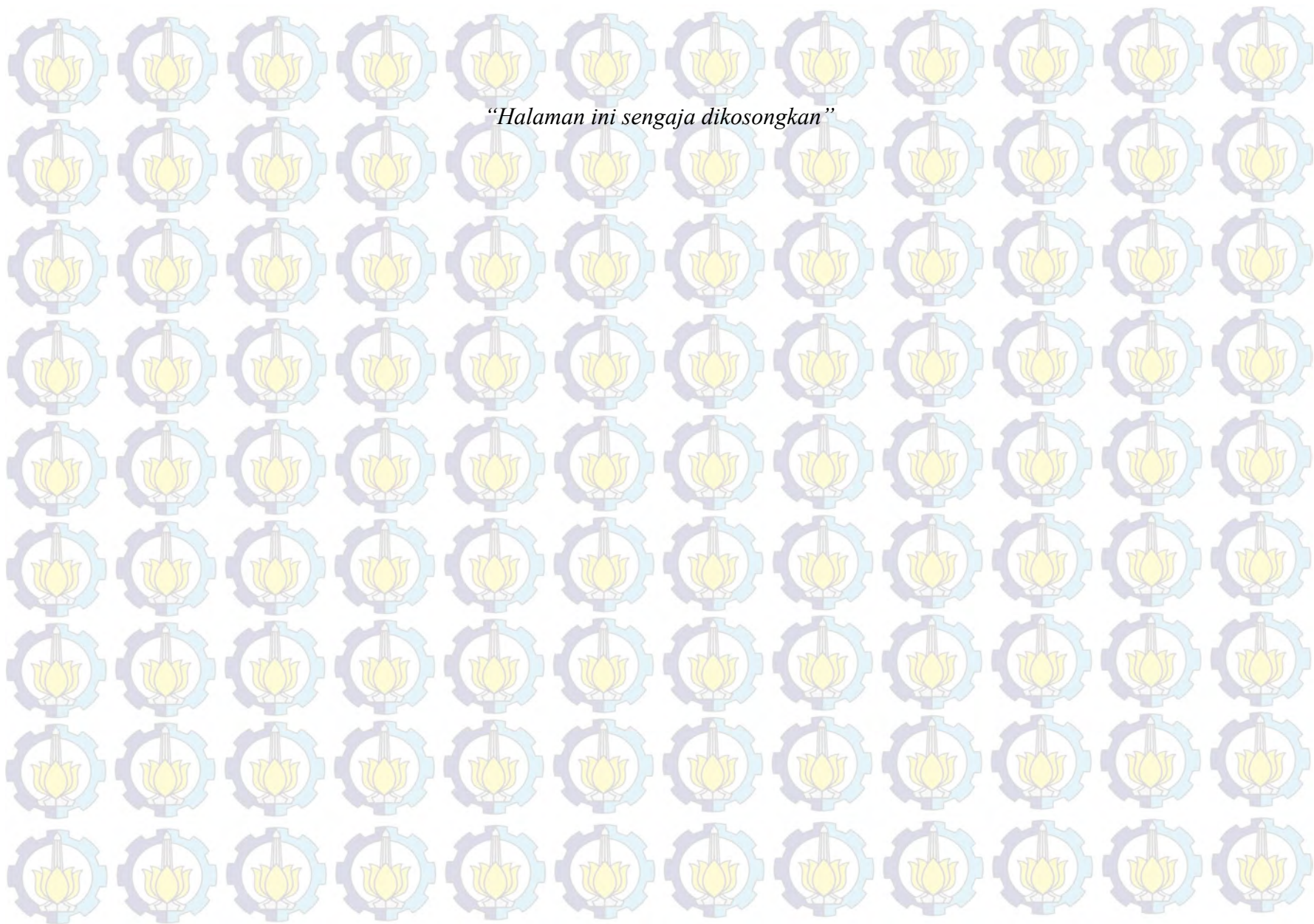
Gambar 4.2.

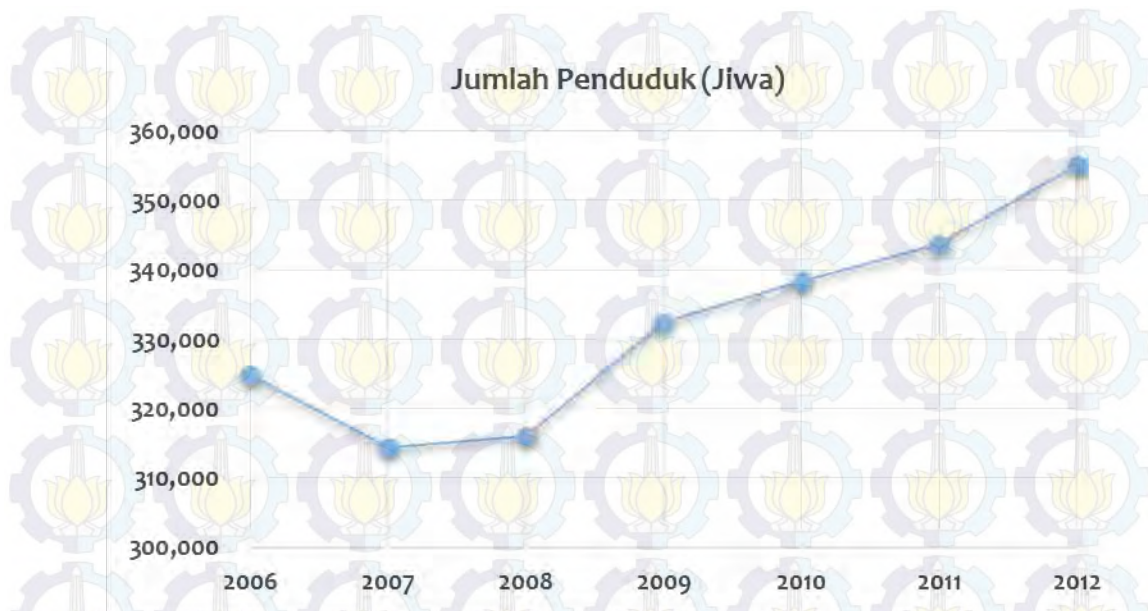
Jika dilihat dari jumlah penduduk per kecamatan di wilayah perkotaan Gresik maka jumlah penduduk Kecamatan Kebomas memiliki kecenderungan penduduk tertinggi. Pada tahun 2008 jumlah penduduk di Kecamatan Manyar tercatat sebesar 96.112 jiwa dan meningkat pada tahun 2012 menjadi 108.784 jiwa. Pada **Tabel 4.2** juga menunjukkan bahwa Kecamatan Dudusampeyan memiliki jumlah penduduk yang cenderung terendah. Pada tahun 2008 penduduk di Kecamatan Dudusampeyan tercatat sebesar 50.859 jiwa meskipun pada tahun 2012 penduduk di kecamatan tersebut meningkat menjadi 51.257 jiwa.



Gambar 4. 1. Wilayah Administratif dan Penggunaan Lahan Eksisting Wilayah Studi

Sumber : RTRW Kab. Gresik 2011-2031





Gambar 4. 2. Jumlah Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik Tahun 2006-2012

Sumber : BPS, Kabupaten Gresik Dalam Angka Tahun 2007-2013

Tabel 4. 2. Jumlah dan Laju Pertumbuhan Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)							R (%)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Dudusampeyan	50,859	47,384	47,078	48,845	49,385	50,370	51,257	0.19
Kebomas	88,701	87,404	91,411	93,042	95,428	97,639	101,526	2.29
Gresik	89,255	86,970	93,255	89,970	91,146	91,283	93,659	0.87
Manyar	96,112	92,681	84,378	100,698	102,364	104,494	108,784	2.44
Total	324,927	314,439	316,122	332,555	338,323	343,786	355,226	1.53

Ket : R = Laju Pertumbuhan

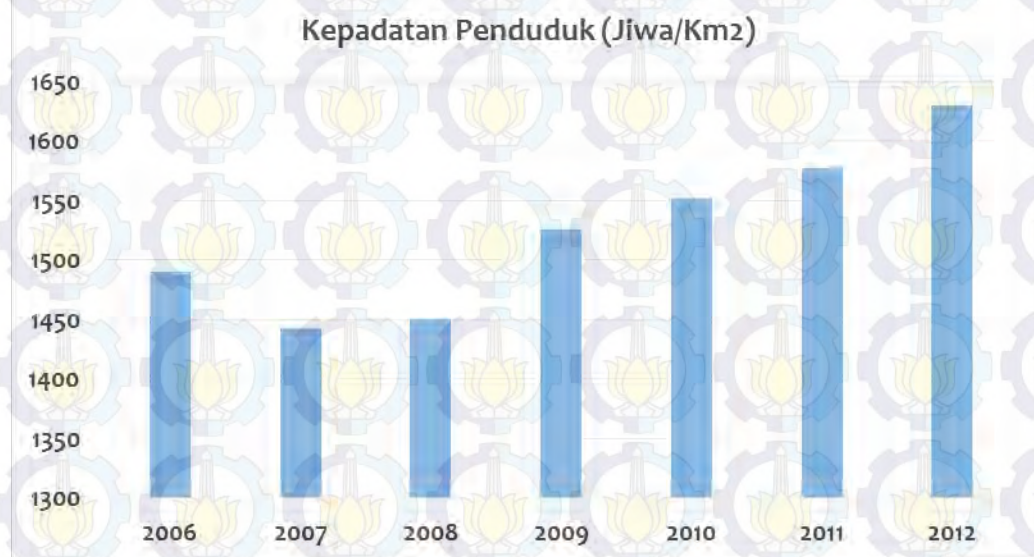
Sumber : Kabupaten Gresik Dalam Angka 2009-2013

Pertambahan jumlah penduduk setiap tahunnya tidak terlepas dari laju pertumbuhan penduduk. Wilayah perkotaan Gresik memiliki rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 1.53% per tahun. **Tabel 4.2** juga menunjukkan perbandingan pertumbuhan penduduk di masing-masing wilayah kecamatan. Kecamatan dengan pertumbuhan penduduk tertinggi adalah Kecamatan Manyar dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2.44% per tahun. Sedangkan kecamatan dengan pertumbuhan

penduduk terendah adalah Kecamatan Duduksampeyan dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 0.19% per tahun.

Dengan kecenderungan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat maka tingkat kepadatan penduduk juga ikut meningkat setiap tahunnya akibat pertambahan penduduk dan luas wilayah yang tetap. Pada rentang tahun 2006-2012 kepadatan penduduk wilayah perkotaan Gresik meningkat dari 1.491 jiwa/km² menjadi 1.680 jiwa/km² pada tahun 2012. Seperti nampak pada **Gambar 4.3**.

Kecamatan Gresik sebagai ibukota Kabupaten Gresik memiliki kepadatan penduduk tertinggi setiap tahunnya. Pada tahun 2006 kepadatan penduduk di kecamatan tersebut mencapai 12.519 jiwa/km² sedangkan pada tahun 2012 meningkat menjadi 13.137 jiwa/km². Kecamatan Duduksampeyan memiliki kepadatan penduduk terendah akibat luas wilayah yang sangat besar. Pada tahun 2006 kepadatan penduduk Kecamatan Duduksampeyan mencapai 624 jiwa/km² sedangkan pada tahun 2012 meningkat menjadi 629 jiwa/km². Seperti nampak Pada **Tabel 4.3**.



Gambar 4. 3. Pertumbuhan Kepadatan Penduduk Perkotaan Gresik Tahun 2006 – 2012

Sumber : BPS, Kabupaten Gresik Dalam Angka 2009-2013

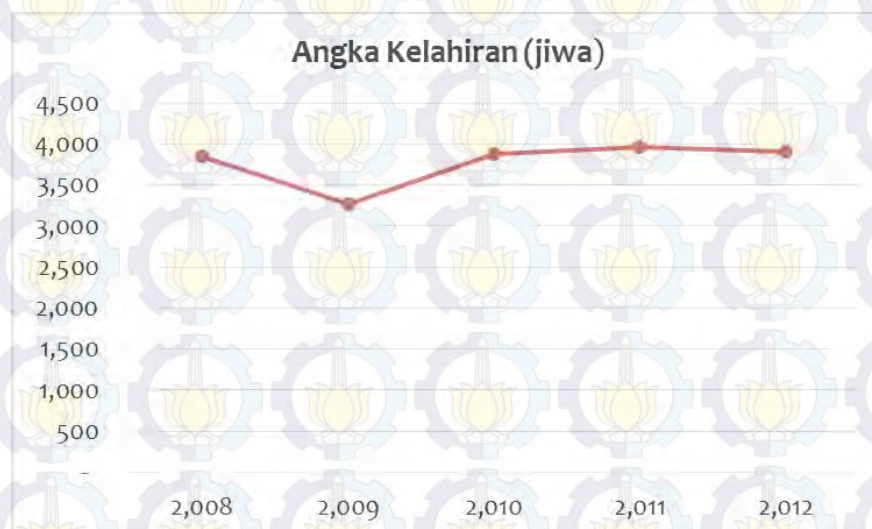
Tabel 4. 3. Kepadatan Penduduk Perkotaan Gresik Tahun 2006-2012

Kecamatan	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Duduksampeyan	625	582	578	600	606	619	629
Kebomas	2,608	2,569	2,687	2,735	2,805	2,870	2,985
Gresik	12,520	12,199	13,081	12,620	12,785	12,804	13,138
Manyar	1,007	972	884	1,056	1,073	1,095	1,140
Total	1,491	1,443	1,450	1,526	1,552	1,577	1,630

Sumber : BPS, Kabupaten Gresik Dalam Angka 2007-2013

4.1.2.2. Angka Kelahiran Bayi Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Angka kelahiran bayi (fertilitas) merupakan pertambahan jumlah penduduk akibat kelahiran bayi oleh penduduk di wilayah perkotaan Gresik. Jumlah kelahiran ini menambah jumlah penduduk di wilayah tersebut. Oleh karena itu angka kelahiran bayi berpengaruh terhadap konsumsi secara keseluruhan yang dapat bertambah. Berdasarkan data BPS yang dihimpun dalam kecamatan dalam angka antara tahun 2008-2010 tercatat bahwa setiap tahunnya rata-rata bayi yang lahir adalah sebesar 3.774 jiwa.



Gambar 4. 4. Pertumbuhan Kelahiran Bayi Di Wilayah Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

Tabel 4. 4. Angka Kelahiran Bayi Di Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)					Rata-Rata Kelahiran
	2008	2009	2010	2011	2012	
Duduksampeyan	760	623	615	695	631	665
Kebomas	904	904	1065	1130	1130	1027
Gresik	1330	578	1382	976	976	1048
Manyar	858	1167	810	1167	1167	1034
Total	3,852	3,272	3,872	3,968	3,904	3774

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

Seperti nampak pada **Tabel 4.4** dapat diketahui bahwa Kecamatan Gresik memiliki rata-rata kelahiran bayi yang paling tinggi dengan angka kelahiran mencapai 1.048 bayi per tahun sedangkan Kecamatan dengan angka kelahiran bayi terendah adalah Kecamatan Duduksampeyan dengan rata-rata kelahiran bayi per tahunnya adalah 665 bayi per tahunnya.

4.1.2.3. Angka Kematian Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Jika angka kelahiran bayi berpengaruh terhadap pertambahan jumlah penduduk di wilayah perkotaan Gresik maka angka kematian penduduk adalah sebaliknya. Angka kematian mengurangi jumlah penduduk setiap tahunnya. Dengan demikian angka kematian dapat mengurangi tingkat konsumsi agregat sumberdaya alam oleh penduduk perkotaan Gresik termasuk limbah yang dihasilkan dari aktifitas penduduk seperti emisi gas CO₂ .

Seperti nampak pada **Gambar 4.5** bahwa angka kematian penduduk di wilayah perkotaan Gresik cenderung tidak stabil. Setiap tahun rata-rata angka kematian di wilayah perkotaan Gresik mencapai 1.446 jiwa. Jika dilihat pada angka kematian per kecamatan seperti nampak Pada **Tabel 4.5** maka Kecamatan Kebomas memiliki angka kematian tertinggi dengan 592 jiwa per tahunnya. Selain itu Kecamatan Gresik memiliki angka kematian terendah dengan 103 jiwa per tahunnya.



Gambar 4. 5. Pertumbuhan Angka Kematian Di Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

Tabel 4. 5. Angka Kematian Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)					Rata-Rata Kematian
	2008	2009	2010	2011	2012	
Dudusampeyan	434	454	440	400	414	432
Kebomas	520	520	645	683	683	592
Gresik	146	59	107	101	101	103
Manyar	465	370	71	370	370	319
Total	1,565	1,403	1,263	1,554	1,568	1,446

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

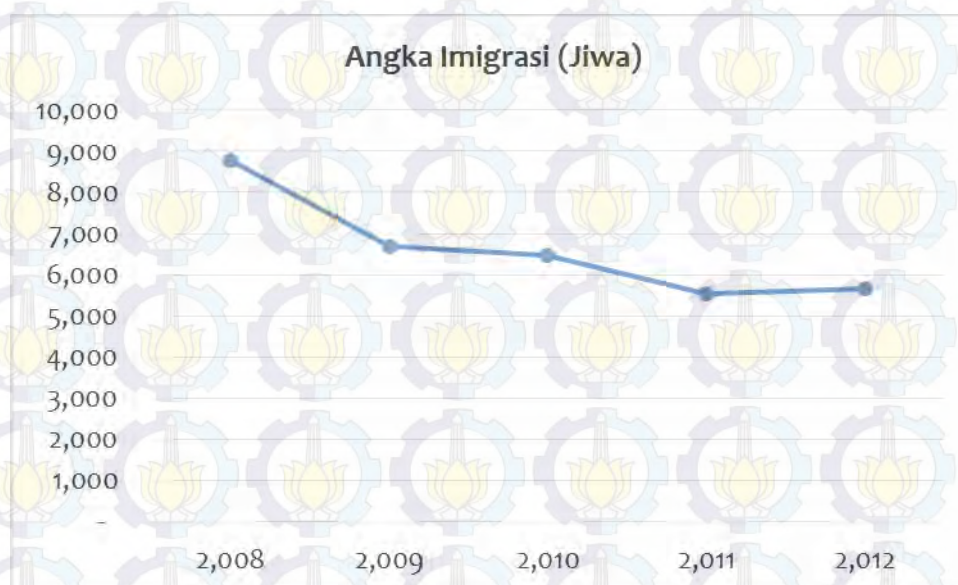
4.1.2.4. Angka Imigrasi Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Selain angka kelahiran dan kematian ada beberapa faktor lain yang juga berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah perkotaan Gresik yaitu tingkat perpindahan penduduk masuk dan keluar wilayah perkotaan Gresik. Perpindahan yang dimaksud adalah perpindahan untuk tujuan tinggal yang permanen bukan sekedar ulang alik setiap hari untuk bekerja, sekolah atau

kunjungan wisata selama beberapa hari saja. Dengan demikian dapat berpengaruh terhadap jumlah penduduk secara agregat tiap tahunnya.

Pada sub bab ini akan menjelaskan mengenai perpindahan penduduk masuk atau imigrasi. Imigrasi merupakan perpindahan penduduk dari wilayah di luar wilayah perkotaan Gresik menjadi penduduk wilayah perkotaan Gresik. Penduduk diluar wilayah perkotaan Gresik tersebut dapat berasal dari kecamatan lain se-Kabupaten Gresik, wilayah kota/kabupaten lain atau warga negara asing.

Berdasarkan data kecamatan dalam angka pada periode tahun 2008-2012 tercatat bahwa penduduk masuk di wilayah perkotaan Gresik menurun dengan rata-rata setiap tahunnya mencapai 6.627 jiwa. Seperti nampak pada **Gambar 4.6** Tahun 2008 tercatat sebagai angka perpindahan penduduk masuk tertinggi selama periode tersebut dengan angka sebesar 8.769 jiwa.



Gambar 4. 6. Pertumbuhan Angka Imigrasi Di Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

Jika dilihat dari angka perpindahan penduduk masuk per kecamatan seperti nampak pada **Tabel 4.6** maka Kecamatan Manyar memiliki rata-rata jumlah perpindahan penduduk masuk tertinggi dengan rata-rata pertumbuhan penduduk masuk per tahunnya mencapai 3.393 jiwa. Kecamatan dengan perpindahan

penduduk masuk terendah adalah Kecamatan Duduksampeyan dengan rata-rata pertumbuhan penduduk masuk per tahunnya mencapai 578 jiwa.

Tabel 4. 6. Angka Perpindahan Penduduk Masuk Di Wilayah Perkotaan Gresik

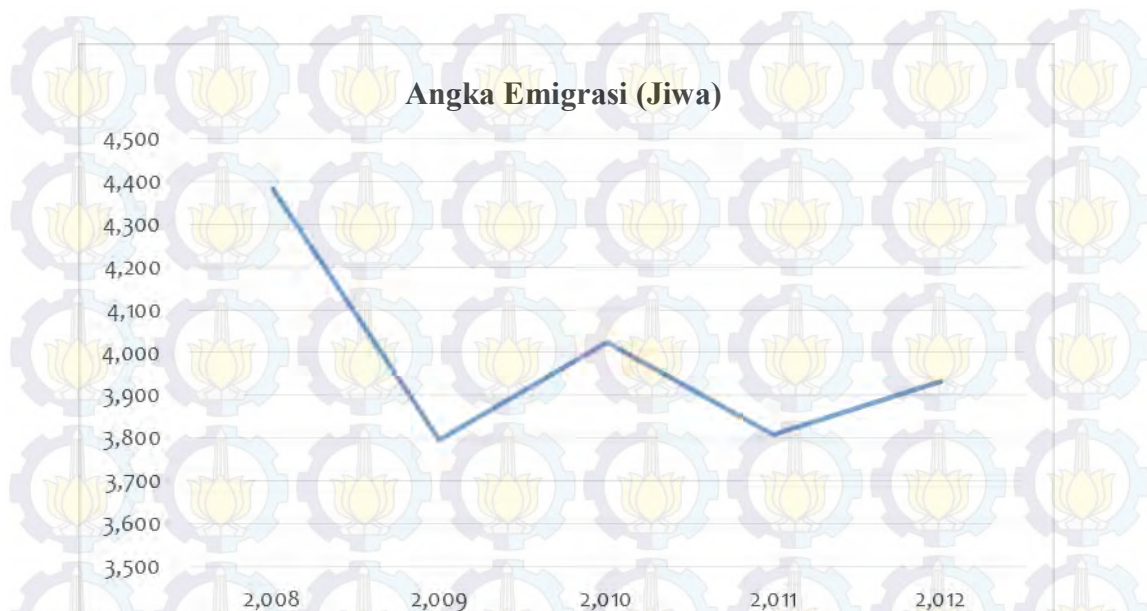
Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)					Rata-Rata Kematian
	2008	2009	2010	2011	2012	
Duduksampeyan	625	445	919	389	513	578
Kebomas	1489	1489	1541	1560	1560	1,528
Gresik	3271	2549	2026	1397	1397	2,128
Manyar	3384	2202	1975	2202	2202	2,393
Total	8,769	6,685	6,461	5,548	5,672	6,627

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

4.1.2.5. Angka Emigrasi Penduduk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Seperti yang dijelaskan pada sub bab angka imigrasi, angka emigrasi juga mempengaruhi pertumbuhan penduduk di wilayah perkotaan Gresik akibat perpindahan penduduk. Jika angka imigrasi berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah penduduk akibat perpindahan masuk, tidak demikian dengan angka emigrasi. Angka emigrasi mengurangi jumlah penduduk setiap tahunnya karena perpindahan yang terjadi adalah perpindahan penduduk keluar wilayah perkotaan Gresik baik menuju kabupaten/kota sekitar maupun lainnya.

Berdasarkan data kecamatan dalam angka pada periode tahun 2008-2012 tercatat bahwa penduduk masuk di wilayah perkotaan Gresik tidak stabil namun cenderung menurun dengan rata-rata setiap tahunnya mencapai 3.989 jiwa. Seperti nampak pada **Gambar 4.7** tahun 2008 tercatat sebagai angka perpindahan penduduk masuk tertinggi selama periode tersebut dengan penduduk yang pindah keluar wilayah perkotaan Gresik mencapai 4.381 jiwa. Angka tersebut menurun pada tahun 2012 penduduk yang pindah keluar wilayah mencapai 3.933 jiwa.



Gambar 4. 7. Pertumbuhan Angka Emigrasi Di Perkotaan Gresik Tahun 2008-2012

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

Jika dilihat dari angka perpindahan penduduk keluar per kecamatan seperti nampak pada **Tabel 4.7** maka Kecamatan Kebomas memiliki rata-rata jumlah perpindahan penduduk keluar tertinggi dengan rata-rata penduduk keluar wilayah per tahunnya mencapai 1.616 jiwa. Kecamatan dengan perpindahan penduduk keluar terendah adalah Kecamatan Duduksampeyan dengan rata-rata penduduk keluar per tahunnya mencapai 499 jiwa.

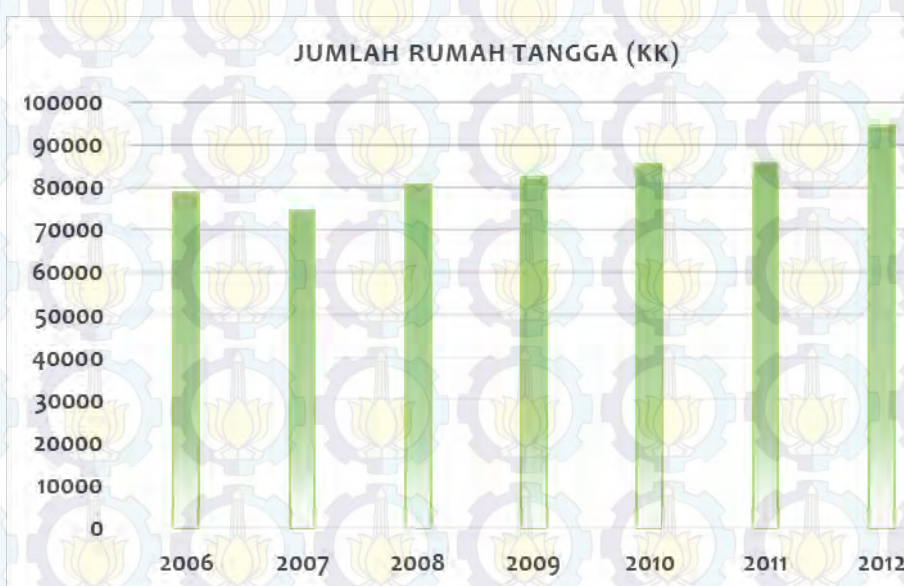
Tabel 4. 7. Angka Penduduk Keluar Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)					Rata-Rata Imigrasi
	2008	2009	2010	2011	2012	
Duduksampeyan	605	315	469	492	616	499
Kebomas	1520	1520	1559	1740	1740	1616
Gresik	1011	1053	1055	667	667	891
Manyar	1245	910	941	910	910	983
Total	4,381	3,798	4,024	3,809	3,933	3989

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2009-2013

4.1.2.6. Jumlah Rumah Tangga

Rumah tangga merupakan kelompok terkecil yang mewadahi interaksi antar individu dalam suatu lingkungan rumah tempat tinggal. Berdasarkan data BPS, Kabupaten Gresik Dalam Angka Tahun 2006-2013, pertumbuhan jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik meningkat dengan prosentase pertumbuhan mencapai 3.18% seperti pada **Gambar 4.8**. Pada tahun 2008 tercatat jumlah rumah tangga (KK) di wilayah perkotaan Gresik mencapai 78.932 KK. Angka tersebut meningkat di tahun 2012 yang sudah mencapai 94.562 KK.



Gambar 4. 8. Pertumbuhan Jumlah KK Di Perkotaan Gresik Tahun 2006-2012

Sumber : Kecamatan Dalam Angka 2007-2013

Dari data tersebut jika dilihat per kecamatan di wilayah perkotaan Gresik seperti pada **Tabel 4.8** maka Kecamatan Gresik memiliki pertumbuhan jumlah rumah tangga terbesar yaitu dengan 3.97% pertahun. Pada tahun 2006 jumlah KK di kecamatan ini mencapai 21.955 KK dan meningkat pada tahun 2012 menjadi 27.133 KK. Jika dibandingkan dengan data jumlah penduduk seperti pada penjelasan sebelumnya maka rata-rata keluarga di Kecamatan Gresik memiliki anggota 4-5 jiwa. Selain itu Kecamatan Duduksampeyan memiliki rata-rata pertumbuhan jumlah keluarga terkecil yaitu sebesar 2.51% per tahun. Pada tahun 2006 jumlah KK di Kecamatan Duduksampeyan mencapai 12.397 KK dan

meningkat pada tahun 2012 mencapai 13.780 KK. Rata-rata anggota keluarga di kecamatan ini adalah 5 jiwa/KK.

Tabel 4. 8. Jumlah KK Di Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga (KK)							R (%)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Dudusampeyan	12379	11339	12144	12188	12480	12593	13780	1.96
Kebomas	21955	21205	22711	23291	24232	24410	27133	3.69
Gresik	21900	20742	21871	22454	23171	22821	25235	2.51
Manyar	22698	21287	23859	24579	25542	26124	28414	3.97
Total	78932	74573	80585	82512	85425	85948	94562	3.18

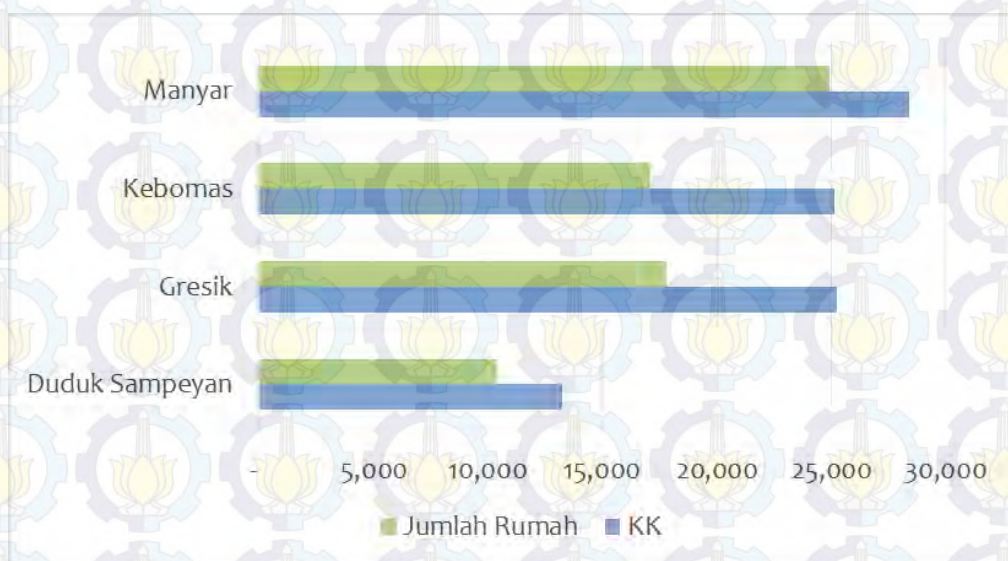
Ket : R = Laju Pertumbuhan

Sumber : Kabupaten Gresik Dalam Angka 2009-2013

Meskipun demikian, jumlah rumah tangga tidak seimbang dengan jumlah unit rumah tinggal. Pada tahun 2012 jumlah rumah tinggal di perkotaan Gresik mencapai 259.155 unit. Dengan demikian rata-rata KK dalam satu unit rumah adalah 1.34 KK. Angka tersebut menunjukkan bahwa sebagian rumah ditinggali oleh 2 KK. Pada **Gambar 4.9** menunjukkan bahwa setiap kecamatan sebagian rumah tinggal dihuni oleh 2 KK. Perbandingan antara jumlah rumah tangga dan rumah tinggal yang paling kecil adalah Kecamatan Kebomas dengan perbandingan 1.47, sedangkan perbandingan terbesar terdapat di Kecamatan Dudusampeyan sebesar 1.32. Dengan demikian Kecamatan Dudusampeyan sedikit lebih baik dalam hal penyediaan rumah tinggal bagi setiap rumah tangga yang ada.

Jika dilihat pada lingkup kecamatan seperti pada **Tabel 4.9** maka jumlah rumah tinggal terbesar di Kecamatan Manyar dengan 24.917 unit. Sedangkan jumlah rumah tinggal terkecil berada di Kecamatan Dudusampeyan sebesar 10.423 unit. Masing-masing unit rumah tinggal dapat diklasifikasikan sebagai rumah besar, menengah dan kecil. Berdasarkan Dokumen Rencana Pembangunan dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (RP4D) Kabupaten Gresik Tahun 2011-2021 bahwa rumah tinggal dengan klasifikasi menengah sampai besar mempunyai luas kapling lebih dari 300 m, rumah kecil atau deret memiliki luas

kapling sebesar 100-200 m. **Tabel 4.9** menunjukkan distribusi unit rumah berdasarkan klasifikasi rumah tinggal di setiap kecamatan.



Gambar 4. 9. Jumlah Rumah Tinggal dan KK Di Perkotaan Gresik Tahun 2012

Sumber : BLH Kab. Gresik, Laporan SLHD Tahun 2013

Tabel 4. 9. Jumlah Rumah Per Kecamatan Di Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Jumlah KK	Jumlah Rumah Total	Klasifikasi (unit)	
			Menengah dan Besar	Kecil
Duduksampeyan	13,780	10,423	6,049	4,374
Gresik	27,133	17,806	14,947	2,859
Kebomas	25,235	17,082	14,604	2,478
Manyar	28,414	24,917	22,448	2,469
Total	94,562	70,228	58,048	12,180

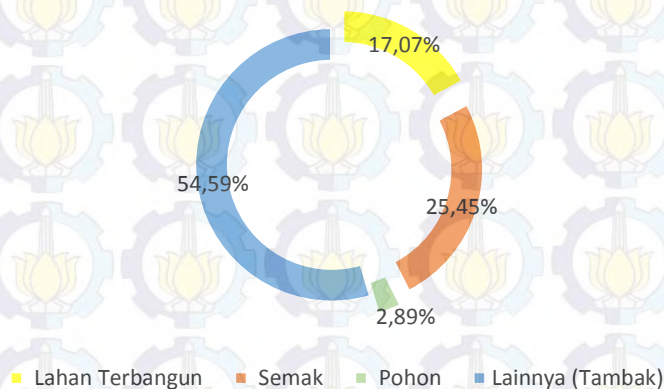
Sumber : Diolah dari data jumlah rumah tangga berdasarkan lokasi permukiman dalam SLHD Kabupaten Gresik 2013, BLH

4.1.3. Penggunaan Lahan dan Perubahan Penggunaan Lahan

4.1.3.1. Penggunaan Lahan

Berdasarkan data BPS, Kecamatan Dalam Angka Tahun 2013 tercatat bahwa penggunaan lahan tahun 2012 di wilayah perkotaan Gresik seperti nampak pada **Gambar 4.10**. Wilayah perkotaan Gresik sudah banyak lahan terbangun dengan prosentase sebesar 17,06% atau sekitar 3720,29 ha. Sebagian besar wilayah perkotaan Gresik masih didominasi lahan non terbangun. Lahan non terbangun berupa lahan semak dan lahan tutupan vegetasi pohon. Luas lahan dengan tutupan vegetasi semak sebesar 5548,53 ha atau sekitar 25,4%. Dan luas tutupan vegetasi pohon seluas 630,76 Ha atau sekitar 2,89%. Meskipun demikian luas lahan yang dominan di wilayah perkotaan Gresik adalah lahan tambak dengan prosentase 54,5% atau sekitar 11.874,84 ha. Persebaran lahan tambak dan sawah banyak dijumpai di Kecamatan Manyar dan Kecamatan Dududksampeyan sedangkan lahan terbangun banyak memusat di Kecamatan Gresik dan Kecamatan Kebomas.

Penggunaan Lahan Tahun 2012



Gambar 4. 10. Penggunaan Lahan Di Perkotaan Gresik Tahun 2012

Sumber : BPS, Kecamatan Dalam Angka Tahun 2013

4.1.3.2. Ruang Terbuka Hijau

Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran yang sangat dominan dalam keseimbangan emisi gas CO₂ karena kemampuan penyerapan gas CO₂. RTH di wilayah perkotaan Gresik sangat sedikit. Beberapa bentuk ruang terbuka hijau yang terdapat di wilayah ini adalah makam, kolam, belukar, lahan-

lahan kosong, tanah urug dan tambang kapur. Selain itu, beberapa bentuk RTH dapat diidentifikasi karena sudah memiliki fungsi antara lain adalah RTH di lingkungan PT. Petrokimia dan PT. Semen Gresik, seperti lapangan sepakbola dan golf, taman-taman kota, RTH di sepanjang jalur pipa gas, dan alun-alun.

Berdasarkan dokumen RDTRK dan Zoning Regulation Kecamatan Gresik dan Kebomas Tahun 2008, penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau di dua kecamatan utama wilayah perkotaan Gresik di dominasi oleh lahan kosong dan belukar yang sewaktu-waktu dapat beralih fungsi menjadi terbangun. Ruang terbuka hijau di Kecamatan Gresik adalah 89.39 Ha atau sebesar 16,14 % dari total penggunaan lahan dengan penjabaran 4.59 % berupa makam, 0.91 % kolam, 7.75 % lahan kosong, 2.88 % belukar. Sementara itu, di Kecamatan Kebomas penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau adalah 562.17 Ha atau sebesar 18.7 % dari total penggunaan lahan dengan penjabaran 0.18 % berupa makam, 1.99 % kolam, 0.92 % lahan kosong, 14.21 % belukar, 0.22 % tanah urug dan 1.19 % tambang kapur. Jadi, total Ruang Terbuka Hijau di dua wilayah kecamatan ini adalah 651.56 Ha atau sebesar 18.3 % dari total penggunaan lahan.

A. RTH Publik

Jenis RTH publik yang dapat diidentifikasi adalah sebagai taman kota, taman rekreasi, bukit atau pegunungan, jalur hijau, sempadan sungai, sempadan rel kereta api, sempadan SUTT, pemakaman umum, dan lapangan olahraga.

Tabel 4. 10. Jenis RTH Publik Di Perkotaan Gresik

No.	Jenis	Keterangan	Luas (Ha)
1	Taman Kota	Alun-alun Gresik dan taman-taman kota perumahan, Taman yang dibangun oleh pegembang perumahan dan Taman yang dibangun pada tapak-tapak perkantoran/ industri.	44.05
2	Hutan Kota	Hutan petrokimia, hutan semen gresik, hutan giri, hutan ngargosari, tenggulunan, prambangan dan perkebunan rakyat dan holtikultura	341.94
3	Pemakaman Umum	Pemakaman umum yang tersebar di seluruh wilayah	0.13

No.	Jenis	Keterangan	Luas (Ha)
4	Sempadan jalan	Berupa taman pulau jalan dan median yang berfungsi sebagai peneduh, penyerap polusi udara.	2.53
5	Sempadan sungai	Terdapat 8 sungai di pusat kota Gresik namun hanya beberapa yang memiliki area hijau	
6	Sempadan pantai	Beberapa sempadan pantai masih ditumbuhi mangrove dan tetap dipertahankan	3.74
7	Sempadan rel kereta api	Terdapat dua jalur rel kereta api yang membentang dari wilayah Timur ke Barat dan Utara ke Selatan pada kawasan Kota Gresik melewati kawasan industri di sepanjang tepi pantai Kota Gresik.	
8	Sempadan SUTT	Pusat kota Gresik dilewati oleh Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dengan kapasitas 150 KV. Saluran listrik ini memiliki empat jalur lintasan distribusi melewati Kel. Sidorukun, Tenggulunan, Kramatinggil, Segoromadu, Kembangan, dan Kel. Ngipik.	

Sumber : Dokumen Kebijakan, Norma, Standar, Pedoman dan Manual (KNSPM)

Pengelolaan RTH Di Kota Gresik Tahun 2008



A



B



C



D

Gambar 4. 11. Alun-Alun Gresik (A), Hutan Kota Petrokimia (B), Taman Kota GKB (C) dan Lapangan Olahraga (D)

Sumber : Dokumen KNSPM Pengelolaan RTH Di Kota Gresik Tahun 2008

B. RTH Privat

RTH Privat di wilayah perkotaan Gresik masih didominasi oleh lahan terbuka dan lahan pertanian terutama di wilayah Kecamatan Manyar dan Duduksampeyan. Meskipun demikian juga terdapat RTH persil-persil industri, perumahan dan perdagangan dan jasa.



A



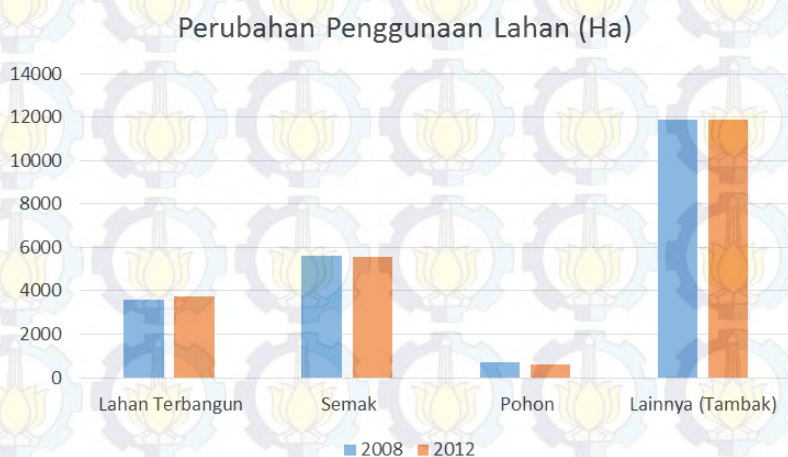
B

Gambar 4. 12. Lahan Pertanian (A), Lahan Kosong (B)

Sumber : Dokumen KNSPM Pengelolaan RTH Di Kota Gresik Tahun 2008

4.1.3.3. Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan di wilayah perkotaan Gresik dapat diketahui dengan membandingkan data antara tahun terbaru dengan tahun sebelumnya. Data tahun sebelumnya yang digunakan adalah data tahun 2008. Berdasarkan 2 data tersebut dapat diketahui perkembangan masing-masing penggunaan lahan. Seperti nampak pada **Gambar 4.13** berikut.



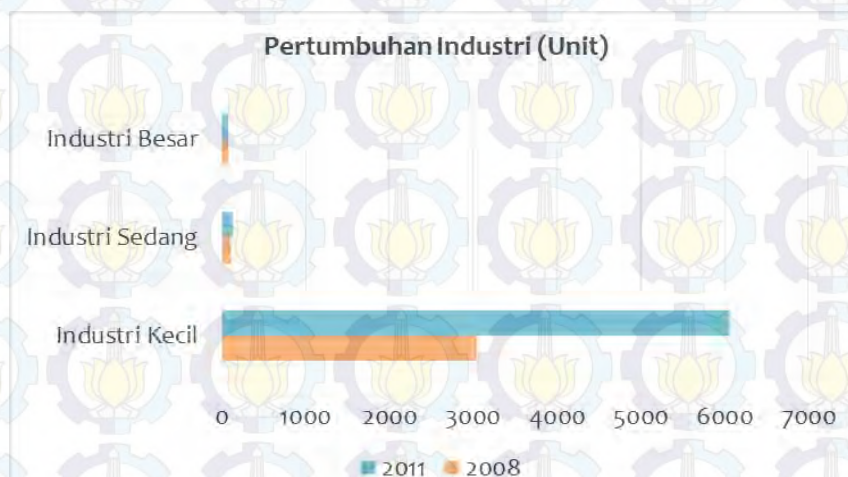
Gambar 4. 13. Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2008-2012

Sumber : BPS, Kecamatan Dalam Angka Tahun 2013

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa luas lahan non terbangun seperti semak, pohon, dan tambak cenderung menurun pada periode tersebut sedangkan luas lahan terbangun meningkat. Pada tahun 2008 luas lahan semak mencapai 5630,05 ha sedangkan pada tahun 2012 menurun menjadi 5548,53 ha. Luas lahan tambak tahun 2008 sebesar 11874,84 ha menurun pada tahun 2012 menjadi 11899,04 ha. Selain itu luas lahan terbangun meningkat dari tahun 2008 sebesar 3604,796 ha menjadi 3720,296 ha pada tahun 2012.

4.1.4. Kondisi Perindustrian

Perindustrian di wilayah perkotaan Gresik tumbuh dengan pesat. Hal ini tidak bisa terlepas dari wilayah perkotaan Gresik yang merupakan wilayah penyangga Kota Surabaya sehingga mendapat limpahan kegiatan terutama kegiatan pada sektor industri. Kegiatan ini tumbuh dan berkembang di wilayah perkotaan Gresik dengan didukung oleh pelabuhan. Industri di perkotaan Gresik beragam jenisnya seperti industri semen, industri pupuk, industri pengolahan baja, industri kayu, industri kimia dasar dan lainnya.



Gambar 4. 14. Pertumbuhan Jumlah Industri Tahun 2008-2012

Sumber : BPS, Kecamatan Dalam Angka Tahun 2013

Jika melihat pada data jumlah industri pada tahun 2008 dan 2011 maka dapat diketahui pertumbuhan jumlah industri di perkotaan Gresik. Seperti nampak pada **Gambar 4.14** dapat diketahui bahwa terjadi penambahan industri yang cukup

signifikan terutama pada industri skala kecil. Pada tahun 2008 jumlah industri skala kecil mencapai 3.050 unit dan meningkat pada tahun 2011 menjadi 6.050 unit. Begitu juga dengan industri besar, pada tahun 2008 tercatat hanya 74 unit dan pada tahun 2011 bertambah menjadi 75 unit. Industri sedang pada tahun 2008 mencapai 105 unit dan meningkat pada tahun 2011 menjadi 136 unit.

Jenis industri yang dominan di Kabupaten Gresik berdasarkan data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Gresik dan Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik adalah Industri Kayu, Pupuk, Kimia dan Logam. Pertumbuhan jenis industri ini cukup signifikan. Selengkapnya dijelaskan sebagai berikut.

A. Industri Kimia

Industri kimia meliputi industri dengan produksi kimia dasar dan bahan-bahan kimia lainnya. Industri kimia di wilayah perkotaan mayoritas adalah industri petrokimia. Pertumbuhan industri kimia di perkotaan Gresik dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 11. Pertumbuhan Industri Kimia Di Wilayah Perkotaan Gresik

Tahun	Industri Kimia		Pertumbuhan Industri (%)
	Jumlah	Kapasitas Total (ton)	
Sampai 2006	17	1.901.900	0,00
2007	18	1.946.900	5,88
2008	18	1.946.900	0,00
2009	22	1.956.590	22,22
2010	23	2.756.590	4,55
2011	23	2.756.590	0,00
2012	26	2.776.790	13,04
2013	27	2.786.790	3,85
Rata-rata pertumbuhan			7,08

Sumber: Rekapitulasi Perijinan Industri Tahun 2003-2013, Badan Penanaman Modal Kab. Gresik dan survei dokumen website perusahaan-perusahaan.

B. Industri Logam

Industri logam meliputi industri pengolahan logam baik besi, tembaga dan baja. Pertumbuhan industri logam di wilayah perkotaan Gresik dapat dilihat pada **Tabel 4.12.**

Tabel 4. 12. Pertumbuhan Industri Logam Di Wilayah Perkotaan Gresik

Tahun	Industri Logam		Pertumbuhan Industri (%)
	Jumlah (unit)	Kapasitas (ton)	
Sampai 2006	23	3.636.738	76,92
2007	28	3.638.714	21,74
2008	28	3.638.714	0,00
2009	31	3.949.314	10,71
2010	35	4.164.314	12,90
2011	40	4.315.814	14,29
2012	42	5.208.214	5,00
2013	45	5.428.514	7,14
Rata-rata pertumbuhan			10,26

Sumber: Rekapitulasi Perijinan Industri Tahun 2003-2013, Badan Penanaman Modal Kab. Gresik dan survei dokumen website perusahaan-perusahaan.

C. Industri Pupuk

Industri pupuk meliputi industri penghasil pupuk alam dan juga sintesis non hara makro primer. Pertumbuhan industri pupuk di wilayah perkotaan Gresik dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4. 13. Pertumbuhan Industri Pupuk Di Wilayah Perkotaan Gresik

Tahun	Industri Pupuk		Pertumbuhan Industri (%)
	Jumlah	Kapasitas Total (ton)	
Sampai 2006	14	1.941.798	55,56
2007	17	1.944.638	21,43
2008	23	2.252.988	35,29
2009	29	2.277.888	26,09
2010	34	2.799.638	17,24
2011	36	2.861.138	5,88
2012	40	2.874.738	11,11
2013	42	2.882.738	5,00
Rata-rata pertumbuhan			17,43

Sumber: Rekapitulasi Perijinan Industri Tahun 2003-2013, Badan Penanaman Modal Kab. Gresik dan survei dokumen website perusahaan-perusahaan.

D. Industri Kayu

Industri Kayu meliputi industri penghasil industri yang di dalamnya terdapat proses *moulding, flooring, drykiln*. Pertumbuhan industri kayu di wilayah perkotaan Gresik dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4. 14. Pertumbuhan Industri Kayu Di Wilayah Perkotaan Gresik

Tahun	Industri Kayu		Pertumbuhan Industri (%)
	Jumlah (unit)	Kapasitas (m ³)	
Sampai 2006	53	752.788	10,42
2007	56	765.288	5,66
2008	58	834.488	3,57
2009	61	834.948	5,17
2010	65	880.448	6,56
2011	71	956.848	9,23
2012	81	1.055.068	14,08
2013	84	1.068.068	3,70
Rata-rata pertumbuhan			6,85

Sumber: Rekapitulasi Perijinan Industri Tahun 2003-2013, Badan Penanaman Modal Kab. Gresik dan survei dokumen website perusahaan-perusahaan.

4.1.5. Transportasi Perkotaan Gresik

Moda transportasi di wilayah perkotaan Gresik terdiri dari moda transportasi umum dan moda transportasi pribadi. Moda transportasi umum di wilayah perkotaan Gresik merupakan kendaraan angkutan umum (*lyn*) yang terdiri angkutan desa, angkutan kota, angkutan perbatasan dan angkutan taksi. Angkutan desa merupakan jenis angkutan yang melayani rute perdesaan dan menghubungkan setiap kecamatan di Kabupaten Gresik.

Angkutan kota merupakan angkutan yang melayani rute di sekitar Kecamatan Gresik, Kecamatan Kebomas dan Kecamatan Manyar. Angkutan perbatasan merupakan jenis angkutan yang melayani rute lintas kabupaten/kota seperti Gresik-Surabaya, Gresik-Sidoarjo, dan Gresik-Mojokerto. Sedangkan angkutan taksi merupakan jenis angkutan yang melayani segala rute. Jenis-jenis angkutan tersebut yang menghubungkan wilayah perkotaan Gresik dengan wilayah kecamatan, kabupaten dan kota lain di sekitar wilayah perkotaan Gresik.

Tabel 4. 15. Jumlah Angkutan Umum Di Wilayah Perkotaan Gresik

No.	Jurusan	Jumlah (Unit)
Angkutan Kota		
1	<i>Lyn</i> Merah	40
2	<i>Lyn</i> Biru	39
3	<i>Lyn</i> Kuning	31
4	<i>Lyn</i> Hijau	22
5	<i>Lyn</i> Putih	36
6	<i>Lyn</i> Hitam	24
7	<i>Lyn</i> Coklat	14
Angkutan Taksi		
1	Taksi Tiara	30
2	Taksi Lain	60
Angkutan Perbatasan		
1	Surabaya Petekan – Gresik Gubernur Suryo	164
2	Surabaya JMP – Gresik Bunder	102
3	Surabaya Benowo – Gresik Bunder	40

Sumber : Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik, 2013

Selain moda transportasi umum, di Kabupaten Gresik juga terdapat moda kendaraan pribadi dan angkutan barang. Kendaraan pribadi terdiri dari roda empat dan roda dua. Sedangkan angkutan barang merupakan angkutan yang terkait dengan kegiatan perindustrian dan pergudangan di wilayah perkotaan Gresik. Kendaraan angkutan barang sangat beragam jenisnya dari ukuran kecil seperti truk *box* dan *pick up* maupun jenis alat berat dan *trailer*. Jumlah kendaraan di wilayah perkotaan Gresik dapat diinventarisasi seperti pada **Tabel 4.16**.

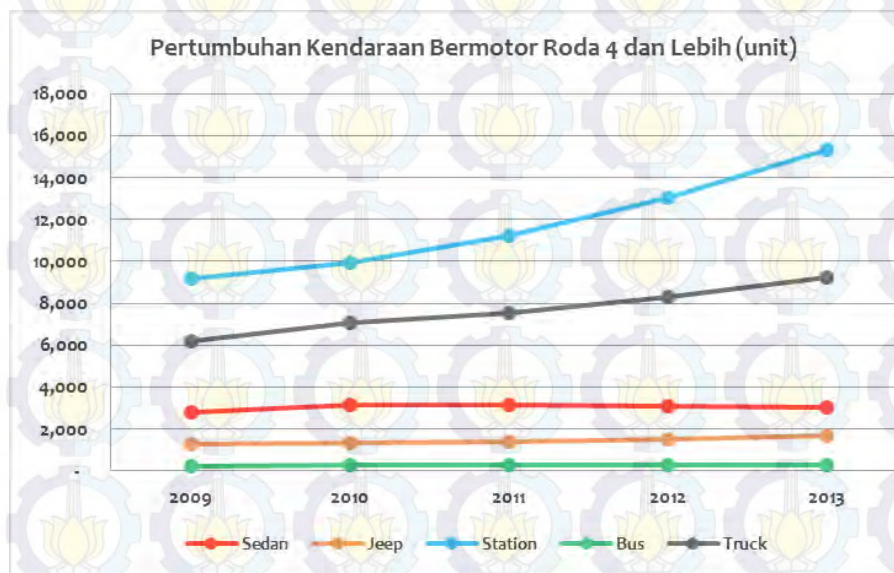
Pada tahun 2013, jenis kendaraan dengan jumlah tertinggi adalah kendaraan pribadi yang terdiri dari sepeda motor 434.639 unit dan kendaraan pribadi roda empat sebesar 6.861 unit. Kepemilikan kendaraan sepeda motor dengan jumlah tertinggi berada di Kecamatan Kebomas dengan 60.291 unit kendaraan. Sedangkan kepemilikan sepeda motor terendah berada di Kecamatan Tambak sebesar 4.644 unit kendaraan. Dengan semakin banyaknya kendaraan di kecamatan tersebut semakin besar pula konsumsi energi bahan bakar minyak (BBM) dan mengakibatkan produksi emisi gas CO₂ di wilayah tersebut semakin besar. Dengan demikian diperlukan lahan penyerap karbon seperti hutan yang besar pula.

Tabel 4. 16. Jumlah Kendaraan Pribadi Di Wilayah Perkotaan Gresik

Kecamatan	Sedan	Jeep	Minibus	Bus	Truk	Sepeda Motor
Duduksampeyan	75	39	471	16	456	17007
Kebomas	1231	630	5208	161	4107	60291
Gresik	815	377	3581	58	2045	42024
Manyar	920	458	3739	50	1815	49144

Sumber : Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur UPT Gresik, 2013

Jika dikelompokkan berdasarkan jenisnya seperti maka wilayah perkotaan Gresik didominasi oleh jenis kendaraan pribadi. Dapat terlihat pada **Gambar 4.15** bahwa pertumbuhan kendaraan pribadi khususnya sepeda motor dan roda 4 di wilayah perkotaan Gresik setiap tahunnya mengalami peningkatan. Untuk jenis kendaraan sedan, jeep, dan bus, tidak terjadi perubahan yang cukup signifikan. Jenis kendaraan bus cenderung konstan dan tidak mengalami perubahan. Sedangkan untuk mini bus, terjadi peningkatan kendaraan dari tahun 2009-2013, begitu pula dengan jumlah jenis kendaraan truk.

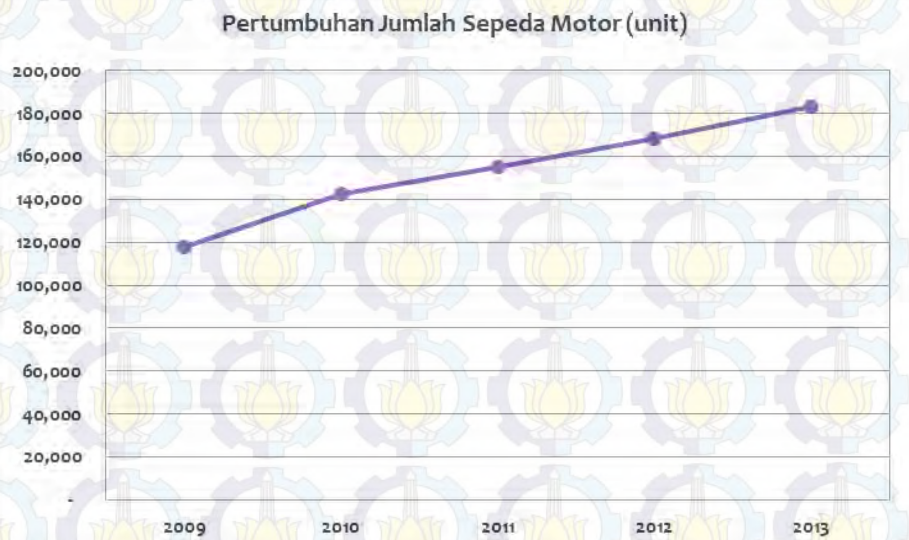


Gambar 4. 15. Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Roda 4 dan Lebih (unit)

Sumber : Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur UPT Gresik, 2013

Sedangkan penggunaan kendaraan pribadi berupa sepeda motor antara tahun 2009-2013 memiliki pertumbuhan yang paling tinggi dibanding dengan kendaraan

pribadi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penduduk di wilayah perkotaan Gresik memiliki preferensi untuk lebih memilih menggunakan kendaraan sepeda motor daripada menggunakan kendaraan roda 4. Untuk lebih jelasnya mengenai pertumbuhan jumlah sepeda motor di wilayah perkotaan Gresik dapat disajikan pada **Gambar 4.16**.



Gambar 4. 16 Grafik Pertumbuhan Sepeda Motor (unit)

Sumber : Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur UPT Gresik, 2013

Secara keseluruhan, jumlah kendaraan bermotor bertambah pesat dari tahun 2006 hingga 2013. Pertumbuhan yang paling tinggi terjadi pada pertumbuhan sepeda motor dengan tingkat pertumbuhan sebesar 0.12% per tahun. Pada tahun 2006 jumlah sepeda motor mencapai 84.238 unit dan meningkat sampai 183.375 pada tahun 2013. Selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.17** dan **Tabel 4.18**.

Tabel 4. 17. Jumlah Kendaraan Bermotor Di Wilayah Perkotaan Gresik (2006-2013)

Tahun	Sepeda Motor	Kendaraan Roda 4	Kendaraan Roda 4 Lebih
2006	84.238	9.708	5.220
2007	94.199	10.768	5.793
2008	105.337	11.943	6.428
2009	117.792	13.247	6.428
2010	142.626	14.419	7.393

Tahun	Sepeda Motor	Kendaraan Roda 4	Kendaraan Roda 4 Lebih
2011	155.194	15.776	7.987
2012	168.385	17.619	8.796
2013	183.375	20.036	9.736

Sumber : Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur UPT Kabupaten Gresik, Diambil dari dokumen statistik data obyek yang tidak, belum dan sudah penul 5 tahun per kecamatan Tahun 2006-2012.

Tabel 4. 18. Rata-rata Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Di Wilayah Perkotaan Gresik

Jenis	Rata-Rata Pertumbuhan (%)
Roda 4	0.11
Roda Lebih dari 4	0.11
Sepeda Motor	0.12

Sumber : Dinas Pendapatan Provinsi Jawa Timur UPT Kabupaten Gresik, Diambil dari dokumen statistik data obyek yang tidak, belum dan sudah penul 5 tahun per kecamatan Tahun 2006-2012 (diolah)

4.1.6. Konsumsi Energi Rumah Tangga Perkotaan Gresik

Konsumsi energi rumah tangga terdiri dari dua macam yaitu konsumsi energi memasak dan konsumsi energi listrik. Untuk mengetahui rata-rata konsumsi energi memasak di wilayah perkotaan Gresik dilakukan survei rumah tangga yang telah dijelaskan di bagian metode penelitian. Hasil survei energi rumah tangga tersebut disajikan pada **Tabel 4.19** dan **Lampiran E**. Hasil survei menunjukkan bahwa bahan bakar yang digunakan untuk memasak di wilayah perkotaan Gresik terdiri dari jenis LPG dan minyak tanah.

Berdasarkan hasil survei, rata-rata konsumsi untuk minyak tanah sebesar 630 liter/tahun/kk, sedangkan untuk penggunaan gas LPG sebesar 180,41 Kg/tahun/KK. Dari hasil survei ini terlihat bahwa masyarakat perkotaan Gresik banyak menggunakan bahan bakar LPG dan minyak tanah. Sedangkan untuk penggunaan kayu bakar tidak dijumpai di wilayah Perkotaan Gresik. Lebih jelasnya mengenai konsumsi energi rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 19 Jumlah Konsumsi Energi Rumah Tangga di Wilayah Perkotaan Gresik

Jenis Konsumsi	Jumlah	Satuan
Kayu Bakar	Tidak Ditemukan	
Minyak Tanah	630	Liter/Tahun/KK
Gas Elpiji	180.41	Kg/Tahun/KK

Sumber : Survei Primer, 2014

4.1.7. Timbulan Sampah dan Pembakaran Sampah Rumah Tangga

Timbulan sampah terutama sampah yang dibakar turut berkontribusi terhadap produksi emisi gas CO₂. Seperti data rata-rata penggunaan energi memasak, data mengenai produksi sampah diperoleh dari survei rumah tangga dengan menggunakan kuisioner pada 120 keluarga responden. Hasil survei menunjukkan bahwa jumlah timbunan sampah yang dibakar di wilayah perkotaan Gresik sangat kecil yaitu 7,734 ton/tahun atau sekitar 0,006% dari total produksi sampah keseluruhan. Namun jumlah keluarga yang masih membakar sampah cukup besar yaitu 19.1% atau sekitar 23 KK dari 120 KK yang di survei. Selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4. 20 Timbunan Sampah Rumah Tangga di Perkotaan Gresik

Kategori	Jumlah
Timbunan Sampah Total (Ton/Tahun)	130.962
Timbunan Sampah yang dibakar (Ton/Tahun)	7,734
Prosentase timbunan sampah yang di bakar	0,006 %
Rumah Tangga yang membakar sampah (KK)	23
Total Rumah Tangga Sampel (KK)	120
Prosentase Rumah Tangga yang membakar sampah	19,1%
Rata-rata timbunan sampah (Ton/Tahun/RT)	1,09135

Sumber: Survei Primer, 2014

4.1.8. Konsumsi Energi Transportasi Perkotaan Gresik

Konsumsi energi transportasi di wilayah perkotaan Gresik dibagi berdasarkan jenis kendaraan yaitu konsumsi BBM kendaraan sepeda motor, roda empat, dan roda empat lebih. Berdasarkan hasil survei, diperoleh hasil bahwa rata-rata

penggunaan BBM per unit kendaraan oleh kendaraan roda 4 lebih memiliki tingkat konsumsi tertinggi daripada jenis kendaraan lain seperti sepeda motor dan sepeda roda 4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4.21** berikut.

Tabel 4. 21 Jumlah Konsumsi Energi Transportasi di Perkotaan Gresik

Jenis Konsumsi	Jumlah	Satuan
BBM Sepeda Motor	501.14	Liter/Tahun/Unit
BBM Roda 4	2662.52	Liter/Tahun/Unit
BBM Roda 4 Lebih	3819.10	Liter/Tahun/Unit

Sumber : Survei Primer, 2014

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa konsumsi energi BBM untuk kendaraan roda 4 lebih sebesar 3.819 liter/tahun/unit sedangkan penggunaan BBM jenis kendaraan sepeda motor hanya 501.14 liter/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jenis kendaraan, maka akan semakin besar konsumsi energi BBM. Meskipun demikian jumlah kendaraan roda 4 lebih memiliki jumlah yang sedikit dibandingkan jenis kendaraan lainnya.

4.1.9. Konsumsi Energi Listrik Perkotaan Gresik

Selain konsumsi energi rumah tangga dan energi transportasi untuk mobilitas penduduk, wilayah perkotaan Gresik juga mengkonsumsi energi listrik yang dapat menghasilkan emisi gas CO₂ secara tidak langsung. Data konsumsi energi listrik di wilayah perkotaan Gresik diambil dari data rekapitulasi PT. PLN Kabupaten Gresik unit pelayanan area Giri.

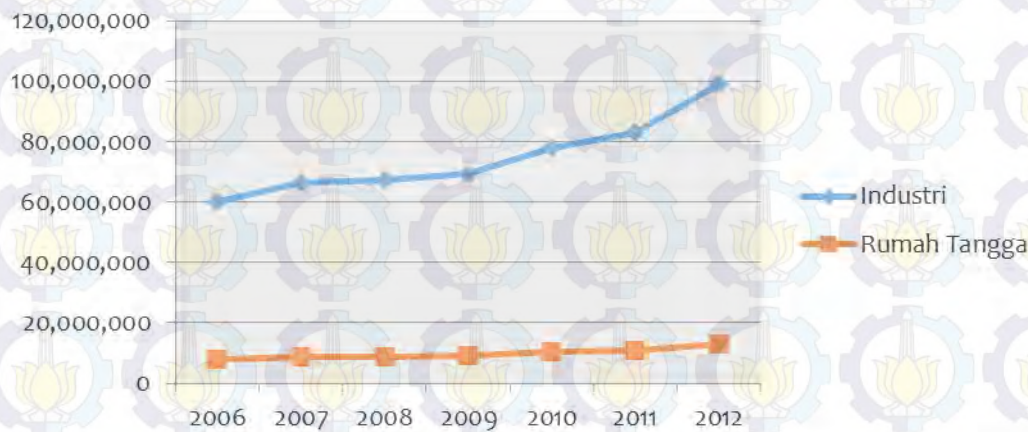
Penggunaan energi listrik di wilayah ini terdiri dari penggunaan listrik jenis kegiatan industri dan rumah tangga. Penggunaan energi listrik untuk industri lebih besar dibandingkan dengan penggunaan energi listrik untuk rumah tangga. Hal ini wajar akibat kondisi wilayah perkotaan Gresik yang memiliki kegiatan industri yang dominan. Selain itu, penggunaan energi listrik pada sektor industri yang besar akibat tingginya jumlah industri di wilayah ini. Pada tahun 2006 penggunaan energi listrik di wilayah perkotaan Gresik sebesar 60,053,934 kWh untuk kegiatan industri dan 7,924,098 kWh untuk kegiatan rumah tangga. Adapun data mengenai penggunaan energi listrik di Perkotaan Gresik disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 22 Penggunaan Listrik di Perkotaan Gresik

Tahun	Pemakaian Energi Listrik (kWh)		
	Industri	Rumah Tangga	Total
2006	60,053,934	7,924,098	72,064,096
2007	66,250,160	8,741,688	79,499,502
2008	67,253,247	8,874,045	80,703,196
2009	69,215,013	9,132,899	83,057,295
2010	77,649,253	10,245,795	93,178,295
2011	82,755,314	10,919,538	99,305,515
2012	98,898,083	13,049,571	118,676,670

Sumber : PLN Kab. Gresik UPJ Giri

Jika dilihat pada pertumbuhan penggunaan energi listrik seperti grafik pada **Gambar 4.17**, terlihat bahwa konsumsi untuk listrik pada masing-masing jenis kegiatan setiap tahunnya mengalami peningkatan. Peningkatan paling tinggi berada pada jenis kegiatan untuk industri. Penggunaan energi listrik industri memiliki peningkatan yang signifikan setiap tahunnya.



Gambar 4. 17 Grafik Perkembangan Konsumsi Energi Listrik di Perkotaan Gresik

Sumber : PLN Kab. Gresik UPJ Giri

4.2. Analisa dan Pembahasan

4.2.1. Identifikasi Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik Berdasarkan Pendekatan Telapak Ekologis

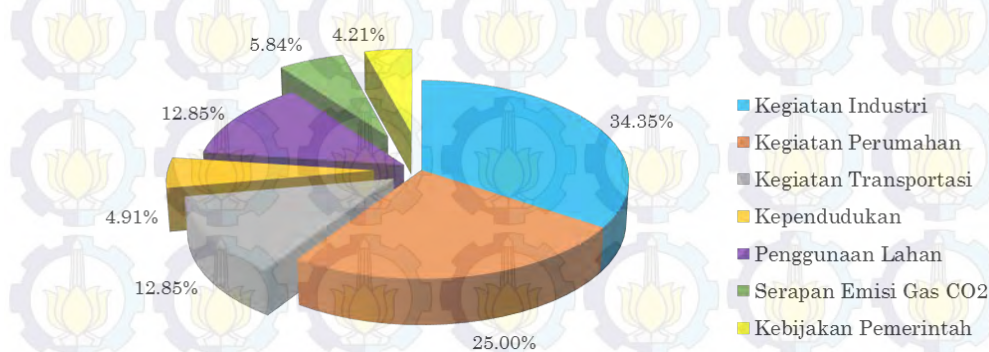
Identifikasi faktor keseimbangan emisi Gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik ini dilakukan dengan teknik wawancara mendalam kepada narasumber (*in depth interview stakeholders*). Faktor-faktor yang didapatkan dari kajian teori selanjutnya disusun dalam sebuah bentuk susunan hubungan sebab akibat masing-masing faktor. Pada saat dilakukan wawancara ke masing-masing narasumber, masing-masing faktor didiskusikan dengan stakeholder mengenai persepsi narasumber pada faktor dalam kaitannya dengan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Faktor-faktor yang diperoleh melalui tinjauan literatur atau teori dapat dikonfirmasi dan digali berdasarkan pendapat para narasumber sehingga memungkinkan terdapat variabel yang dikurangi karena tidak terkonfirmasi oleh atau muncul faktor baru yang dikemukakan oleh narasumber. Setelah Gambaran hubungan masing-masing faktor tersebut ditunjukkan untuk membantu mengkonstruksikan masing-masing faktor yang telah didiskusikan sebelumnya.

Berdasarkan hasil wawancara narasumber (*stakeholders*) dapat digunakan untuk mengkonfirmasi faktor-faktor yang diperoleh dari kajian pustaka. Teks wawancara yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan analisis konten (*content analysis*). Setiap kalimat teks wawancara ditandai dengan kode “TA.X” yang menandakan isi kalimat wawancara yang mengarah pada pembahasan faktor-faktor tertentu. Kode “TA” merupakan transkrip teks wawancara narasumber ke-A sedangkan “.X” menunjukkan nomor kalimat pada transkrip wawancara. Hasil rekapitulasi transkrip wawancara keseluruhan dapat dilihat pada **Lampiran F**. Selain itu, **Lampiran G** juga menunjukkan sintesa dari hasil analisis konten terhadap teks wawancara para narasumber mengenai faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik berdasarkan pendekatan telapak ekologis.

Gambar 4.18 merupakan hasil kodifikasi teks wawancara narasumber yang telah dihimpun. Dari gambar tersebut dapat diketahui intensitas pembahasan narasumber dalam membahas faktor-faktor pada setiap kelompok indikator. Prosentase pembahasan merupakan intensitas pembahasan oleh narasumber terhadap suatu faktor. Intensitas

pembahasan yang tinggi menunjukkan bahwa faktor tersebut merupakan faktor penting pada wilayah penelitian.



Gambar 4. 18 Perbandingan Prosentase Pembahasan Indikator Oleh Narasumber

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Hasil analisis menunjukkan bahwa kegiatan industri menjadi fokus utama ketika didiskusikan dengan narasumber. Pembahasan kegiatan industri banyak direspon dan dibahas dengan prosentase sebesar 34.35%. Kelompok faktor yang berikutnya banyak dibahas adalah faktor kegiatan perumahan dengan prosentase pembahasan sebesar 25%. Indikator kegiatan transportasi dan penggunaan lahan dengan prosentase sebesar 12.85%. Pembahasan narasumber ini tidak terlepas dari perkembangan wilayah perkotaan Gresik yang didominasi oleh kegiatan industri sehingga kegiatan industri banyak dibahas oleh para narasumber.

Faktor hasil kajian teori tidak semua dikonfirmasi oleh narasumber. Beberapa faktor tidak terkonfirmasi namun terdapat faktor yang baru dari hasil wawancara narasumber. Faktor yang terkonfirmasi dan tidak terkonfirmasi, dapat disajikan pada pembahasan masing-masing indikator dibawah ini.

A. Indikator Kegiatan Industri

Industri di wilayah perkotaan Gresik sangat besar dan beragam sehingga menurut narasumber merupakan faktor yang berpengaruh terhadap emisi gas CO₂ secara keseluruhan. Hal ini tidak terlepas dari adanya industri besar seperti

petrokimia dan kawasan industri lain yang menggumpal di wilayah perkotaan Gresik.

Kondisi tersebut menjadikan total produksi emisi gas CO₂ dari sektor industri memiliki potensi yang besar dan dominan dalam produksi emisi CO₂ secara keseluruhan di wilayah perkotaan Gresik. Seperti pada kutipan hasil wawancara berikut ini.

“Sejauh ini sektor industri memang menghasilkan emisi yang tinggi, sehingga menurut saya ya itulah yang paling dominan menghasilkan emisi. Itu yang paling besar”(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

“(Emisinya tinggi) Karena sebagian di Gresik itu ada petro ya dan dimana ada kawasan industri di Gresik itu sebagian masuk Gresik sebagian masuk Kebomas”(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

Perkembangan industri yang begitu tinggi menjadikan kegiatan industri di perkotaan Gresik lebih dominan daripada kegiatan yang lainnya. Pada kelompok indikator kegiatan industri ini terdapat beberapa faktor yang dibahas seperti pada **Tabel 4.23**. Pada tabel tersebut ditunjukkan bahwa faktor bahan bakar dan jenis industri lebih dominan dibahas oleh narasumber dengan *nodes* pembahasan sebesar 63 dan 46 kali. Hal ini tidak terlepas dari jenis kegiatan industri yang dominan di perkotaan Gresik adalah jenis-jenis industri polutif skala besar.

Tabel 4. 23 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kegiatan Industri

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Total produksi emisi gas CO ₂ sektor industri	T1.114, T2.2, T2.7, T3.6, T3.7, T3.10, T3.83, T4.132, T5.3, T5.17, T5.18, T5.19, T5.119, T5.120.	14	Terkonfirmasi
Jumlah industri	T1.35, T1.77, T2.2, T2.3, T3.87, T5.16, T5.31, T5.45	8	Terkonfirmasi
Jenis industri	T3.18, T3.19, T3.20, T3.25, T3.36, T3.38,	10	Terkonfirmasi

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
	T3.87, T3.93, T3.95, T4.10.		
Jenis industri semen	T1.86, T1.87, T1.88, T3.44, T3.109.	5	Baru namun kondisi dilapangan menunjukkan bahwa industri semen sudah tidak memproduksi semen dan sekedar pengantongan.
Jenis industri pupuk	T2.2, T2.20, T3.44, T4.20,	4	Baru
Jenis industri logam	T1.40, T1.51, T1.59, T1.67, T1.78, T2.22, T3.113, T4.11, T4.14, T4.18, T4.19	11	Baru
Jenis industri kimia	T3.26, T3.27, T3.96, T3.113, T4.11, T4.15, T4.18, T4.19	8	Baru
Jenis industri kertas	T1.48, T1.67, T4.13,	3	Baru namun diabaikan karena bukan industri dominan
Jenis industri kayu	T1.56, T1.59, T1.60, T1.62, T1.84,	5	Baru
Kapasitas produksi	T3.49, T3.87, T3.97, T3.107, T3.108, T3.109, T3.110, T3.111, T3.114, T3.130, T4.16, T4.27, T4.28, T4.29, T4.30, T5.53,	16	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan BBM industri	T1.36, T1.54, T1.55, T2.25, T3.8, T3.9, T3.13, T3.14, T3.48, T3.78, T3.79, T3.87, T3.97, T3.104, T3.106, T3.129, T4.3, T4.4, T4.9, T4.17, T4.21, T4.23	22	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan gas industri	T1.38, T1.44, T1.80, T1.83, T2.22, T3.14, T4.7, T4.9, T4.23	9	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan listrik industri	T1.38, T1.64, T1.65, T1.68, T1.85, T2.25, T3.33, T3.87	8	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan batu bara industri	T1.38, T1.39, T1.41, T1.42, T1.46, T1.50, T1.51, T1.57, T1.85,	18	Baru

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
	T2.20, T2.21, T2.22, T2.24, T3.9, T3.14, T3.48, T4.9, T4.23		
Jumlah penggunaan kayu bakar industri	T1.57, T1.58, T3.14, T4.6, T4.9, T4.23,	6	Baru

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Berdasarkan IPCC (2007) diketahui bahwa beberapa jenis industri yang berpotensi menghasilkan emisi gas CO₂ dari proses pengolahan bahan baku antara lain : industri semen, industri logam, industri pupuk dan industri kimia. Seperti pernyataan narasumber berikut ini.

“IPCC ini memperkirakan jenis-jenis industri itu kan bagaimana dia itu diperkirakan emisi dari proses produksinya”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Pada pembahasan oleh narasumber banyak disebutkan jenis-jenis industri yang menghasilkan emisi secara langsung dari pengolahan bahan baku dan merupakan industri dominan di wilayah perkotaan Gresik. Pembahasan industri semen, logam, pupuk, kimia, dan kayu memiliki prosentase pembahasan sebesar 1.18%, 0.95%, 2.61%, 1.9%, dan 1.18%. Industri kayu memang tidak memiliki karakteristik produksi emisi gas CO₂ dari pengolahan bahan baku. Namun jumlah industri ini banyak dan tumbuh dengan pesat di wilayah perkotaan Gresik sehingga termasuk industri dominan dan menggunakan bahan bakar yang besar. Oleh karena itu jenis industri ini tidak diabaikan dalam permodelan sistem.

“Itu biasanya pakai kayu yang pakai boiler. Mungkin bisa saya sebutkan begini mas, yang potensi (besar) itu industri baja, industri kayu”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Wilayah perkotaan gresik sangat dikenal dengan industri semen gresiknya. Brand produk semen tersebut sudah dikenal sebagai salah satu produk semen bermutu tinggi. Berdasarkan IPCC (2007) produksi semen dapat menghasilkan emisi gas CO₂ secara langsung akibat proses kalsinasi, pengolahan bahan baku batuan kapur. Proses produksi yang menghasilkan emisi gas CO₂ adalah kiln dan

pengolahan bahan mentah masing-masing memberikan kontribusi sebesar 36.8% dan 46.3% dari total emisi produksi semen (GIZ dan BKF-Kemenkeu, 2012). Hal ini juga seperti yang diungkapkan oleh narasumber ahli lingkungan.

“Jadi misalnya industri kapur, industri semen, kan dia tetap dia bakar dari proses produksinya ini keluar CO₂”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Industri semen memang identik dengan wilayah perkotaan Gresik dengan adanya PT. Semen Gresik Persero. Namun sejak tambang kapur sebagai bahan baku di wilayah perkotaan Gresik sudah dihentikan maka pabrik produksi dipindahkan ke Tuban. Seperti yang diungkapkan oleh narasumber dari Badan Lingkungan Hidup dan Dinas Perindustrian kabupaten Gresik.

“Di Gresik ini sudah tidak lagi produksi semen mas. Sudah pindah ke Tuban semua”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Ini semen di gresik ini uda nggak ada. Ada tapi cuma kecil sekali”(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

Pernyataan narasumber dari BLH dan Dinas Perindustrian Kabupaten Gresik pada awalnya mengungkapkan bahwa produksi semen sudah tidak dilakukan di wilayah Gresik. Namun narasumber dari BLH selanjutnya mengungkapkan bahwa bukan tidak ada namun sedikit diproduksi di wilayah Gresik. Meskipun demikian bahwa berdasarkan data Dinas Perijinan dan Penanaman Modal Kabupaten Gresik, PT. Semen Gresik Tbk sudah tidak memproduksi pengolahan bahan baku namun hanya sekedar pengantongan seperti yang diungkapkan oleh narasumber dari dinas perindustrian Kabupaten Gresik.

“Disini cuma sekedar packing. Nantinya mau jadi museum semen dan sekolah tinggi yang di Gresik”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Pernyataan tersebut juga terkonfirmasi oleh data sekunder pada badan penanaman modal dan perijinan Kabupaten Gresik. Dalam daftar perijinan industri,

PT. Semen Gresik di Kecamatan Gresik beroperasi pada unit pengantongan saja. Dengan demikian jenis industri semen dalam penelitian ini tidak masuk dalam faktor penghasil emisi gas CO₂ dari kegiatan industri.

Dengan demikian pada indikator kegiatan industri faktor yang berpengaruh terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik adalah produksi emisi gas CO₂, jumlah industri, jenis industri logam, pupuk, kimia dan kayu, kapasitas produksi, dan jumlah penggunaan energi listrik, BBM, gas, batu bara dan kayu bakar.

B. Indikator Kegiatan Permukiman Penghasil Emisi Gas CO₂

Sektor permukiman menurut narasumber yang diwawancarai berpengaruh kecil namun kebutuhannya yang semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk terkait unit berdampak pada penggunaan energi rumah yang lebih besar dalam menghasilkan emisi CO₂. Selain penggunaan bahan bakar peningkatan jumlah rumah tangga dapat meningkatkan penggunaan energi listrik.

“Permukiman memang kecil namun pertumbuhan penduduk otomatis ya penggunaan bahan bakar, energi tadi bertambah”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

“Kemudian (sektor perumahan faktor yang berpengaruh) jenis penggunaan LPG, minyak tanah, kayu bakar, penggunaan listrik dan sampah (dibakar) tergantung nanti”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Kegiatan permukiman memiliki *nodes* pembahasan mencapai 107 kali. Narasumber banyak membahas pada faktor penggunaan energi seperti pada kegiatan industri dengan *nodes* pembahasan sebesar 58 kali. Hasil konten analisis pada **Tabel 4.24** juga menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor baru pada kegiatan perumahan yaitu faktor pembuangan limbah dan penggunaan energi gas. Beberapa narasumber menyebutkan bahwa di perkotaan Gresik sudah disediakan jaringan gas untuk rumah tangga meskipun pelayanannya masih minim.

**Tabel 4. 24 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator
Kegiatan Perumahan**

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Total produksi emisi gas CO ₂ sektor perumahan	T1.114, T3.83, T4.132, T5.97, T5.118, T5.119, T5.120,	7	Terkonfirmasi
Jumlah unit rumah	T1.99	1	Tidak Terkonfirmasi
Jumlah rumah tangga	T3.231, T4.35, T4.37, T4.38, T4.43, T4.127, T4.129, T4.143, T4.146,	9	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan LPG rumah tangga	T1.93, T1.100, T2.10, T2.31, T2.34, T3.52, T3.53, T3.55, T3.60, T3.77, T3.88, T3.120, T3.125, T4.36, T4.37, T4.41, T4.52, T4.144, T4.145, T5.98,	20	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan minyak tanah rumah tangga	T1.93, T1.94, T1.100, T2.11, T2.15, T2.16, T2.19, T2.30, T3.60, T3.77, T3.88, T3.120, T3.125, T4.35, T4.37, T4.38, T4.40, T4.41, T4.42, T4.52, T5.101,	22	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan kayu bakar rumah tangga	T3.88, T5.99, T5.100,	3	Terkonfirmasi oleh narasumber namun berdasarkan data sekunder dan survei primer tidak ditemukan rumah tangga pengguna kayu bakar
Jumlah pemakaian energi listrik rumah tangga	T1.97, T1.98, T1.100, T3.61, T3.78, T3.88, T4.33,	7	Terkonfirmasi
Septictank / limbah padat	T3.56, T3.58, T3.70, T3.71, T3.72, T3.74, T3.75, T3.76	8	Baru namun diabaikan karena bagian dari proses biologis yang sangat kecil menghasilkan emisi gas CO ₂
Timbunan sampah	T3.67, T3.69, T3.70, T3.73, T3.74, T3.75, T3.76	7	
Jumlah sampah rumah tangga yang dibakar	T3.68, T3.88, T3.89, T3.90, T4.44, T4.45, T4.47, T4.48, T4.49, T4.50, T4.56,	11	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan gas alam	T1.93, T1.96, T1.100, T2.31, T2.32, T3.127	6	Baru namun diabaikan karena hanya melayani sedikit wilayah perumahan dan

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Pembakaran semak	T1.104, T1.105, T1.125, T2.58, T2.59, T2.60,	6	memiliki faktor emisi yang kecil. Baru namun diabaikan karena bersifat situasional / tidak dapat diperkirakan intensitasnya.

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Pada faktor jumlah unit rumah, para narasumber tidak mengkonfirmasi sebagai faktor yang mempengaruhi emisi gas CO₂. Narasumber berkeyakinan bahwa pertumbuhan rumah tangga yang berperan dalam meningkatkan konsumsi energi perumahan. Dengan demikian jumlah unit rumah bukan merupakan faktor penghasil emisi gas CO₂. Seperti pada pernyataan di bawah ini.

“Jadi kalau penduduk semakin banyak kan kebutuhan rumah tangga, (lahan) permukiman kan besar. Jadi kalau berbicara rumah tangga nanti ada emisinya”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Selain itu pada pembahasan faktor penggunaan kayu bakar memang terkonfirmasi oleh beberapa narasumber. Penggunaan kayu bakar memang berpotensi menghasilkan emisi gas CO₂ sangat tinggi daripada bahan bakar memasak lainnya. Namun berdasarkan informasi narasumber lainnya bahwa perkotaan Gresik bisa dikatakan sudah tidak ada yang menggunakan kayu bakar. Setelah adanya kebijakan pemerintah konversi minyak ke LPG maka kayu bakar di wilayah perkotaan Gresik diyakini sudah ditinggalkan. Selain itu hasil survei rumah tangga yang dilakukan juga tidak menemukan rumah tangga pengguna kayu bakar. Dengan demikian faktor ini diabaikan dalam penelitian.

“Kalo perkotaan semua sudah LPG. Dari segi ekonomi lebih murah dari pada kayu bakar. Sekarang juga mau cari kayu bakar kemana di kota, kalau di desa masih memungkinkan”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Selain itu terdapat faktor baru produksi emisi gas CO₂ akibat timbunan sampah dan limbah padat rumah tangga. Menurut ahli lingkungan kedua faktor ini

memang berpengaruh namun menghasilkan emisi yang sangat kecil dari proses fermentasi oleh mikroba yang ada didalam sampah tersebut. Dengan demikian emisi dari kedua faktor ini dapat diabaikan.

“Bukan hanya dibakar (sampah). Bisa dibakar, ketika ditumpuk aja itu kan keluar gas metan sama CO₂. ...Kalau kita bicara emisi CO₂, emisi CO₂ itu juga termasuk aktivitas biologi, misal septitank itu. Septictank itu kan ada proses aerobik. Sampah ada proses fermentasi. Nah karena proses fermentasi yang dikeluarkan oleh mikroorganismenya itu proses biologi maka tidak dianggap sebagai emisi”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Dengan demikian faktor yang berpengaruh terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik pada indikator kegiatan perumahan adalah produksi emisi gas CO₂ perumahan, jumlah rumah tangga, jumlah penggunaan energi listrik, minyak tanah, LPG, dan pembakaran sampah.

C. Indikator Kegiatan Transportasi

Transportasi seperti pada penjelasan teori merupakan sumber emisi bergerak. Dengan demikian kendaraan bermotor menjadi sumber utama dalam emisi kegiatan transportasi. Hal ini dikarenakan kondisi di wilayah perkotaan Gresik yang merupakan kawasan industri sehingga banyak dijumpai kendaraan industri dan kendaraan roda dua sebagai transportasi pekerja di wilayah tersebut seperti pada kutipan teks wawancara berikut ini.

“Karena ada statement seperti ini, seorang buruh dari pada harus keluar uang untuk naik angkot bolak balik, lebih baik dia membeli motor apalagi dengan uang muka yang kecil . Itu mempengaruhi. Akibatnya transportasi di penuhi oleh roda 2”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB). “.

“Semakin meningkat jumlah industri volume kendaraan juga semakin tinggi, lha itu juga pengaruh”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Tidak jauh berbeda dengan sepeda motor, kendaraan roda 4 juga banyak didominasi oleh kendaraan pribadi. Emisi gas CO₂ dari sektor transportasi

dipengaruhi oleh jenis kendaraan. Oleh karena itu jumlah kendaraan roda 4 juga berpengaruh, seperti yang diungkapkan oleh narasumber.

“Nah kalo transport nanti, selain bahan bakar tadi termasuk juga jenis kendaraan. Kendaraan roda 4, truk, beda dengan kendaraan roda 4 taksi beda dengan kendaraan roda 4 pribadi”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Sama seperti jumlah kendaraan sepeda motor, emisi dari kendaraan roda 4 turut dipengaruhi oleh konsumsi rumah tangga dalam melakukan pergerakan.

“(emisi perumahan) Biasanya di pembakaran masak atau di pembakaran sampah. Kalau rumah tangga yang memiliki ternak itu bisa, tapi bukan penghasil CO₂. Atau mungkin bisa mobile gitu ya kepemilikan kendaraan”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Seperti pada **Tabel 4.25**, pembahasan faktor jumlah kendaraan bermotor oleh narasumber sebesar 37 kali. Narasumber banyak membahas mengenai jumlah kendaraan roda dua dan kendaraan roda lebih dari 4 dengan *nodes* pembahasan masing-masing sebesar 15 dan 12 kali.

Tabel 4. 25 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kegiatan Transportasi

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Total produksi emisi gas CO ₂ sektor transportasi	T1.75, T2.12, T3.81, T3.82, T3.83, T4.59, T4.60, T5.136,	8	Terkonfirmasi
Jumlah kendaraan sepeda motor	T1.109, T1.111, T2.80, T3.91, T3.98, T3.100, T4.58, T4.73, T4.74, T5.128, T5.129, T5.130, T5.132, T5.133, T5.161,	15	Terkonfirmasi
Jumlah kendaraan Roda 4	T1.111, T2.80, T3.91, T4.58, T4.68, T4.73, T4.74, T5.137, T5.138, T5.161,	10	Terkonfirmasi

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Jumlah kendaraan roda > 4	T1.74, T1.77, T1.78, T1.79, T1.110, T1.111, T1.112, T3.91, T3.92, T4.68, T4.73, T4.74	12	Terkonfirmasi
Pertumbuhan jumlah kendaraan	T2.35, T2.36	2	Terkonfirmasi
Jumlah penggunaan BBM kendaraan	T2.14, T2.86, T3.82, T3.103, T3.104, T3.106, T3.124, T3.128,	8	Terkonfirmasi

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Selain itu, jumlah kendaraan lebih dari 4 di perkotaan Gresik juga terkonfirmasi oleh stakeholder sebagai sumber emisi dominan selain sepeda motor. Jenis kendaraan ini diyakini menghasilkan emisi gas CO₂ yang besar karena penggunaan bahan bakar yang relatif lebih besar daripada kendaraan lainnya.

“Semakin meningkat jumlah industri volume kendaraan juga semakin tinggi, lha itu juga pengaruh. Iya, jenis truk, bus gitu kan penggunaan BBMnya lebih besar daripada cuma sepeda motor atau mobil. Terlebih kendaraan industri yang intensitasnya semakin besar”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Dengan demikian faktor yang berpengaruh terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik dari kegiatan transportasi adalah produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi, jumlah kendaraan sepeda motor, jumlah kendaraan roda 4, jumlah kendaraan roda 4 lebih, pertumbuhan jumlah kendaraan dan jumlah penggunaan BBM.

D. Indikator Kependudukan

Pembahasan pada indikator kependudukan memang minim dibahas oleh para narasumber. Pembahasan indikator kegiatan industri, perumahan dan transportasi lebih menarik bagi para narasumber untuk dibahas. Meskipun demikian penduduk terkonfirmasi menjadi faktor penting oleh narasumber. Seperti pada pernyataan berikut ini.

“Pada aspek perumahan itu di Gresik kota ini tidak banyak jumlahnya jika dibandingkan dengan industri. Maksudnya kan kecil. Tapi bisa saja menjadi semakin besar seiring pertumbuhan penduduk. Kalau bicara mengenai perumahan pastinya tidak terlepas dari energi seperti memasak. LPG, minyak tanah, gas alam”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Pada sektor perumahan pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi rumah tangga yang berakibat pada meningkatnya konsumsi energi memasak. Seperti pada **Tabel 4.26**, para narasumber lebih banyak membahas faktor pertumbuhan penduduk itu sendiri tanpa mengupas komponen pertumbuhan penduduk seperti angka kelahiran, kematian, migrasi.

Tabel 4. 26 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kependudukan

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Jumlah penduduk	T5.109, T5.110, T5.111, T5.112, T5.117, T5.122, T5.124, T5.130, T5.131, T5.134, T5.135.	11	Terkonfirmasi
Pertumbuhan penduduk	T1.92, T1.99, T2.62, T3.230, T3.231, T4.140, T4.147, T4.148.	8	Baru
Angka migrasi	T5.108.	1	Tidak Terkonfirmasi
Angka emigrasi	-	0	Tidak Terkonfirmasi
Angka mortalitas	-	0	Tidak Terkonfirmasi
Angka kelahiran	T5.121	1	Tidak Terkonfirmasi

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Meskipun komponen faktor pertumbuhan penduduk tidak terkonfirmasi namun beberapa narasumber menyatakan bahwa meskipun kecil mempengaruhi, pertumbuhan penduduk juga dipengaruhi oleh angka migrasi disamping kelahiran bayi. Wilayah perkotaan Gresik yang banyak tumbuh industri memicu pertumbuhan penduduk akibat perpindahan penduduk dari luar. Pernyataan ini hanya diungkapkan oleh satu narasumber. Dengan demikian faktor yang terkonfirmasi pada indikator ini adalah jumlah penduduk dan pertumbuhan penduduk.

E. Indikator Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO₂

Pembahasan pada kedua ini digabungkan karena terkait satu sama lain. Serapan emisi gas CO₂ yang terkait dengan tutupan lahan menjadikan pembahasan oleh narasumber dibahas langsung dengan penggunaan lahan. Indikator penggunaan lahan sering disebutkan oleh para narasumber. Salah satu jenis penggunaan lahan yang terkonfirmasi mempengaruhi adalah ruang terbuka hijau (RTH). Lahan RTH memiliki kemampuan untuk menyerap emisi CO₂ karena vegetasi yang ada di atasnya. Jenis vegetasi tersebut mempengaruhi kemampuan daya resor gas CO₂ oleh tumbuhan. Seperti pada kutipan teks wawancara berikut ini.

“Industri yang mau ijin harus menyediakan RTH sesuai ketentuan itu. RTH kan untuk menyerap emisi CO₂ nya. Jadi pemerintah ini sudah berusaha menyediakan RTH (melalui) itu“(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

“Jadi maunya nanti juga terkait penyerapan emisi yang keluar. itu erat kaitannya dengan jenis tanaman. Dan penyerap itu juga bergantung dengan jenis tanaman. Jadi memang dibagi berdasarkan jenisnya, pohon, semak perdu begitu“(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Pada **Tabel 4.27**, ketersediaan lahan RTH memiliki *nodes* pembahasan sebesar 27 kali. Selain itu pada indikator serapan emisi gas CO₂ yang terkait lahan RTH seperti faktor jenis tutupan vegetasi memiliki *nodes* pembahasan sebesar 22 kali

Tabel 4. 27 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO₂

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Indikator Penggunaan Lahan			
Luas lahan sawah	-	0	Tidak Terkonfirmasi
Luas lahan tambak	-	0	Tidak Terkonfirmasi
Luas lahan ruang terbuka hijau (RTH)	T1.117, T1.119, T1.120, T1.129, T2.43, T2.54, T2.56, T2.57, T2.70,	27	Terkonfirmasi

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
	T3.177, T3.212, T3.214, T3.215, T3.217, T4.98, T4.114, T4.115, T4.118, T4.121, T4.122, T5.86, T5.87, T5.90, T5.91, T5.171, T5.173, T5.174.		
Luas lahan terbangun	T1.113, T1.121, T2.40, T2.42, T2.46, T3.155, T3.231, T4.121, T4.122, T5.6, T5.9, T5.10, T5.21, T5.90, T5.112, T5.124.	16	Terkonfirmasi
Luas wilayah	T2.67, T3.212, T5.71, T5.77, T5.90,	5	Terkonfirmasi
Perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun	T1.121, T2.40, T2.42, T2.46, T3.155, T5.77, T5.87,	7	Terkonfirmasi
Indikator Serapan Emisi Gas CO₂			
Jenis tutupan vegetasi	T1.123, T1.127, T3.144, T3.145, T3.159, T3.160, T3.161, T3.162, T3.163, T3.164, T3.165, T3.168, T3.171, T3.187, T4.112, T4.116, T4.117, T4.133, T4.134, T4.136, T5.175, T5.176,	22	Terkonfirmasi
Daya serap CO ₂ rata-rata ruang terbuka	T3.166, T3.169, T3.171,	3	Terkonfirmasi

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Peningkatan kebutuhan lahan terbangun terbatas pada ketersediaan lahan di wilayah perkotaan Gresik. Para narasumber juga menekankan pada pembahasan pengaruh luas wilayah perkotaan sebagai ketersediaan lahan yang dapat dikembangkan. Hal tersebut yang melatarbelakangi alih fungsi lahan hijau menjadi lahan terbangun. Seperti pada **Tabel 4.26**, faktor luas wilayah perkotaan Gresik dan perubahan penggunaan lahan terbahas 13 kali. Dengan berubahnya lahan hijau

menjadi lahan terbangun berarti kemampuan lingkungan dalam mereduksi emisi CO₂ semakin berkurang seperti pernyataan narasumber berikut.

“Tapi kebanyakan karena Gresik ini kadang-kadang antara luasan dengan kebutuhan tanahnya nggak sesuai, akhirnya banyak lahan kosong itu terbangun”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

“...lahan itu habis, tapi industri itu terus berkembang, karena investor banyak yang minat”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Dari pembahasan analisis konten pada indikator penggunaan lahan dan serapan emisi gas CO₂ dapat disimpulkan faktor keseimbangan emisi gas CO₂. Pada indikator penggunaan lahan faktor yang berpengaruh adalah luas lahan RTH, luas lahan terbangun, luas wilayah perkotaan Gresik dan perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun. Pada indikator serapan alami gas CO₂ faktor yang berpengaruh adalah jenis tutupan vegetasi dan daya serap CO₂ rata-rata ruang terbuka hijau.

F. Indikator Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah merupakan kelompok faktor yang terkait dengan tindakan mitigasi terhadap pertumbuhan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Kebijakan mengenai konversi energi dan pembatasan kendaraan pribadi terkonfirmasi oleh narasumber.

“Kan kalo kendaraan jumlahnya kendaraan pribadi dikurangi, kan bebannya bisa berkurang, tapi kembali lagi (tergantung pemerintah)”(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

“Mungkin minyak tanah sudah ndak ada lagi mas. Sejak konversi minyak tanah ke gas LPG”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Beberapa kebijakan yang terkonfirmasi dibahas oleh narasumber seperti pada **Tabel 4.28.** Faktor pengawasan terhadap ketentuan RTH menjadi fokus utama

narasumber dalam mengemukakan faktor keseimbangan lingkungan ini. Faktor tersebut dibahas 12 kali sedangkan faktor lainnya hanya dibahas 2 kali.

Tabel 4. 28 Prosentase Pembahasan Faktor-Faktor Pada Indikator Kebijakan Pemerintah

Faktor	Koding	Nodes	Keterangan
Kebijakan pemerintah mengurangi emisi gas CO ₂	T1.130, T2.48.	2	Terkonfirmasi
Pengawasan ketentuan RTH	T2.41, T2.45, T2.46, T2.49, T2.50, T2.51, T2.52, T2.53, T2.65, T2.71, T2.75, T2.78,	12	Baru
Kebijakan pembatasan kendaraan pribadi	T1.132, T2.80.	2	Terkonfirmasi
Konversi minyak tanah ke LPG	T1.95, T1.102.	2	Terkonfirmasi

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Faktor ini diyakini meningkatkan ketersediaan RTH dikarenakan kewajiban penyediaan RTH pada setiap pembangunan bangunan /gedung. Peningkatan RTH tersebut sebenarnya dapat dilakukan melalui mekanisme penerbitan ijin.

“Jadi gini orang indonesia ini kan jadi kalo nggak ada pengawasan nanti kan jadi formalitas itu kan. Buktinya itu itu kan milik RTH dia, masjid, perusahaan itu kan untuk industri kan 60 40, 60 terbangun 40 terbuka, tapi kan prakteknya nggak gitu, karena tanahnya nggak memungkinkan, yang untuk pengembangan kan hampir semuanya kan terbangun“(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa pada indikator kebijakan pemerintah faktor yang terkonfirmasi antara lain : kebijakan pemerintah mengurangi emisi gas CO₂, kebijakan pembatasan kendaraan pribadi, konversi minyak tanah ke LPG, dan pengawasan RTH.

Penjelasan mengenai faktor-faktor yang dikemukakan oleh para narasumber pada saat wawancara mendalam (*in depth interview*) terdapat faktor yang terkonfirmasi dan faktor baru. Faktor yang terkonfirmasi merupakan faktor yang diperoleh dari kajian pustaka dan terkonfirmasi oleh narasumber sedangkan faktor baru merupakan faktor yang muncul dari hasil wawancara para narasumber. Faktor-faktor tersebut merupakan faktor produksi dan faktor penyerap emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor produksi merupakan faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik sedangkan faktor penyerap adalah faktor yang dapat menurunkan atau menghambat produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Faktor yang terkonfirmasi oleh para narasumber tidak jauh berbeda dengan hasil kajian teori. Enam indikator utama yang dikonfirmasi oleh narasumber antara lain indikator kegiatan industri, kegiatan perumahan, kegiatan transportasi, kependudukan, penggunaan lahan, serapan emisi gas CO₂ dan kebijakan pemerintah. Jika dilihat pada besaran prosentase pembahasan pada masing-masing indikator maka faktor dalam kelompok indikator kegiatan industri berpengaruh dominan terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Kondisi wilayah perkotaan Gresik dengan dominasi kegiatan industri menjadikan narasumber banyak membahas fenomena tersebut yang juga tidak dapat dilepaskan dari hubungannya terhadap produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik hasil konsensus wawancara para narasumber terdiri dari faktor penghasil dan faktor penyerap emisi gas CO₂. Faktor penghasil emisi gas CO₂ merupakan faktor yang berpengaruh terhadap timbulan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor ini terdiri dari :

a. Indikator kegiatan industri

Pada indikator ini terdiri dari faktor produksi emisi gas CO₂ sektor industri, jumlah industri, jenis industri logam, kimia, pupuk dan kayu, kapasitas produksi, jumlah penggunaan energi listrik, BBM, gas, batu bara, dan penggunaan kayu bakar.

b. Indikator kegiatan perumahan

Pada indikator ini terdiri dari faktor jumlah rumah tangga, jumlah penggunaan LPG, jumlah penggunaan minyak tanah, jumlah penggunaan kayu bakar, jumlah penggunaan energi listrik, pembakaran sampah rumah tangga.

c. Indikator kegiatan transportasi

Pada indikator ini terdiri dari faktor jumlah kendaraan sepeda motor, jumlah kendaraan roda empat, jumlah kendaraan roda empat lebih, pertumbuhan jumlah kendaraan, jumlah penggunaan bahan bakar yang digunakan kendaraan.

Kedua dalah faktor penyerap emisi gas CO₂. Faktor ini mempengaruhi kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor ini teridentifikasi berasal dari tiga indikator antara lain :

a. Indikator penggunaan lahan

Pada indikator ini terdiri dari faktor luas lahan RTH, luas lahan terbangun, luas wilayah perkotaan Gresik dan perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun.

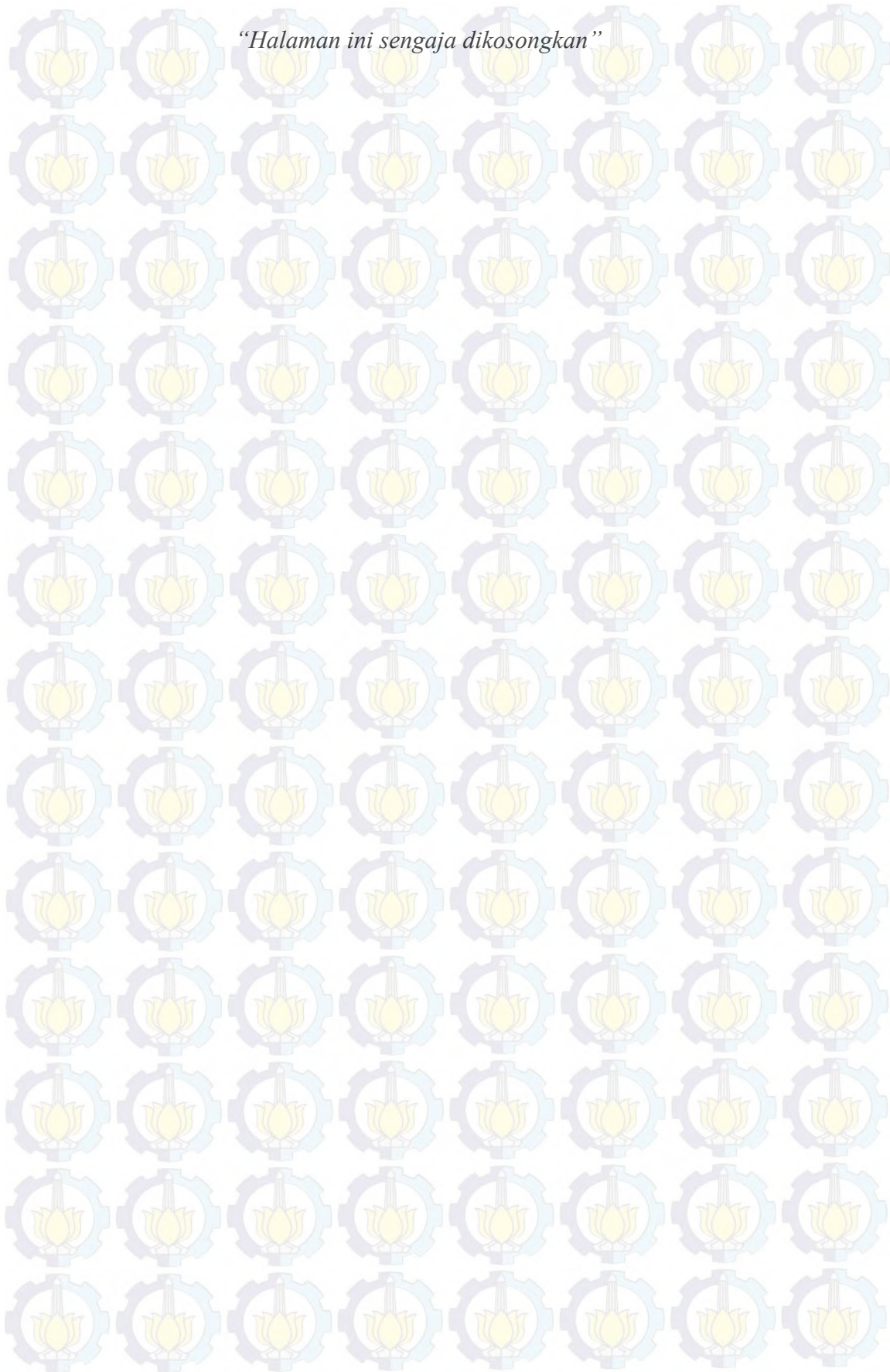
b. Indikator serapan alami gas CO₂

Pada indikator ini terdiri dari faktor luas lahan RTH, jenis tutupan vegetasi, dan daya serap CO₂ rata-rata ruang terbuka hijau.

c. Indikator kebijakan pemerintah

Indikator ini terdiri dari faktor adanya kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi gas CO₂, kebijakan pembatasan kendaraan pribadi, kebijakan konversi energi rumah tangga dan kebijakan pengawasan RTH.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



4.2.2. Analisis Sistem Hubungan Masing-Masing Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik

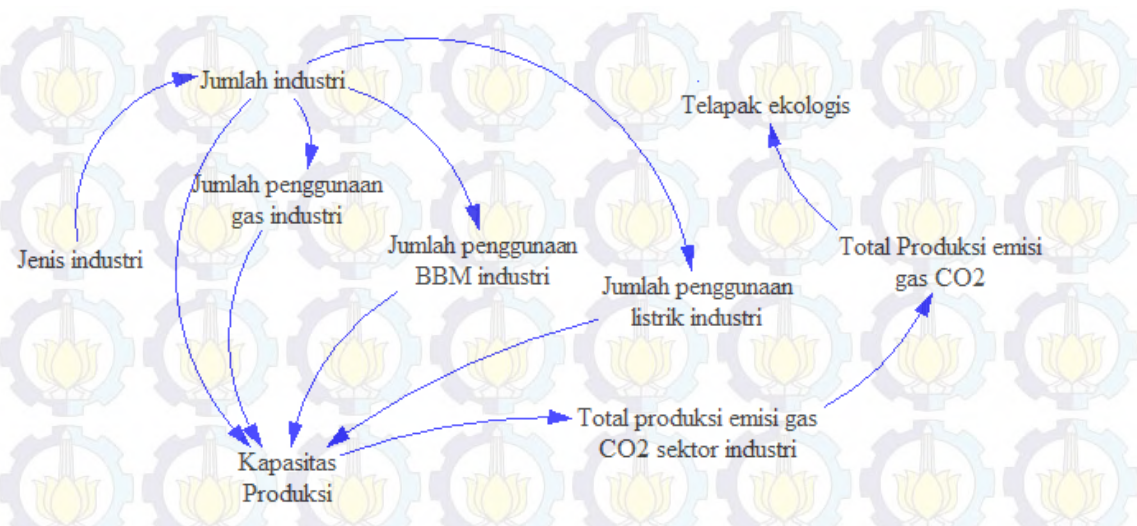
Pada sub bahasan ini terdiri dari dua pembahasan. Sub bahasan 4.2.2.1 akan menjelaskan analisis konten mengenai hubungan antar masing-masing faktor produksi dan penyerap emisi gas CO₂ dalam keseimbangan emisi gas CO₂. Pada sub bahasan itu akan dijelaskan hipotesa awal kemudian dijelaskan hasil analisis konten. Selanjutnya sub bahasan 4.2.2.2 akan menjelaskan konseptualisasi sistem hubungan keseimbangan emisi gas CO₂ dalam *causal loop diagram*. Hubungan antar faktor yang didapatkan dari analisis konten digambarkan dalam sebuah diagram kausalitas.

4.2.2.1. Analisis Konten Hubungan Masing - Masing Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂

Pada penjelasan analisis sasaran 1 didapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor-faktor yang teridentifikasi kemudian dicari hubungan antar faktor dengan menggunakan analisis konten. Pada bagian ini akan dijelaskan hubungan masing-masing faktor tersebut sesuai informasi dari narasumber dan dibandingkan hipotesis hubungan antar faktor hasil kajian teori. Untuk mempermudah pemahaman terhadap hubungan masing-masing faktor, pembahasan analisis konten pada analisis ini akan difokuskan per indikator faktor hasil identifikasi pada sasaran 1.

A. Hubungan faktor dalam kegiatan industri

Pada hipotesa awal hubungan antar faktor dalam keseimbangan emisi gas CO₂ dari indikator kegiatan industri seperti pada **Gambar 4.19**. Hipotesa awal menunjukkan jumlah industri yang berkembang dan beragam jenisnya di wilayah perkotaan Gresik meningkatkan penggunaan energi. Energi yang pada umumnya digunakan adalah gas, BBM, dan listrik. Penggunaan energi tersebut dalam rangka produksi barang sesuai dengan kapasitas produksi. Penggunaan energi yang semakin besar maka semakin meningkatkan kapasitas produksi. Proses pembakaran energi pada proses produksi meningkatkan produksi total emisi gas CO₂ dari sector industri.



Gambar 4. 19 Keterkaitan Peningkatan jumlah industri terhadap Produksi Emisi Gas CO₂

Sumber : Penulis, 2014

Tidak jauh berbeda dari hipotesis awal, perkembangan industri yang begitu tinggi menjadikan kegiatan industri di perkotaan Gresik lebih dominan daripada kegiatan yang lainnya sehingga produksi emisinya sangat timpang jika dibandingkan dengan sektor kegiatan lainnya. Kondisi tersebut menjadikan emisi CO₂ dari sektor industri memiliki potensi yang besar dan dominan dalam produksi emisi CO₂ secara keseluruhan di wilayah perkotaan Gresik. Seperti pada kutipan pernyataan narasumber berikut ini.

“...jadi untuk di Gresik, karena ini kota industri jadi polutan (CO₂) itu tinggi sekali, sejauh ini dari kegiatan industri”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

“Sejauh ini sektor industri memang menghasilkan emisi yang tinggi, sehingga menurut saya ya itulah yang paling dominan menghasilkan emisi. Itu yang paling besar”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

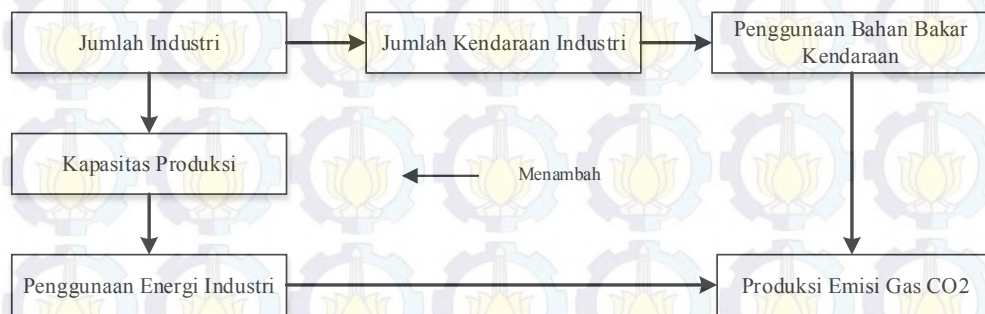
Kegiatan industri yang dominan tidak terlepas dari jumlah industri yang banyak. Oleh karena itu jumlah industri dan pertumbuhannya diyakini oleh narasumber mempengaruhi produksi emisi tersebut. Hal ini dikarenakan

peningkatan jumlah industri semakin meningkatkan sumber produksi emisi gas CO₂ dari sector industri.

“...Karena gini ya katakan dari berapa ppm dikalikan beberapa perusahaan kan semakin menumpuk ya, jadi ya menambah potensinya ya“(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

Pertumbuhan jumlah industri yang meningkat dapat berpengaruh pada peningkatan kapasitas produksi produk di wilayah tersebut dan penggunaan energi atau bahan bakar untuk proses produksi juga turut meningkat. Proses pembakaran bahan bakar tersebut yang menghasilkan emisi gas CO₂.

“...Sehingga kalau demikian, (sector industri) maka seperti ini misalnya, jumlah, jenis, kapasitas produksi, tingkat penggunaan BBM, tingkat penggunaan gas industri, tingkat penggunaan listrik meningkat“(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).



Gambar 4. 20 Keterkaitan Peningkatan Jumlah Industri Terhadap Produksi Emisi Gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Selain itu, Peningkatan jumlah industri ini juga berpengaruh terhadap jumlah kendaraan berat (kendaraan roda lebih dari 4) untuk distribusi hasil produksi atau bahan baku. Peningkatan jumlah kendaraan industri juga turut meningkatkan emisi gas CO₂ dari penggunaan bahan bakar. **Gambar 4.20** menunjukkan hubungan pertumbuhan jumlah industri, kendaraan industri dan produksi industri yang pada akhirnya menghasilkan emisi gas CO₂.

Semakin meningkat jumlah industri volume kendaraan juga semakin tinggi, lha itu juga pengaruh“(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Selain itu, dalam proses produksi barang yang dihasilkan industri membutuhkan bahan baku yang akan diolah. Masing-masing jenis industri memiliki bahan baku yang berbeda-beda. Beberapa jenis bahan baku dapat menghasilkan emisi gas CO₂ dalam proses pengolahan secara langsung diluar bahan bakar yang digunakan. Oleh karena itu setiap jenis industri terutama industri yang terkonfirmasi dalam sasaran 1 menimbulkan produksi emisi gas CO₂ dengan kadar yang berbeda-beda.

Kemudian kalau proses produksi, ini adalah yang membedakan adalah jenis industrinya kalau ini. Ya mungkin yang penting adalah setiap jenis pengelompokan industri terdapat proses produksi kan disana. ...Kan dia (industri) mencampurkan antara bahan A dengan bahan B maka itu akan keluar, timbul emisi“(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Proses produksi masing-masing jenis industri tidak terlepas dari kapasitas produksi yang terpasang pada masing-masing unit industri. Kapasitas produksi berpengaruh terhadap penggunaan energi. Jika kapasitas produksi suatu industri semakin besar maka penggunaan energi juga semakin besar dan emisi yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Ndak hanya ke jenis tapi juga skalanya, skala industri. Apakah industri besar, industri sedang, atau industri kecil kan berbeda satu sama lain (kapasitas produksinya“(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB)..

Karena bisa saja suatu industri karena permintaan pasar, industri jadi meningkatkan produksi (kapasitas produksi) sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar“(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Pada industri dengan karakteristik menghasilkan emisi gas CO₂ langsung dari hasil pengolahan bahan baku dan bukan hanya pembakaran bahan bakar maka peningkatan produksi dapat mempengaruhi besar kecilnya bahan yang diolah dan secara langsung meningkatkan emisi gas CO₂. Beberapa jenis industri dengan karakteristik ini adalah industri kimia, logam, pupuk dan semen.

Kalau dari yang ini (kapasitas produksi) itu ya bahan A dicampur bahan B, direaksikan dan reaksi keluarlah CO₂“(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

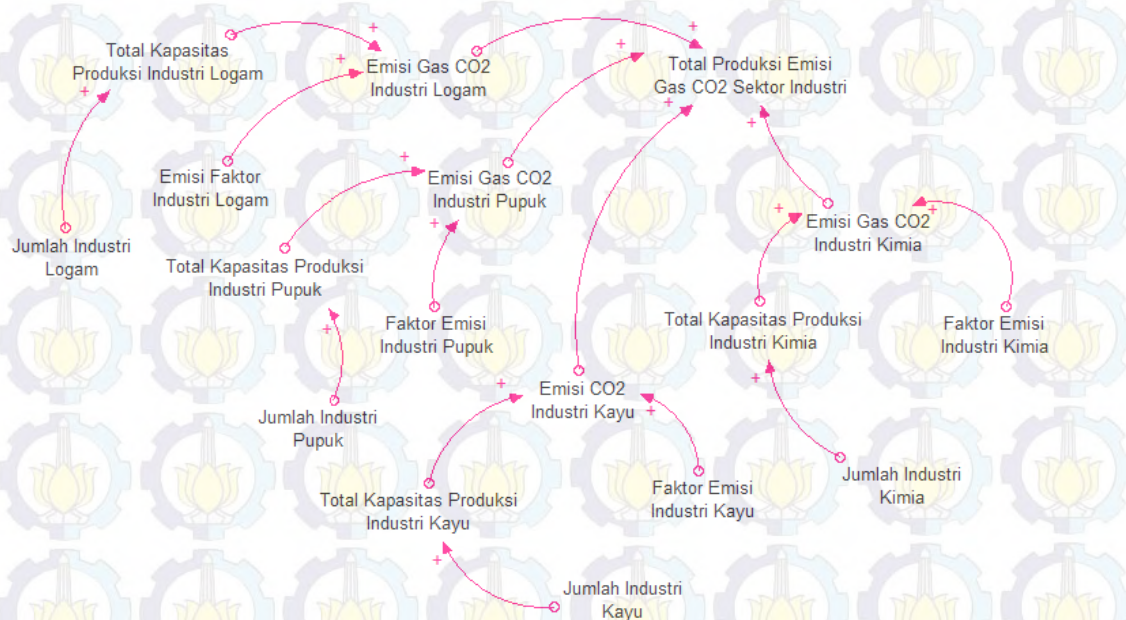
Selama proses produksi berlangsung, industri membutuhkan energi. Beberapa jenis energi tersebut antara lain energi listrik, BBM jenis solar, gas alam, batubara dan kayu bakar. Proses pembakaran bahan bakar ini kemudian akan menghasilkan emisi gas CO₂. Meskipun demikian, perhitungan emisi gas CO₂ dari jenis-jenis industri dapat dilakukan dengan mengetahui faktor emisi produksi dari masing-masing jenis industri. Faktor emisi ini merupakan satuan emisi gas CO₂ yang dihasilkan selama proses produksi untuk menghasilkan 1 ton produk pada setiap jenis industri. Faktor produksi ini dapat menjadi acuan untuk perhitungan emisi dari keseluruhan kegiatan industri untuk menghasilkan satu satuan produk.

Kapasitas (produksi), kan faktor emisi untuk industri, jenis nya mislanya tau CO₂ per ton. Jadi faktor emisi ini bisa persatuan, jadi pabrik semen ini ya tau CO₂ per ton produk, biasanya industri gitu. Sehingga kamu harus tau nanti jenis industri A yang ada di sana itu seberapa kapasitas produknya, tapi kamu harus cari dulu faktor emisinya. ...Kalo per ton produk, jadi harus tau berarti jumlah produksi, jenis-jenis X ini di Gresik. “(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Dari keseluruhan penjelasan hubungan masing-masing faktor dalam kelompok kegiatan industri dapat disimpulkan hubungan tersebut tidak jauh berbeda dengan hipotesis awal seperti pada **Gambar 4.21**. Narasumber lebih mendetailkan jenis industri yang memiliki pengaruh besar terhadap produksi

emisi gas CO₂ dari kegiatan industri. Selain itu, faktor emisi jenis industri dapat digunakan untuk menghitung produksi emisi berdasarkan jenisnya.

Dengan demikian pertumbuhan industri meningkatkan jumlah industri terutama pada jenis industri yang dominan di wilayah perkotaan Gresik. Jumlah industri yang semakin banyak mengakumulasi kapasitas produksi masing-masing jenis industri sehingga berdampak pada peningkatan penggunaan energi seperti listrik, BBM, gas, batubara dan kayu bakar. Penggunaan bahan bakar dan pengolahan bahan baku pada setiap jenis industri memiliki tingkat emisi yang berbeda. Tingkat emisi tersebut dapat diukur dengan faktor emisi yang merupakan produksi emisi dalam setiap proses produksi satu satuan produk. Selain itu penambahan industri juga berpotensi meningkatkan jumlah kendaraan roda 4 lebih yang digunakan untuk angkutan barang.



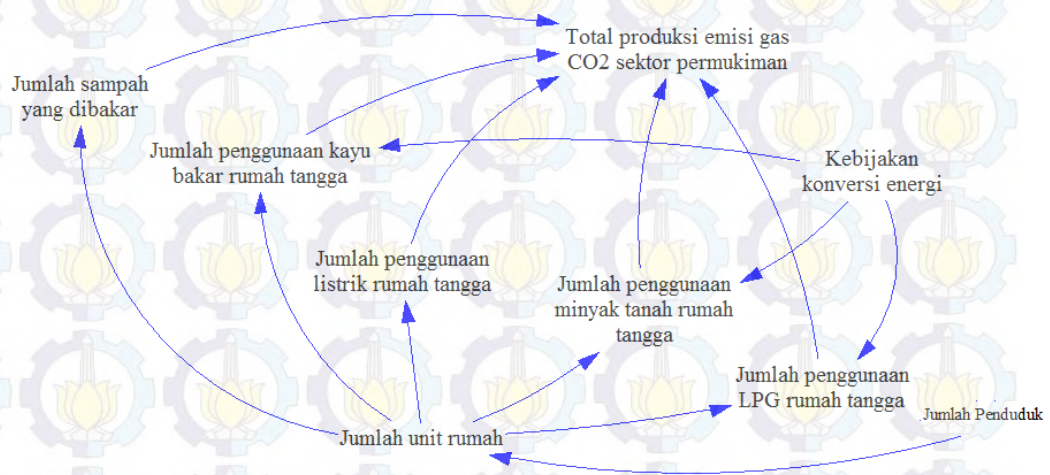
Gambar 4. 21 Keterkaitan faktor Kapasitas Produksi

Sumber : Hasil Analisa, 2014

B. Hubungan faktor pada kegiatan perumahan

Hubungan faktor dalam kegiatan perumahan pada awalnya diduga seperti pada **Gambar 4.22**. Pertumbuhan jumlah penduduk menjadikan kebutuhan permukiman semakin meningkat. Dengan demikian terjadi peningkatan pada unit rumah. Semakin meningkatnya unit rumah menjadikan penggunaan energi

rumah tangga seperti penggunaan LPG, minyak tanah, dan kayu bakar meningkat. Selain itu, timbunan sampah rumah tangga juga meningkat sehingga potensi pembakaran sampah juga turut mengalami peningkatan. Kebijakan energi berpengaruh terhadap penggunaan LPG yang meningkat dan penggunaan minyak tanah dan kayu bakar menurun.



Gambar 4. 22 Hipotesa Hubungan Faktor Dalam Kegiatan Perumahan

Sumber : Penulis, 2014

Hasil analisis konten menunjukkan sedikit perubahan dari hipotesa awal. Kegiatan perumahan juga diyakini sebagai kegiatan penghasil emisi gas CO₂ besar setelah kegiatan industri. Total produksi emisi gas CO₂ dari sektor perumahan dari beberapa sumber antara lain sumber penggunaan energi memasak, penggunaan energi listrik dan pembakaran sampah.

"...industri dan perumahan yang bertambah otomatis lahan peruntukan kegiatan tersebut semakin besar. Pastinya emisinya semakin besar"(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

"Kemudian (sektor perumahan yang berpengaruh) jenis penggunaan LPG, minyak tanah, kayu bakar, penggunaan listrik dan sampah (dibakar) tergantung nanti"(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Jika peningkatan penggunaan energi rumah tangga akibat pertumbuhan unit rumah maka tidak terkonfirmasi oleh narasumber. Menurut narasumber, peningkatan penggunaan energi rumah tangga tidak dapat terlepas dari pertumbuhan jumlah rumah tangga. Seperti pada pernyataan narasumber berikut ini.

“Misal rata-rata jumlah keluarga 4 orang. Nah dari hasil perhitungan tahun 2012, penggunaan bahan bakar LPG tiap bulannya menghabiskan 15 kilogram. Bisa dibayangkan apabila peningkatan terjadi di seluruh rumah tangga... yang seluruhnya melakukan kegiatan memasak. Jadi sudah pasti mempengaruhi”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Selain penggunaan bahan bakar peningkatan jumlah rumah tangga dapat meningkatkan penggunaan energi listrik.

“Salah satunya kalau dari rumah tangga kebijakan mengenai penggunaan alat-alat listrik.Jadi untuk rumah tangga kita juga menghitung emisi skunder dan di kuisioner saya juga menanyakan mengenai perilaku penggunaan listrik, apakah dicolok terus apakah hanya saat butuh saja”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Penggunaan LPG semakin besar yang juga merupakan salah satu sumber penghasil emisi CO₂. Semua narasumber *in depth interview* mengkonfirmasi bahwa LPG sebagai bahan bakar memasak juga menghasilkan emisi gas CO₂ meskipun nilainya lebih kecil dari bahan bakar memasak lainnya.

“Kalau bicara mengenai perumahan pastinya tidak terlepas dari energi seperti memasak. LPG, minyak tanah, gas alam”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Penggunaan LPG yang semakin meningkat tersebut tidak terlepas dari adanya kebijakan konversi energi rumah tangga. Setelah adanya kebijakan pemerintah konversi minyak tanah ke LPG maka minyak tanah sudah sedikit digunakan meskipun beberapa masih menggunakan. Meskipun penggunaan kecil namun minyak tanah memiliki faktor emisi lebih besar daripada

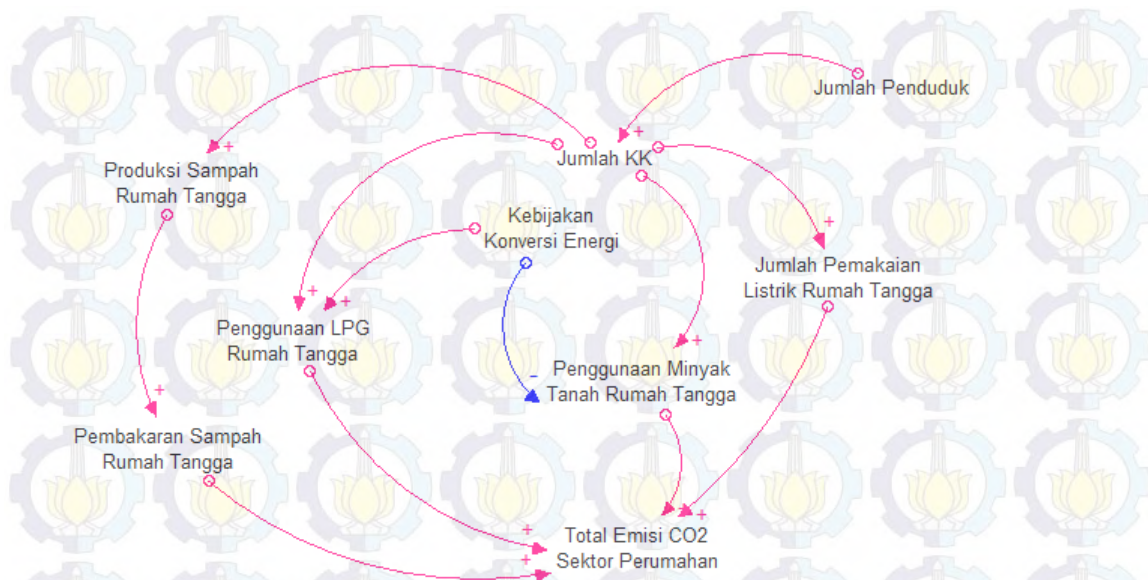
penggunaan LPG sehingga emisi gas CO₂ yang dihasilkan cenderung besar. Di wilayah perkotaan Gresik sendiri berdasarkan hasil survei rumah tangga, penggunaan minyak tanah masih ada.

“Kalo primer itu semua yang sifatnya pembakaran. Jadi antara lain penggunaan minyak tanah, kalau masih ada rumah tangga-rumah tangga yang mengonsumsi minyak tanah untuk memasak. ...jumlah RT memang kecil yang menggunakan minyak tanah walaupun secara kebijakan saat ini minyak tanah sudah ditiadakan ya”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Selain itu pembakaran sampah masih terjadi di wilayah perkotaan Gresik meskipun intensitasnya kecil. Menurut beberapa narasumber pembakaran sampah ini perlu dimasukkan dalam perhitungan emisi gas CO₂. Pembakaran sampah juga meningkatkan total produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Seperti yang diungkapkan oleh ahli lingkungan dan ahli perencanaan wilayah dan kota. Pernyataan ini juga terbukti dilapangan dimana hasil survei menunjukkan bahwa terdapat 20% keluarga yang membakar sampah secara periodik.

“Terus pada saat kita terjun ke lapangan, ternyata masih ada yang membakar sampah. Jadi dari tiga kegiatan itu, pembakaran tidak langsung, langsung dan pembakaran sampah. Itu jelas menghasilkan CO₂ nya”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

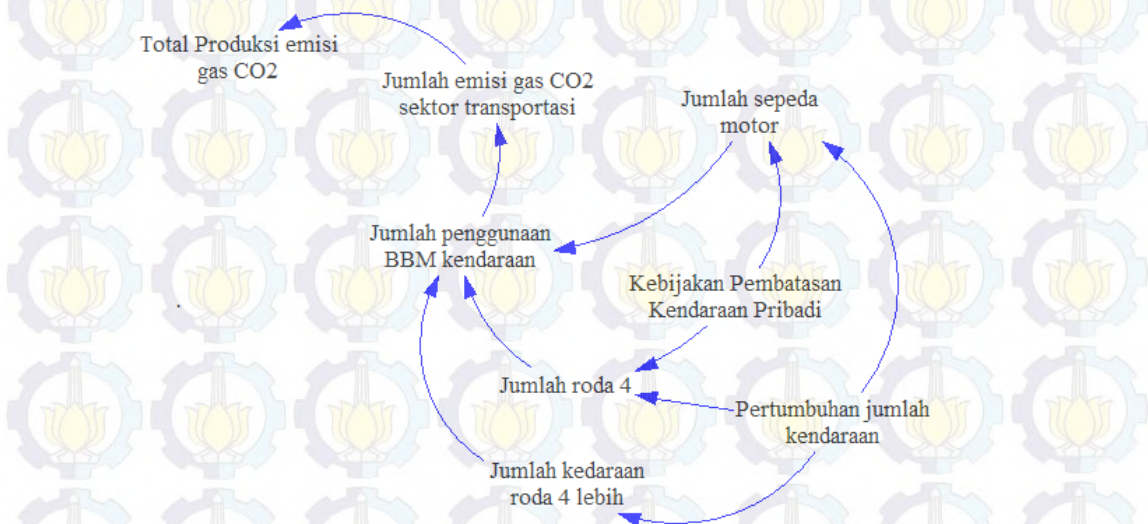
Dengan demikian hubungan faktor dalam kegiatan perumahan terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ sedikit mengalami perubahan pada pengaruh jumlah rumah tangga dalam penggunaan energi rumah tangga. Pada awalnya peningkatan penggunaan energi rumah tangga diakibatkan oleh jumlah unit rumah. Selain faktor unit rumah narasumber mengkonfirmasi hubungan antar faktor lainnya dalam kegiatan perumahan. Total produksi emisi gas CO₂ diakibatkan oleh penggunaan bahan bakar memasak, listrik dan pembakaran sampah. 3 kegiatan tersebut meningkat seiring dengan pertumbuhan rumah tangga. Dengan demikian hubungan faktor dalam kegiatan perumahan adalah seperti pada **Gambar 4.23**.



Gambar 4. 23 Keterkaitan Faktor Jumlah Rumah Tangga terhadap Produksi Emisi gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa, 2014

C. Hubungan faktor pada kegiatan transportasi



Gambar 4. 24 Keterkaitan Faktor Jumlah Rumah Tangga terhadap Produksi Emisi gas CO₂

Sumber : Penulis, 2014

Seperti pada **Gambar 4.24**, hubungan faktor dalam kegiatan transportasi diduga bermula dari pertumbuhan jumlah kendaraan meningkatkan jumlah

kendaraan baik sepeda motor, roda empat dan roda 4 lebih. Jumlah kendaraan yang meningkat tersebut meningkatkan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) untuk pembakaran. Proses pembakaran bahan bakar menghasilkan emisi gas CO₂.

Tidak berbeda dengan hipotesa awal, hubungan faktor dalam kegiatan transportasi dikonfirmasi sama oleh narasumber. Emisi gas CO₂ dari kegiatan transportasi tidak terlepas dari pertumbuhan jumlah kendaraan. Pertumbuhan jumlah kendaraan dikonfirmasi oleh narasumber meningkatkan penggunaan bahan bakar sehingga meningkatkan emisi gas CO₂ dari aktivitas transportasi. Emisi pada kegiatan transportasi selain dipengaruhi oleh jumlah kendaraan juga dipengaruhi oleh penggunaan bahan bakar. Seperti yang diungkapkan oleh narasumber ahli lingkungan berikut ini.

“Sehingga kalo transportasi sebagian besar karena bahan bakar, penggunaan bahan bakar. ...kalo berdasarkan pergerakannya lebih ke bahan bakarnya. ...Kalo transportasi, kalo memang mau nyari bahan bakarnya ya sudah, itu cukup bahan bakar sudah”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Salah satu jenis kendaraan yang berpengaruh adalah sepeda motor. Jumlah kendaraan sepeda motor dikonfirmasi oleh narasumber sebagai salah satu sumber produksi emisi gas CO₂. Hal ini dikarenakan jumlah sepeda motor dominan di wilayah perkotaan Gresik.

“R2 itu gila-gilaan. Karena ada statement seperti ini, seorang buruh dari pada harus keluar uang untuk naik angkot bolak balik, lebih baik dia membeli motor apalagi dengan uang muka yang kecil. Itu mempengaruhi. Akibatnya transportasi di penuhi oleh roda 2. Itu bisa kita lihat saat jam-jam sibuk sekitar jam 4 sore, disitu akan kelihatan dominanya”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Tidak jauh berbeda dengan sepeda motor, kendaraan roda 4 juga banyak didominasi oleh kendaraan pribadi. Emisi gas CO₂ dari sektor transportasi dipengaruhi oleh jenis kendaraan. Oleh karena itu jumlah kendaraan roda 4 juga berpengaruh, seperti yang diungkapkan oleh narasumber.

"Nah kalo transport nanti, selain bahan bakar tadi termasuk juga jenis kendaraan. Kendaraan roda 4, truk, beda dengan kendaraan roda 4 taksi beda dengan kendaraan roda 4 pribadi"(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

Sama seperti jumlah kendaraan sepeda motor, emisi dari kendaraan roda 4 turut dipengaruhi oleh konsumsi rumah tangga dalam melakukan pergerakan. Dengan demikian pertumbuhan kendaraan pribadi seperti sepeda motor dan roda empat juga dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah rumah tangga.

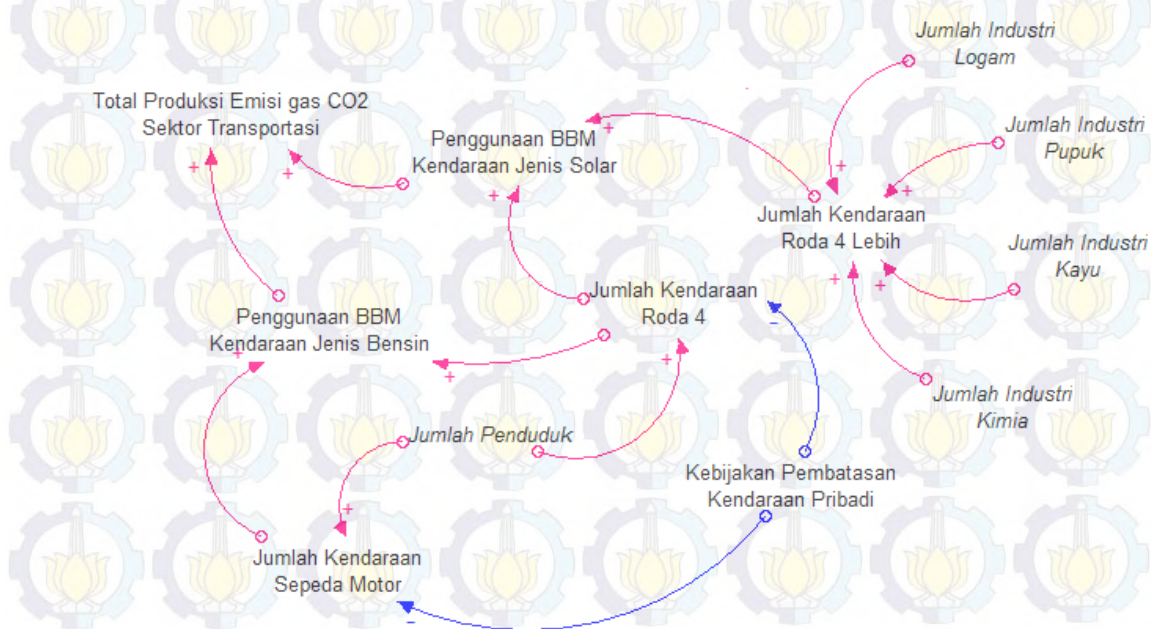
"(emisi perumahan) Biasanya di pembakaran masak atau di pembakaran sampah. Kalau rumah tangga yang memiliki ternak itu bisa, tapi bukan penghasil CO₂. Atau mungkin bisa mobile gitu ya kepemilikan kendaraan"(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Selain itu, pada jenis kendaraan roda 4 lebih, jumlah kendaraan lebih dari 4 di perkotaan Gresik merupakan kendaraan industri. Hal ini terkonfirmasi oleh stakeholder sebagai sumber emisi dominan selain sepeda motor. Penggunaan bahan bakar yang relatif lebih besar dibandingkan dengan kendaraan yang lainnya juga turut menjadikan jenis kendaraan ini sebagai sumber penghasil emisi gas CO₂ yang besar. Oleh karena itu, pertumbuhan industri di wilayah perkotaan Gresik dapat mempengaruhi peningkatan jumlah kendaraan lebih dari 4 sebagai kendaraan transportasi barang industri.

"Semakin meningkat jumlah industri volume kendaraan juga semakin tinggi, lha itu juga pengaruh.Iya, jenis truk, bus gitu kan penggunaan BBMnya lebih besar daripada cuma sepeda motor atau mobil. Terlebih kendaraan industri yang intensitasnya semakin besar"(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Dari penjelasan hubungan antar faktor dalam kelompok kegiatan transportasi diatas diketahui bahwa narasumber mengkonfirmasi sama terhadap hubungan faktor dalam kegiatan transportasi dengan hipotesis awal. Meskipun demikian, terdapat sedikit penambahan pada pertumbuhan jumlah kendaraan yang dipengaruhi oleh jumlah industri dan jumlah rumah tangga.

Emisi gas CO₂ oleh kegiatan transportasi muncul dari penggunaan bahan bakar kendaraan. Dengan semakin banyak jumlah kendaraan maka semakin besar pula energi yang dikonsumsi seperti pada **Gambar 4.25**. Pertumbuhan jumlah kendaraan dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah rumah tangga dan industri. Semakin besar jumlah rumah tangga maka pengguna kendaraan sepeda motor dan roda empat semakin besar. Tidak adanya kebijakan pembatasan kendaraan pribadi menjadikan pertumbuhan kendaraan tersebut terus berlangsung.

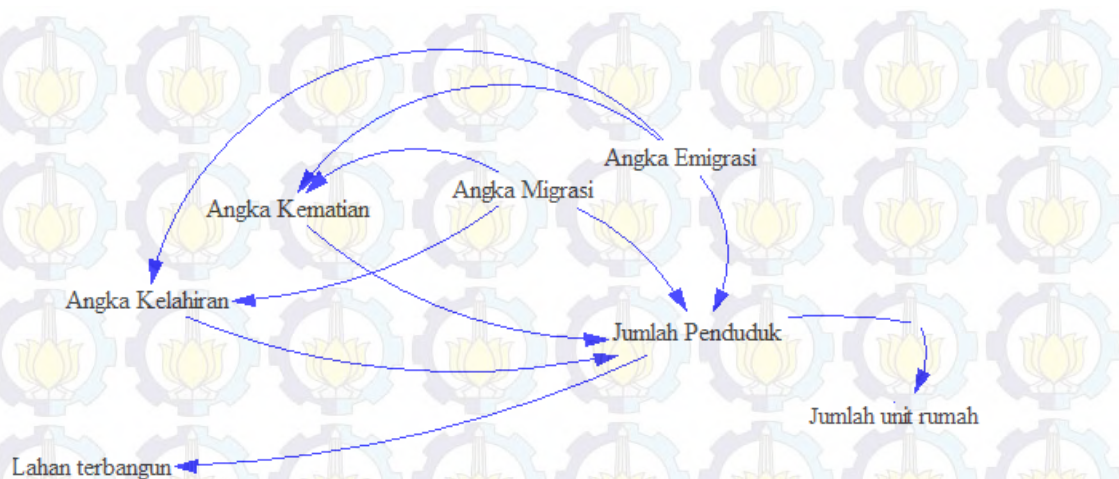


Gambar 4. 25 Keterkaitan Faktor Kegiatan Transportasi terhadap Produksi Emisi gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa, 2014

D. Hubungan faktor kependudukan

Hubungan faktor pada jumlah penduduk pada awalnya diduga seperti pada **Gambar 4.26**. Diketahui bahwa jumlah penduduk dipengaruhi oleh angka migrasi, emigrasi, kelahiran dan kematian sebagai bagian dari pertumbuhan penduduk. Jumlah penduduk yang meningkat berpengaruh terhadap kebutuhan unit rumah dan penggunaan lahan terbangun yang meningkat juga. Meskipun demikian, hasil analisis konten terhadap teks wawancara narasumber menunjukkan hasil yang berbeda.



Gambar 4. 26 Hipotesa Hubungan Faktor Kependudukan

Sumber : Penulis, 2014

Pembahasan indikator kegiatan industri perumahan dan transportasi memang lebih menarik bagi para narasumber untuk dibahas. Meskipun demikian, dari pembahasan pada aktivitas perkotaan tersirat pembahasan pada indikator ini. Pada sektor perumahan pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi rumah tangga yang berakibat pada meningkatnya konsumsi energi memasak. Seperti pernyataan narasumber sebagai berikut.

“Ehm iya menurut saya pertumbuhan penduduk mempengaruhi karena mempengaruhi produksi emisi. Sekalipun tidak mengokupasi lahan tetap mempengaruhi menurut saya. Misal rata-rata jumlah keluarga 4 orang”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

“Pada aspek perumahan itu di Gresik kota ini tidak banyak jumlahnya jika dibandingkan dengan industri. Maksudnya kan kecil. Tapi bisa saja menjadi semakin besar seiring pertumbuhan penduduk. Kalau bicara mengenai perumahan pastinya tidak terlepas dari energi seperti memasak. LPG, minyak tanah, gas alam”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

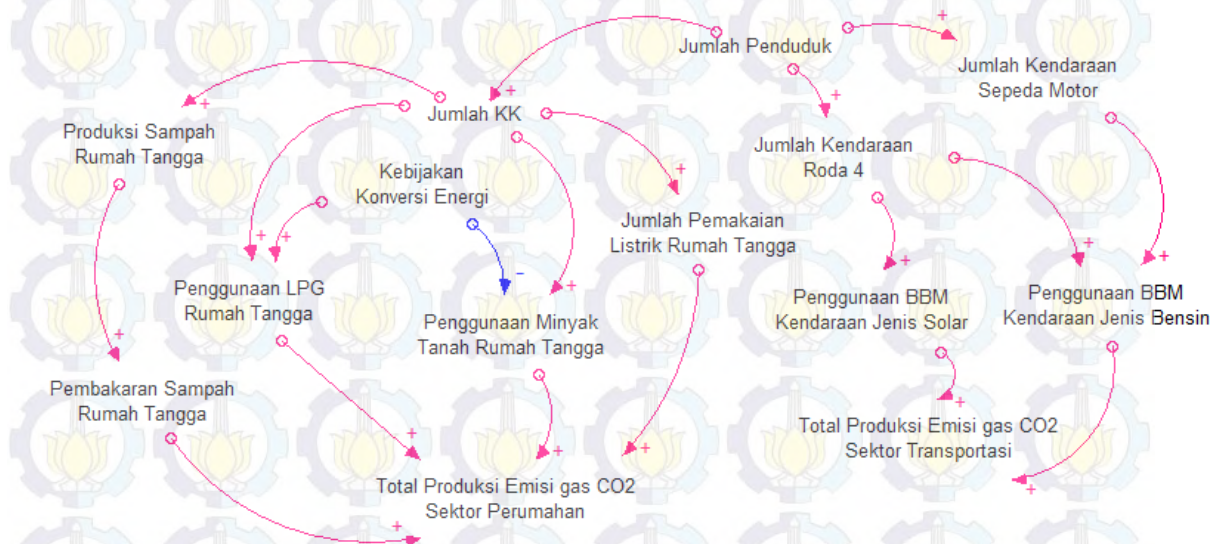
Selain berpengaruh pada sektor kegiatan rumah tangga, pertumbuhan penduduk juga mempengaruhi sektor kegiatan transportasi. Pada sektor

transportasi pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi peningkatan jumlah kendaraan pribadi sebagai akibat dari kebutuhan transportasi rumah tangga.

“Sebenarnya ujung-ujungnya nanti pada pertumbuhan jumlah penduduk, jadinya kebutuhan rumah, permukiman, transportasi itu meningkat”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

“(emisi perumahan) Biasanya di pembakaran masak atau di pembakaran sampah. Kalau rumah tangga yang memiliki ternak itu bisa, tapi bukan penghasil CO₂. Atau mungkin bisa mobile gitu ya kepemilikan kendaraan T4 : “(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Dengan demikian hasil analisis konten menunjukkan bahwa narasumber tidak mengkonfirmasi komponen pertumbuhan penduduk namun langsung membahas pertumbuhan penduduk itu sendiri terhadap peningkatan kegiatan perumahan dan transportasi. Seperti pada penjelasan hubungan faktor dalam kegiatan perumahan, jumlah penduduk tidak dikonfirmasi mempengaruhi unit rumah namun jumlah rumah tangga. Hubungan tersebut dapat disajikan pada **Gambar 4.27**.



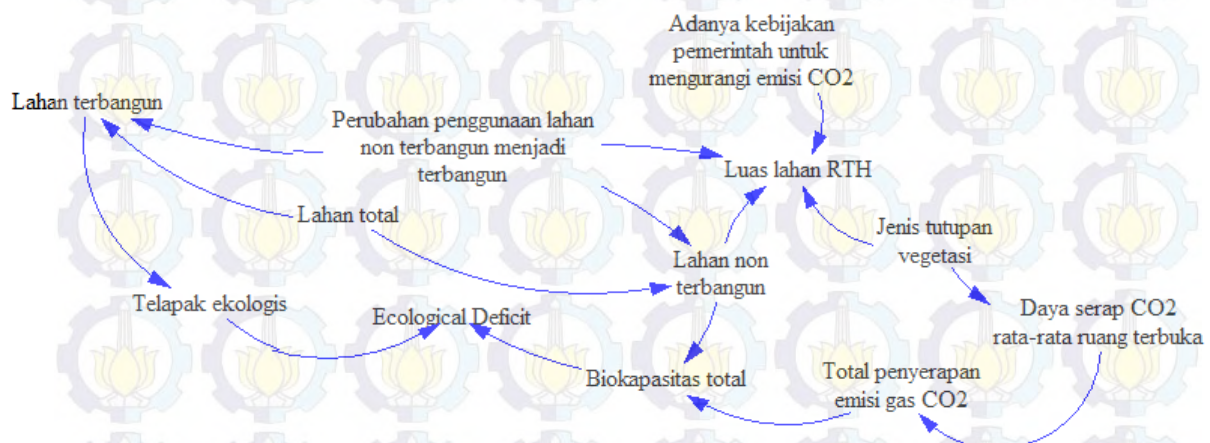
Gambar 4. 27 Keterkaitan Faktor Jumlah Penduduk terhadap Produksi Emisi gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Pertumbuhan jumlah penduduk meningkatkan jumlah rumah tangga yang pada akhirnya menjalankan hubungan antar faktor pada kelompok kegiatan perumahan. Selain itu, peningkatan jumlah penduduk juga meningkatkan jumlah kendaraan pribadi.

E. Hubungan faktor penggunaan lahan dan faktor serapan alami gas CO₂

Hipotesis awal seperti disajikan pada **Gambar 4.28** menunjukkan bahwa perubahan lahan hijau menjadi lahan terbangun menurunkan lahan non terbangun dan meningkatkan lahan terbangun. Selain itu, lahan RTH juga ikut menurun akibat pertumbuhan lahan terbangun. Penurunan luas lahan RTH dapat berakibat pada penurunan total penyerapan emisi gas CO₂. Hal ini terjadi karena masing-masing RTH memiliki tutupan vegetasi yang memiliki daya serap rata-rata CO₂. Penyerapan emisi gas CO₂ berpengaruh pada biokapasitas wilayah.



Gambar 4. 28 Hubungan Faktor Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO₂

Sumber : Penulis, 2014

Berkembangnya suatu wilayah akan berdampak pada pertumbuhan kegiatan dalam segala aspek seperti permukiman dan industri. Tumbuhnya suatu kegiatan akan membutuhkan ketersediaan lahan, sehingga luas lahan terbangun semakin bertambah. Para narasumber banyak membahas luas lahan

terbangun yang terdiri dari luas permukiman dan industri yang pastinya meningkatkan produksi emisi.

“Saya setuju, artinya industri dan perumahan yang bertambah otomatis lahan peruntukan kegiatan tersebut semakin besar. Pastinya emisinya semakin besar”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

“... berpengaruh betul. Jadi dengan adanya pembangunan seperti industri kalau tidak diredam dengan adanya RTH akan berpengaruh menurut saya, seperti itu”(Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota, 16 Oktober 2014 : 14.15 WIB).

Tuntutan kebutuhan kegiatan perekonomian menjadikan luas lahan terbangun semakin meningkat sedangkan ketersediaan lahan terbatas. Hal tersebut yang melatarbelakangi alih fungsi lahan hijau menjadi lahan terbangun. Dengan berubahnya lahan hijau menjadi lahan terbangun berarti kemampuan lingkungan dalam mereduksi emisi CO₂ semakin berkurang.

“Tapi kebanyakan karena Gresik ini kadang-kadang antara luasan dengan kebutuhan tanahnya nggak sesuai, akhirnya banyak lahan kosong itu terbangun”(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

... sekarang luas lahan, lahan terbangun, perubahan lahan hijau menjadi industri ya”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

“Kadang lahan itu habis, tapi industri itu terus berkembang, karena investor banyak yang minat”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Meskipun demikian, perubahan fungsi lahan dapat terbatas oleh luas wilayah perkotaan Gresik. Luas wilayah perkotaan Gresik merupakan luas keseluruhan yang perlu diperhatikan perkembangannya terkait produksi emisi CO₂. Luas wilayah perkotaan juga dapat menunjukkan ketersediaan lahan untuk pengembangan pembangunan wilayah perkotaan Gresik. Ditinjau dari

pernyataan para narasumber tersebut lebih menekankan pada pengaruh luas wilayah perkotaan sebagai ketersediaan lahan yang dapat dikembangkan.

“..... Asumsinya satu gresik, berapa luasannya gresik, ambil ketinggian, katakanlah 10 m, kalau emisinya setinggi ini menjadi berapa dia. Ya itu kemudian dibutuhkan berapa tanaman, berapa lahan hijau”(Ahli Lingkungan, 15 Oktober 2014 : 11.15 WIB).

“Kan butuh lahan, sedangkan lahan kita ini terbatas dan sudah padat”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Pertumbuhan lahan terbangun seharusnya diimbangi oleh penyediaan lahan ruang terbuka hijau. Ketersediaan lahan RTH memiliki kemampuan untuk menyerap emisi CO₂ yang diproduksi dari guna lahan industri dan lainnya.

“Industri yang mau ijin harus menyediakan RTH sesuai ketentuan itu. RTH kan untuk menyerap emisi CO₂ nya. Jadi pemerintah ini sudah berusaha menyediakan RTH itu”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

“Keberadaan RTH inikan untuk menyerap emisi ya”(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Luas lahan RTH dinilai secara efektif mampu menyerap produksi emisi di suatu wilayah. Kemampuan menyerap tersebut dipengaruhi tutupan vegetasi (tanaman) yang ada di atasnya. Tutupan vegetasi yang dianggap memiliki kemampuan yang cukup untuk menyerap emisi CO₂ adalah hutan kota yang terdiri dari beraneka jenis pohon.

“Asumsinya satu gresik, berapa luasannya gresik, ambil ketinggian, katakanlah 10 m, kalau emisinya setinggi ini menjadi berapa dia. Ya itu kemudian dibutuhkan berapa tanaman, berapa lahan hijau”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

"Jadi yang paling tepat masih Hutan Kota. Sayangnya hutan kota di beberapa kabupaten kota hanya sedikit ya dan lebih banyak RTH nya"(Dinas PU Bidang Cipta Karya Kab. Gresik, 22 Oktober 2014 : 11.00 WIB).

Luas lahan RTH di wilayah perkotaan Gresik sebenarnya bisa ditingkatkan melalui mekanisme perijinan mendirikan bangunan. Setiap pendirian bangunan terdapat ketentuan alokasi RTH namun pengawasan yang lemah menjadikan alokasi lahan RTH diabaikan. Seperti pada pernyataan narasumber berikut ini.

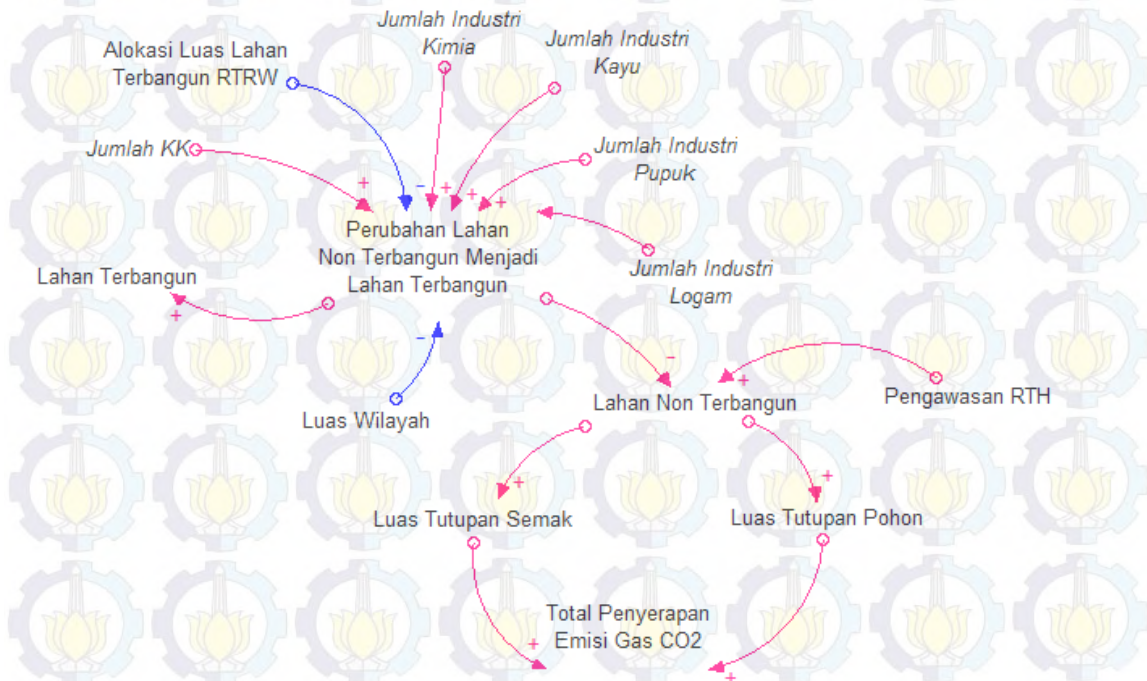
"...kita kan melakukan penghijauan, melakukan pengawasan juga. Tapi kebanyakan karena Gresik ini kadang-kadang antara luasan dengan kebutuhan tanahnya nggak sesuai, akhirnya banyak lahan kosong itu terbangun. Makanya fungsi RTH itu masih kurang"(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

"Jadi gini orang Indonesia ini kan jadi kalo nggak ada pengawasan nanti kan jadi formalitas itu kan. Buktinya (alokasi) itu kan milik RTH, masjid, perusahaan itu kan untuk industri dialokasikan 60 40, 60 terbangun 40 terbuka, tapi kan prakteknya nggak gitu, karena tanahnya nggak memungkinkan, yang untuk pengembangan kan hampir semuanya terbangun"(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa hipotesis awal hubungan faktor tidak mengalami perubahan yang besar. Hasil konten analisis menunjukkan, pertumbuhan industri dan rumah tangga meningkatkan penggunaan lahan terbangun. Pertumbuhan tersebut terbatas pada luas wilayah perkotaan Gresik. Di lain sisi proses tersebut menurunkan lahan terbuka hijau (RTH) dengan jenis tutupan vegetasi diatasnya dan daya serap rata-rata emisi gas CO₂ yang dimiliki untuk menyerap emisi gas CO₂.

Selain itu, hasil konten analisis menambahkan kebijakan pengawasan RTH sebagai faktor yang ikut mempengaruhi pertumbuhan lahan RTH. Kebijakan pengawasan RTH yang kurang turut mengurangi luas lahan RTH. Penyerapan emisi gas CO₂ oleh lahan RTH tergantung pada tutupan vegetasi diatasnya karena setiap jenis tutupan vegetasi memiliki daya serap rata-rata

emisi gas CO₂ yang berbeda. Semakin besar luasan tutupan pohon maka semakin besar pula penyerapan emisi gas CO₂. Dengan demikian hubungan antar faktor penggunaan lahan dan serapan emisi gas CO₂ dapat disajikan pada **Gambar 4.29.**



Gambar 4. 29 Hubungan Faktor Penggunaan Lahan dan Serapan Emisi Gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa, 2014

F. Hubungan faktor kebijakan pemerintah

Hubungan faktor kebijakan pemerintah pada pembahasan hubungan faktor-faktor lain sudah banyak dibahas. Seperti pada pembahasan kegiatan perumahan, kebijakan pemerintah berpengaruh pada penggunaan energi memasak yaitu kebijakan konversi energi dari minyak tanah ke LPG. Hal tersebut juga terkonfirmasi oleh narasumber.

“Mungkin minyak tanah sudah ndak ada lagi mas. Sejak konversi minyak tanah ke gas LPG. ...Kalo gresik kotanya sudah ndak ada, ya (karena) konversi energi itu mas“(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

Pada kegiatan transportasi kebijakan pemerintah dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi dan juga terkonfirmasi oleh narasumber. Selain itu pada penggunaan lahan, kebijakan pemerintah pada hipotesa awal hanya berupa kebijakan pemerintah mengurangi emisi gas CO₂ oleh narasumber dispesifikkan sebagai kebijakan pengawasan RTH.

“Bagaimana dengan pembatasan kendaraan pribadi ?”

“Saya rasa Gresik belum sepadat Surabaya. Tapi bisa saja diterapkan nantinya untuk mengurangi emisi dari transportasi”(Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 14.14 WIB).

“...perusahaan itu kan untuk industri kan 60 40, 60 terbangun 40 terbuka, tapi kan prakteknya nggak gitu, karena tanahnya nggak memungkinkan, yang untuk pengembangan kan hampir semuanya kan terbangun. Itu yang saya amati di lapangan”(Badan Lingkungan Hidup Kab. Gresik, 14 Oktober 2014 : 10.00 WIB).

Dengan demikian hubungan faktor kebijakan pemerintah ini berhubungan dengan faktor kegiatan perumahan, kegiatan transportasi dan penggunaan lahan. Pada kegiatan perumahan, kebijakan pemerintah mempengaruhi penggunaan energi memasak. Pada kegiatan transportasi kebijakan pemerintah mempengaruhi jumlah kendaraan pribadi. Dan pada penggunaan lahan kebijakan pemerintah mempengaruhi luas lahan RTH.

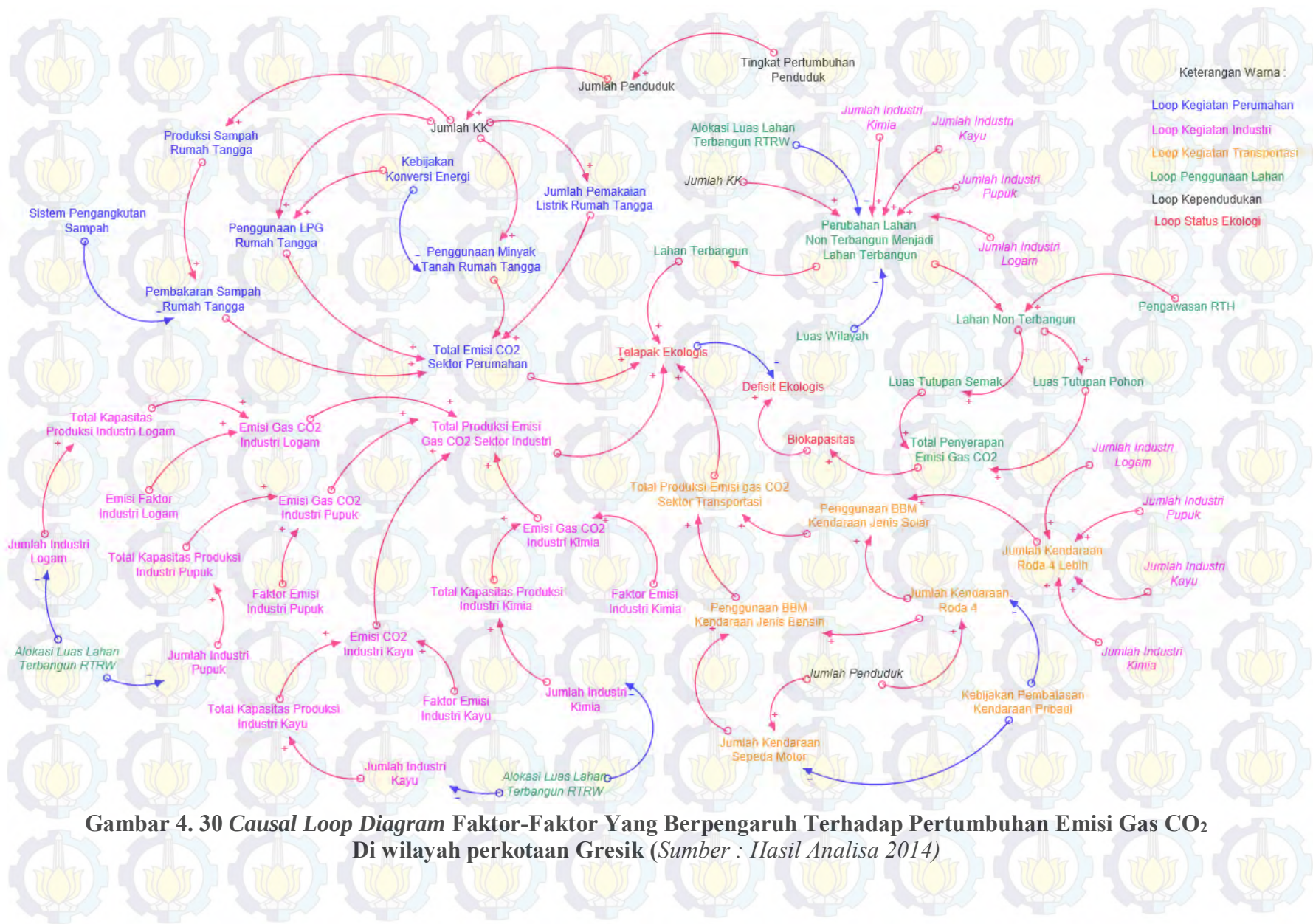
4.2.2.2. Menyusun *Causal Loop Diagram* Hubungan Antar Faktor Keseimbangan Emisi Gas CO₂

Causal loop diagram dibuat untuk menunjukkan faktor-faktor utama yang akan digambarkan dalam model, dalam hal ini telah disusun berdasarkan faktor-faktor awal yang sudah terkonfirmasi pada sasaran 1. Selain itu penyusunan *causal loop diagram* ini merupakan gabungan hubungan antar faktor yang telah teridentifikasi pada penjelasan analisis konten pada pembahasan awal sasaran 2. *Causal loop diagram* ini juga sebagai konseptualisasi sistem yang akan dibangun pada sasaran 3 selanjutnya. Hubungan masing-masing faktor pada pembahasan sebelumnya kemudian dirangkai satu sama lainnya menjadi satu diagram utuh.

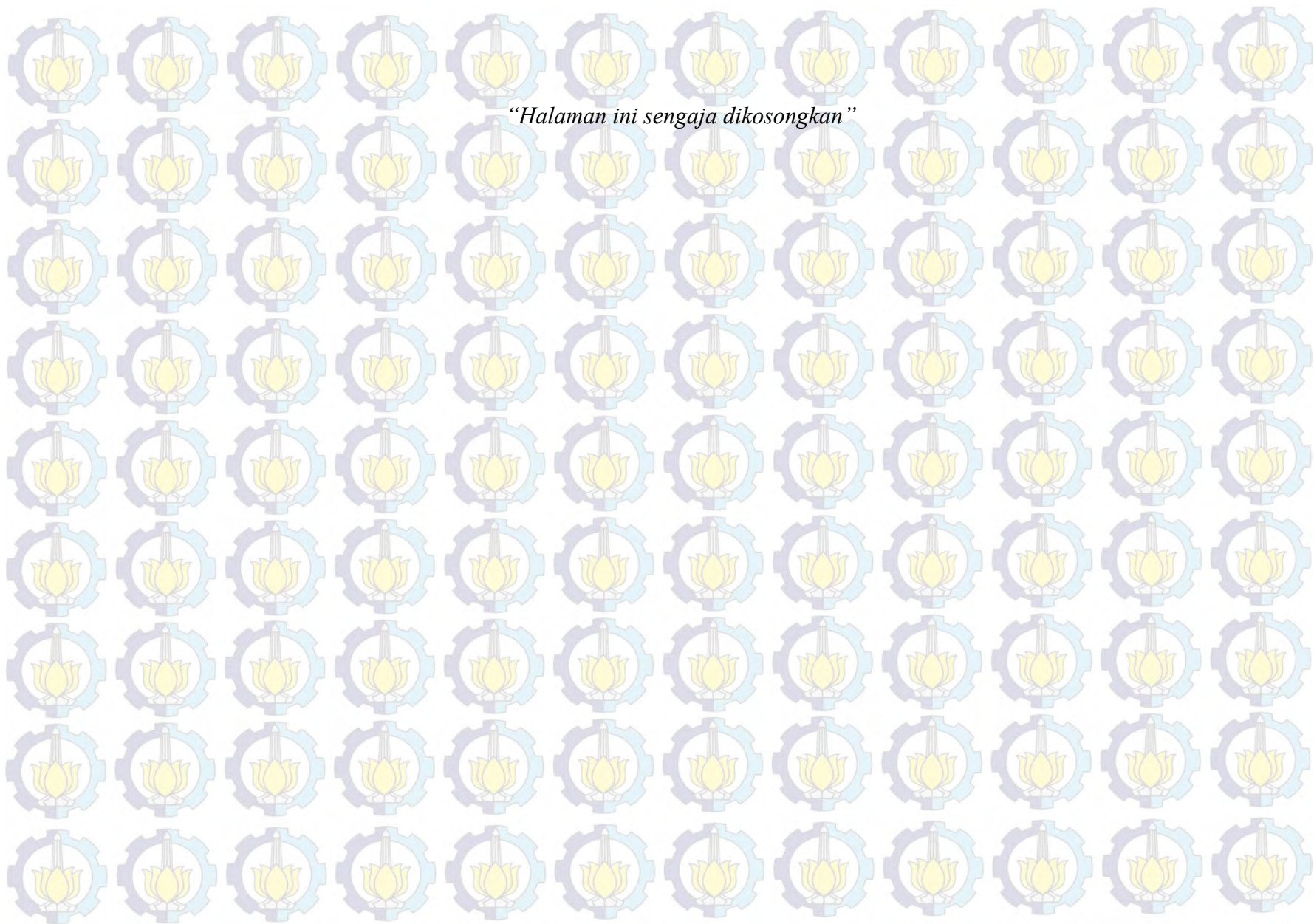
Causal loop diagram, juga menunjukkan hubungan sebab akibat yang terjadi antar faktor yang digambarkan dengan anak panah +/- . Anak panah yang bertanda positif menunjukkan hubungan berbanding lurus, dimana penambahan nilai pada faktor tersebut menyebabkan penambahan nilai pada faktor yang dipengaruhi. Sebaliknya, anak panah yang bertanda negatif menunjukkan hubungan berbanding terbalik, dimana penambahan nilai pada faktor tersebut akan menyebabkan penurunan nilai pada faktor yang dipengaruhi. *Causal loop diagram* dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik ditunjukkan pada **Gambar 4.30**.

Beberapa faktor juga ditambahkan pada *causal loop diagram* ini sebagai faktor yang melengkapi sistem meskipun bukan faktor kunci. Hal ini dilakukan untuk menjadikan sistem yang dibuat sedemikian rupa sehingga sesuai dengan kondisi nyata. Faktor pelengkap tersebut sebagai kontrol agar sistem masih dalam ruang rasional sistem nyata. Seperti alokasi lahan terbangun sesuai rencana tata ruang wilayah (RTRW). Faktor ini dimasukkan dalam sistem sebagai pembatas (*constrain*) pertumbuhan industri dan lahan terbangun. Pada awalnya pertumbuhan lahan terbangun hanya terbatas pada luas wilayah yang artinya seluruh wilayah dapat berubah menjadi terbangun. Jika logika tersebut dipertahankan maka menjadi tidak rasional karena pada kondisi sebenarnya pertumbuhan tersebut terbatas oleh alokasi lahan sesuai rencana tata ruang. Selain itu hubungan faktor penggunaan lahan dan serapan alami gas CO₂ digabungkan dalam satu kelompok hubungan penggunaan lahan karena tidak dapat dilepaskan dari faktor lahan RTH. Selain itu juga ditambahkan faktor sistem pengangkutan sampah dimana semakin baik dan luas pelayanan pada sistem pengangkutan sampah maka semakin banyak sampah yang diangkut, diolah ke TPA dan meminimalkan pembakaran sampah.

Pada konseptualisasi sistem ini juga ditambahkan kelompok hubungan status ekologis. Kelompok ini bukan merupakan faktor keseimbangan emisi gas CO₂ namun sebagai tolak ukur perhitungan status ekologis wilayah perkotaan Gresik akibat dinamika produksi emisi gas CO₂ (telapak ekologis) dan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ (biokapasitas) di wilayah perkotaan Gresik. Perhitungan ini didasarkan pada pendekatan telapak ekologis yang digunakan untuk membangun model sistem pada penelitian ini.



Gambar 4. 30 Causal Loop Diagram Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Pertumbuhan Emisi Gas CO₂ Di wilayah perkotaan Gresik (Sumber : Hasil Analisa 2014)



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Pada **Gambar 4.30** diketahui bahwa interrelasi antar faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik terdiri dari 6 *loop* (interrelasi) utama yang saling terkait yaitu kegiatan industri, kegiatan transportasi, kegiatan perumahan, penggunaan lahan, kependudukan dan status ekologi. Pada *loop* status ekologi digunakan untuk mengukur telapak ekologis, biokapasitas dan status ekologi sehingga diketahui dinamika defisit ekologis di wilayah perkotaan Gresik.

Pada kelompok *loop* pertama yaitu kependudukan. Jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan penduduk. Jumlah penduduk yang semakin meningkat mempengaruhi peningkatan jumlah rumah tangga (KK). Jumlah rumah tangga kemudian berdampak pada *loop* kedua yaitu kegiatan perumahan. Penggunaan energi rumah tangga seperti energi untuk memasak dan energi listrik semakin meningkat seiring jumlah rumah tangga yang meningkat. Kebijakan konversi energi dari minyak tanah ke LPG menurunkan penggunaan minyak tanah dan meningkatkan penggunaan LPG. Peningkatan juga terjadi pada pembakaran sampah rumah tangga akibat timbunan sampah yang meningkat. Pembakaran sampah dapat menurun ketika sistem pengangkutan sampah berjalan optimal dan menyeluruh ke seluruh wilayah. Penggunaan energi dan pembakaran sampah rumah tangga ini pada akhirnya terakumulasi dalam total produksi emisi gas CO₂ permukiman.

Pada *loop* ketiga yaitu kegiatan industri, pertumbuhan emisi gas CO₂ didominasi oleh produksi dari industri kimia, logam, kayu dan pupuk. Dalam *loop* ini masing-masing jenis industri dibedakan berdasarkan jenis tersebut. Jumlah industri tersebut dominan di wilayah perkotaan Gresik. Peningkatan jumlah industri ini turut meningkatkan akumulasi kapasitas produksi masing-masing jenis industri di wilayah perkotaan Gresik. Meskipun demikian pertumbuhan jenis industri dibatasi oleh alokasi penggunaan lahan terbangun sesuai RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031. Hal ini akibat okupasi lahan untuk pertumbuhan industri terbatas pada alokasi lahan terbangun yang sudah ditentukan pada RTRW Kab. Gresik Tahun 2011-2031.

Peningkatan kapasitas produksi meningkatkan penggunaan bahan baku, bahan bakar dan energi listrik selama proses produksi berlangsung. Proses produksi tersebut kemudian menghasilkan emisi gas CO₂ secara langsung dari pengolahan

bahan baku dan penggunaan energi. Dalam sistem, faktor emisi setiap jenis industri merupakan cerminan jumlah emisi gas CO₂ yang dihasilkan dalam setiap proses produksi satu ton produk. Keseluruhan proses produksi industri-industri ini kemudian meningkatkan total produksi emisi gas CO₂ sektor industri dan total emisi gas CO₂ keseluruhan.

Pada *loop* keempat yaitu kegiatan transportasi, total produksi emisi gas CO₂ dihasilkan dari penggunaan bahan bakar baik bensin maupun solar oleh masing-masing jenis kendaraan. Jumlah kendaraan terutama kendaraan roda dua dan roda empat terus meningkat setiap tahunnya mengikuti peningkatan jumlah rumah tangga. Adanya kebijakan pembatasan kendaraan pribadi dapat memperlambat laju pertumbuhan kendaraan tersebut. Selain itu, pada jumlah kendaraan roda empat lebih merupakan banyak dari jenis kendaraan industri sehingga peningkatannya dipengaruhi oleh jumlah industri.

Loop kelima yaitu penggunaan lahan. Pada *loop* ini pertumbuhan jumlah industri dan rumah tangga meningkatkan luas lahan terbangun akibat tingginya konversi lahan. Konversi lahan yaitu perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Peningkatan lahan terbangun secara otomatis akan menurunkan luas lahan non terbangun. Meskipun terjadi peningkatan lahan terbangun, jika pengawasan RTH pada pembangunan tapak-tapak bangunan berjalan optimal maka dapat meningkatkan lahan non terbangun karena kewajiban penyediaan RTH privat. Lahan non terbangun ini dapat dibedakan berdasarkan jenis tutupan hijau pada lahan yaitu pohon, semak dan non hijau (badan air, sungai dan tambak).

Luas tutupan pohon dan semak kemudian mempengaruhi total penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Kemampuan penyerapan tersebut diukur sebagai biokapasitas wilayah pada *loop* keenam, status ekologis. Semakin besar biokapasitas maka dapat berpotensi meningkatkan status ekologis. Selain itu, status ekologis juga dipengaruhi oleh telapak ekologis. Telapak ekologis merupakan total produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Telapak ekologis meningkat seiring peningkatan akumulasi emisi gas CO₂ dari keseluruhan kegiatan yaitu perumahan, transportasi dan industri. Semakin besar total emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik maka meningkatkan kebutuhan lahan penyerap emisi tersebut.

4.2.3. Membangun Model Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik

Hasil analisis pada sasaran 2 sebelumnya sudah terbentuk susunan sistem hubungan masing-masing faktor keseimbangan emisi gas CO₂. Hasil sasaran dua tersebut kemudian didetailkan dalam rancangan model sistem dengan menggunakan software STELLA v9. Untuk mendapatkan model yang fit dan representatif terhadap sistem nyata maka perlu dilakukan tahapan-tahapan uji sebelum model sistem yang dibuat dapat mensimulasikan skenario pengurangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Bagian ini akan mengulas rancangan model sistem dan tahapan ujiannya. Bagian ini terdiri dari 6 sub bahasan. Pada sub bab 4.2.3.1 menjelaskan stock and flow diagram yang merupakan pendetailan hubungan antar faktor dalam *causal loop diagram*. Kemudian pada sub bab 4.2.3.2 akan menjelaskan formulasi model. Selanjutnya sub bab 4.2.3.3 menjelaskan mengenai verifikasi model sistem yang dibuat. Verifikasi ini untuk mengetahui konsistensi satuan data dan interrelasi antar faktor dalam model yang dibuat. Pada sub bab 4.2.3.4 menjelaskan validasi model sistem untuk mengetahui tingkat keandalan (*fittingness*) melalui dua uji tahapan yaitu uji kondisi ekstrim dan uji perilaku /replikasi data.

Selanjutnya pada sub bab 4.2.3.5 menjelaskan simulasi data aktual dalam model setelah model terverifikasi dan tervalidasi. Simulasi ini dapat diketahui faktor-faktor yang dominan dalam sistem defisit ekologis keseimbangan emisi gas CO₂. Kemudian pada sub bab 4.2.3.6 akan menjelaskan uji sensitivitas pada model sistem yang dibuat. Uji ini bukan sebagai validasi model seperti pada sub bahasan 4.2.3.4 namun hanya untuk mengetahui tingkat sensitivitas faktor utama dalam mempengaruhi sistem keseluruhan. Pada bagian akhir sub bab 4.2.3.7 akan menjelaskan uji simulasi skenario pada model sistem yang dibuat untuk mengetahui model sistem yang dibuat dapat diaplikasikan untuk merumuskan kebijakan.

4.2.3.1. Penyusunan Stock and Flow Diagram (SFD)

Penyusunan *stock and flow diagram (SFD)* ini berdasarkan *causal loop diagram* yang telah disusun sebelumnya. *Stock and flow diagram (SFD)* atau diagram alir ini merupakan penjabaran lebih rinci dari sistem yang sebelumnya

ditunjukkan oleh *causal loop diagram* karena pada diagram ini memperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar faktor, sehingga nantinya setiap faktor mampu menunjukkan hasil akumulasi yang disebut jenis faktor *level/stock*, dan faktor yang merupakan laju aktivitas sistem tiap periode waktu disebut dengan jenis *rate/flow*. Dalam hal ini *rate* merupakan faktor satu-satunya yang mempengaruhi *level*. Sedangkan *converter* merupakan faktor yang bersifat sebagai aliran informasi yang memiliki nilai konstan. Untuk menghubungkan faktor satu dengan lainnya diperlukan *connector*, dimana yang menghubungkan antara *converter* dengan *converter*, *converter* ke *rate*, *rate* ke *coverter*, *level* ke *rate*, dan *level* ke *converter*. Oleh karena itu faktor dalam sistem dapat ditambahkan untuk mendetailkan hubungan antar faktor sebagai *rate*, *converter* dan *level*.

Pada model *stock and flow diagram*, setiap faktor yang telah didefinisikan akan memiliki formulasi yang berbeda-beda. Detail mengenai formulasi dan satuan untuk setiap faktor ditunjukkan pada **Lampiran H** dan **Lampiran I**. Formulasi untuk setiap faktor akan dibuat berdasarkan rumus-rumus umum, kondisi aktual yang terjadi, dan data-data terkait. Penjelasan formulasi model akan dijelaskan pada sub bab 4.2.3.2 selanjutnya.

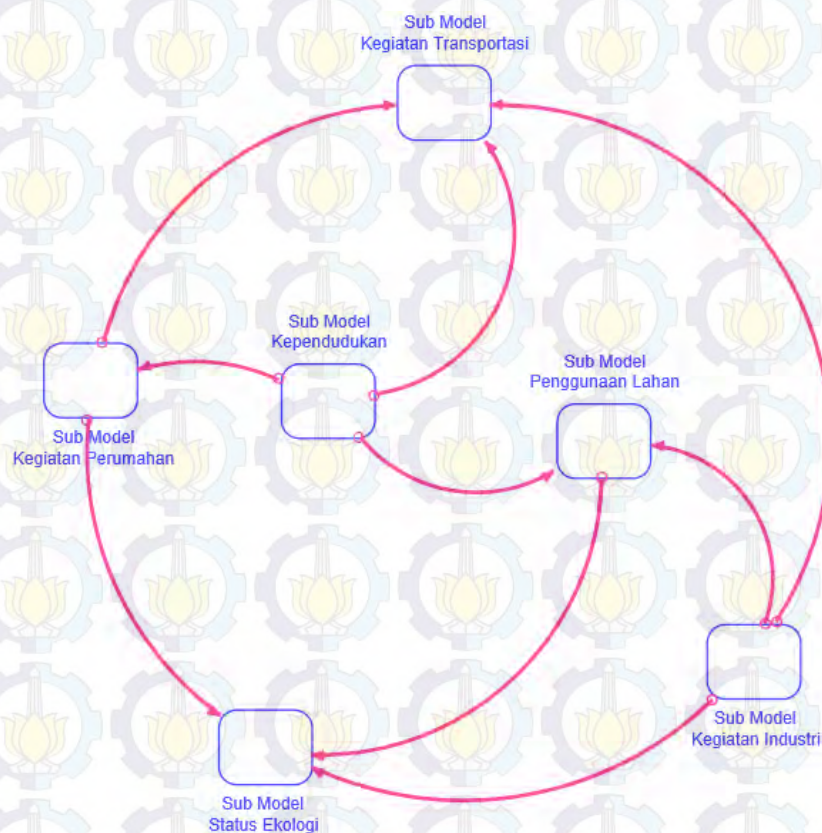
Causal loop diagram sebelumnya memiliki beberapa pengelompokan hubungan faktor. Penyusunan *stock and flow diagram* juga mengikuti pengelompokan hubungan antar faktor yang biasa disebut sebagai sub model. Hal ini dilakukan untuk lebih mudah menggambarkan dan memahami model sistem. Meskipun demikian masing-masing sub model memiliki hubungan satu sama lainnya atau terangkai dalam satu struktur model utama sistem seperti pada **Gambar 4.31**. Beberapa sub model yang digambarkan antara lain :

1. Sub model kependudukan
2. Sub model kegiatan perumahan
3. Sub model kegiatan industri
4. Sub model kegiatan transportasi
5. Sub model penggunaan lahan
6. Sub model status ekologi

Dalam model utama pada **Gambar 4.31** tersebut, dapat dilihat konsep gambaran utama dari *causal lop diagram* yang telah dibuat sebelumnya. Model

tersebut dibuat menjadi beberapa sub model dengan tujuan untuk menjadikan model lebih sederhana sehingga diharapkan dapat dilihat konsep secara holistik dari sistem yang diteliti.

Pada model utama dapat ditunjukkan hubungan antar sub model yang saling mempengaruhi seperti pada penjelasan *causal loop diagram*. Pada lingkaran dalam sistem terdapat sub model kependudukan yang mempengaruhi kegiatan perumahan dalam penggunaan energi, listrik, timbunan sampah. Selain itu sub model kependudukan juga mempengaruhi sub model penggunaan lahan dalam hal penggunaan lahan kegiatan penduduk di wilayah penelitian. Sub model industri pada lingkaran luar berpengaruh terhadap sub model transportasi akibat kendaraan industri dan mobilitas pekerja. Keseluruhan sub model kemudian berpengaruh terhadap sub model status ekologi wilayah tersebut.



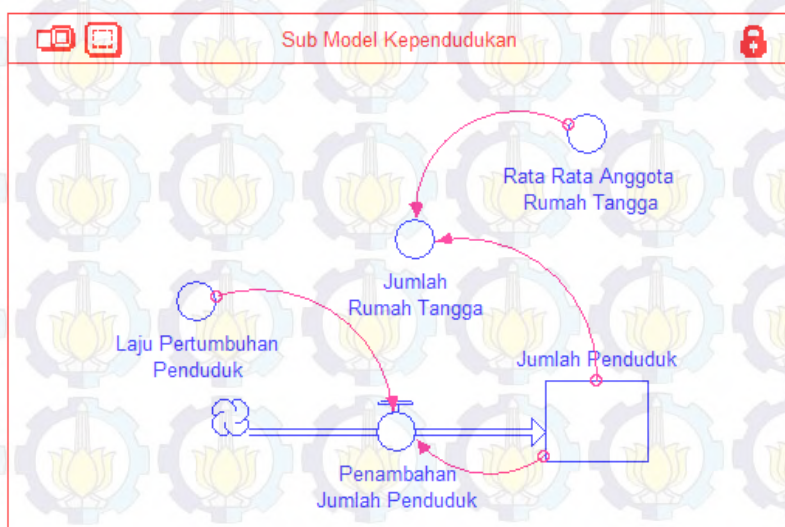
Gambar 4. 31 Model Utama Hubungan Antar Sub Model yang berpengaruh terhadap pertumbuhan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik

Sumber : Hasil Analisa 2014

Selain itu, penjelasan masing-masing sub model dapat dideskripsikan sebagai berikut :

A. Sub Model Kependudukan

Faktor jumlah penduduk dan rumah tangga merupakan beberapa faktor penting yang berpengaruh pada pertumbuhan emisi gas CO₂. Dalam submodel ini, terdapat faktor jumlah penduduk sebagai level serta penambahan jumlah penduduk sebagai rate (pengatur arus *inflow* dan *outflow*) yang mempengaruhi level. Jumlah penduduk sebagai level karena jumlah penduduk memiliki nilai awal (*stock*) yang mengalami peningkatan akibat pertumbuhan penduduk setiap tahunnya. Jumlah penduduk ini kemudian mempengaruhi pertumbuhan jumlah rumah tangga (RT) yang diitung dari rata-rata jumlah anggota rumah tangga di wilayah perkotaan Gresik. Pada sub model ini *inflow* jumlah penduduk hanya diukur dari laju pertumbuhan penduduk setiap tahunnya. Secara keseluruhan, faktor-faktor yang mempengaruhi submodel kependudukan dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.



Gambar 4. 32 Sub Model Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga

Sumber : Hasil Analisa 2014

B. Sub Model Kegiatan Perumahan

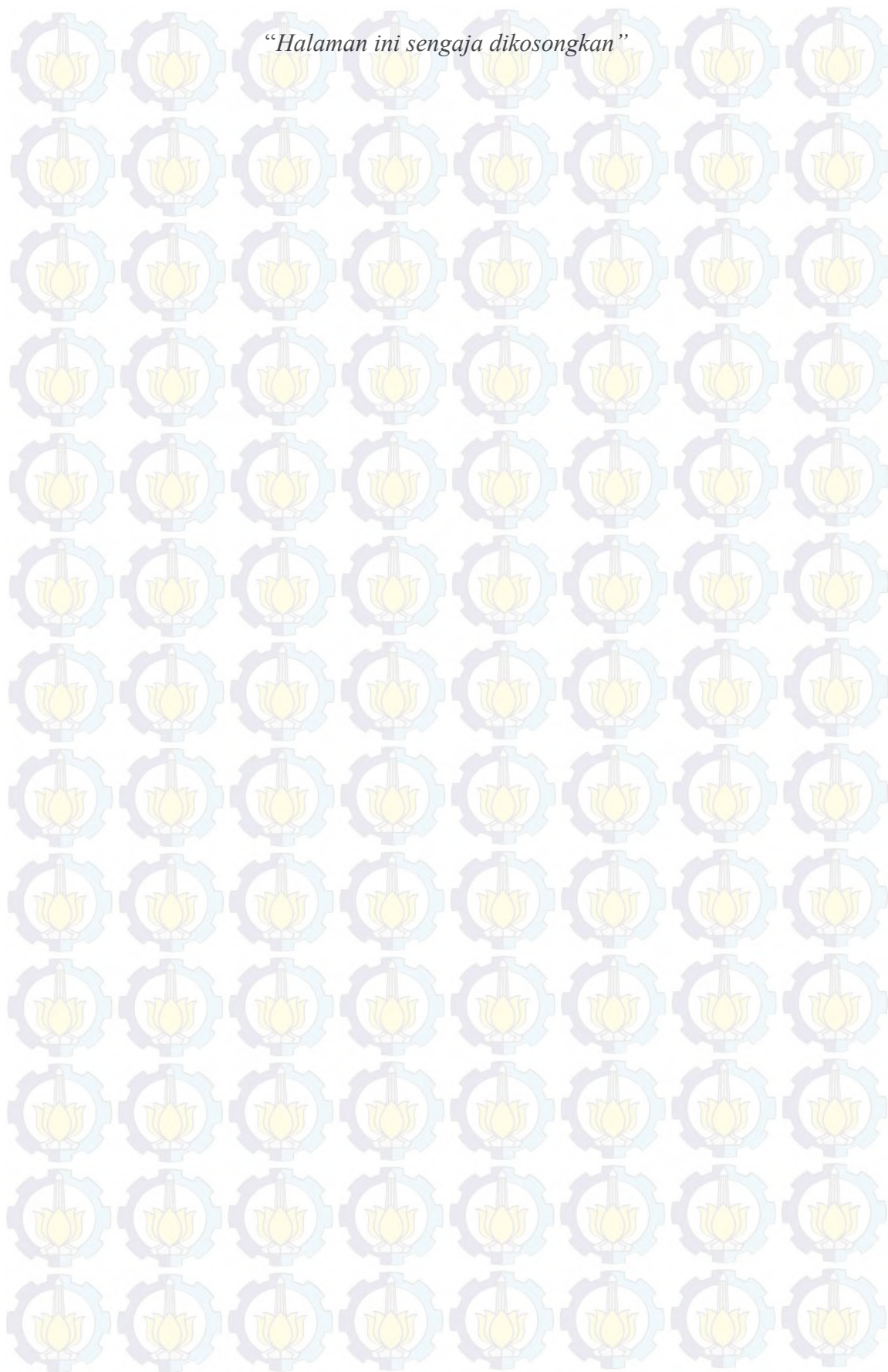
Konsumsi energi dalam rumah tangga yang dapat menghasilkan emisi gas CO₂ adalah konsumsi energi untuk memasak. Di wilayah perkotaan Gresik, konsumsi energi untuk memasak terbagi menjadi dua jenis yaitu penggunaan minyak tanah dan juga penggunaan LPG. Faktor prosentase penggunaan minyak

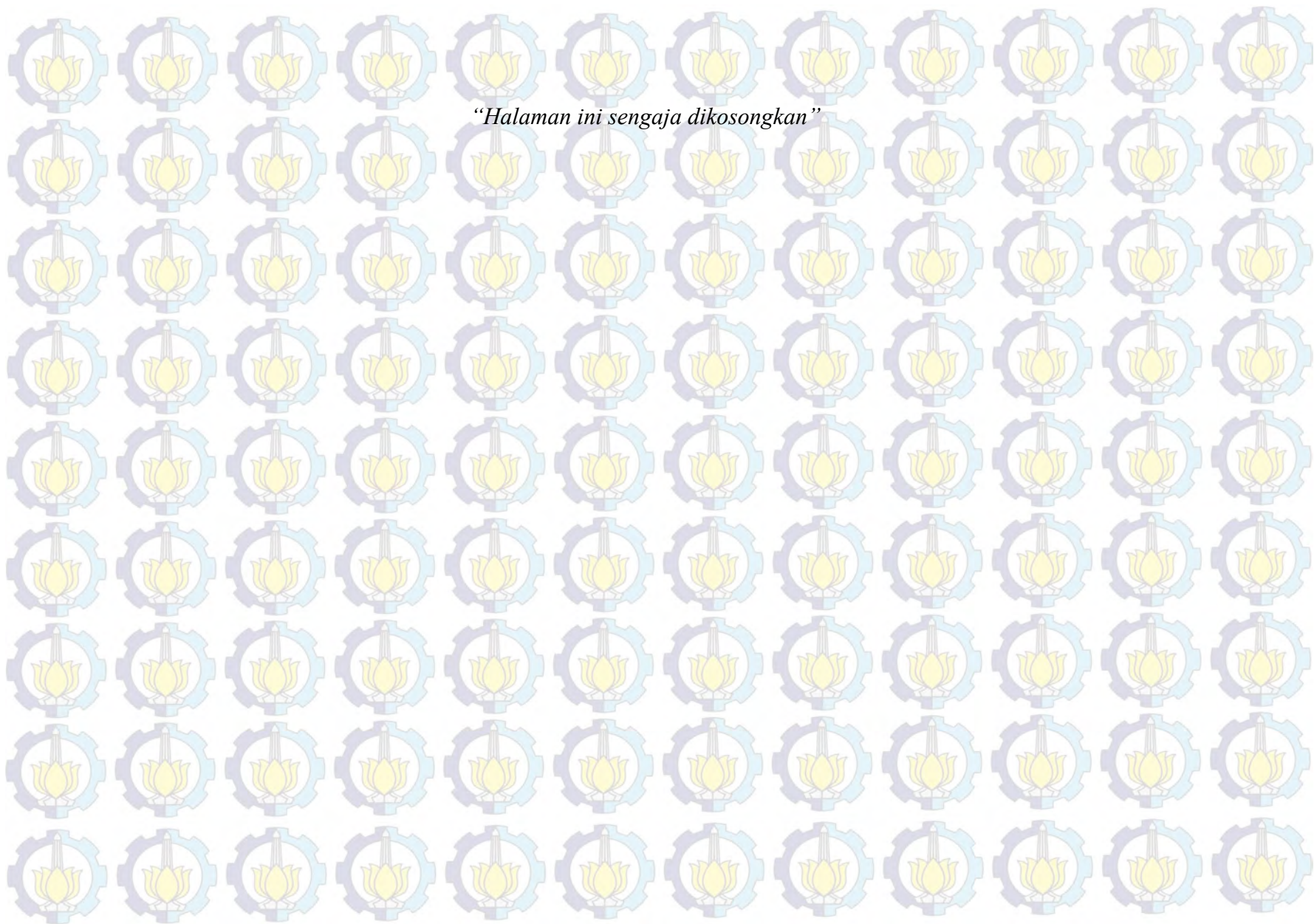
tanah dan LPG merupakan *stock* dalam submodel ini. Hal ini dilakukan karena prosentase jumlah pengguna minyak tanah atau LPG memiliki nilai jumlah awal yang mengawali aliran nilai faktor lainnya. Selain itu, yang bertindak sebagai *rate* adalah perubahan rumah tangga pengguna minyak tanah ke LPG. Penambahan ini dipengaruhi oleh laju perubahan rumah tangga pengguna minyak tanah ke LPG dan kebijakan konversi energi sebagai nilai konstanta. Dalam kaitannya dengan produksi emisi gas CO₂, jumlah rumah tangga pengguna minyak tanah atau LPG dikaitkan dengan rata-rata penggunaan minyak tanah atau LPG per rumah tangga. Dengan demikian jumlah penggunaan minyak tanah atau LPG keseluruhan dapat diketahui. Dengan mengkaitkan nilai *net calorie value (NCV)* dan faktor emisi gas CO₂ masing-masing jenis bahan bakar dapat diketahui produksi emisi gas CO₂ yang dihasilkan.

Di samping itu dalam sub model ini juga terdapat faktor jumlah pemakaian listrik rumah tangga yang berperan sebagai *stok*. Nilai awal pada faktor ini mengawali nilai dari faktor-faktor lainnya yang terkait. Jumlah pemakaian listrik rumah tangga hanya dipengaruhi penambahan pemakaian listrik rumah tangga yang bertindak sebagai *rate (inflow dan outflow)*. Penambahan pemakaian listrik rumah tangga ini dipengaruhi oleh besarnya laju pertumbuhan pemakaian listrik rumah tangga sebagai konstanta. Dalam kaitannya dengan produksi emisi gas CO₂, jumlah pemakaian energi listrik dikaitkan dengan nilai emisi faktor emisi gas CO₂ pemakaian listrik.

Jumlah rumah tangga juga turut mempengaruhi besar jumlah sampah yang dibakar. Nilai jumlah sampah saat ini dan aliran pengolahan sampah tidak dihiraukan dalam model ini sehingga faktor jumlah timbunan sampah rumah tangga tidak digambarkan menjadi *stock*. Dengan mengaitkan rata-rata produksi sampah rumah tangga dan prosentase sampah yang dibakar maka akan diketahui jumlah sampah rumah tangga yang dibakar. Dalam kaitannya dengan produksi emisi gas CO₂ maka jumlah sampah rumah tangga yang dibakar dikaitkand engan faktor emisi gas CO₂ dari aktivitas pembakaran sampah. Selengkapnya mengenai *stock and flow diagram* hubungan antar faktor dalam sub model kegiatan perumahan dapat dilihat pada **Gambar 4.33**.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





C. Sub Model Kegiatan Industri

Pada sub model ini, faktor jumlah industri pada masing-masing jenis industri menjadi faktor utama yang memiliki nilai awal dan mengawali perubahan nilai faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu faktor jumlah industri sebagai *stock*. Perubahan nilai jumlah industri dikontrol oleh penambahan industri sebagai *rate*. Faktor ini dipengaruhi oleh laju pertumbuhan industri sebagai konstanta.

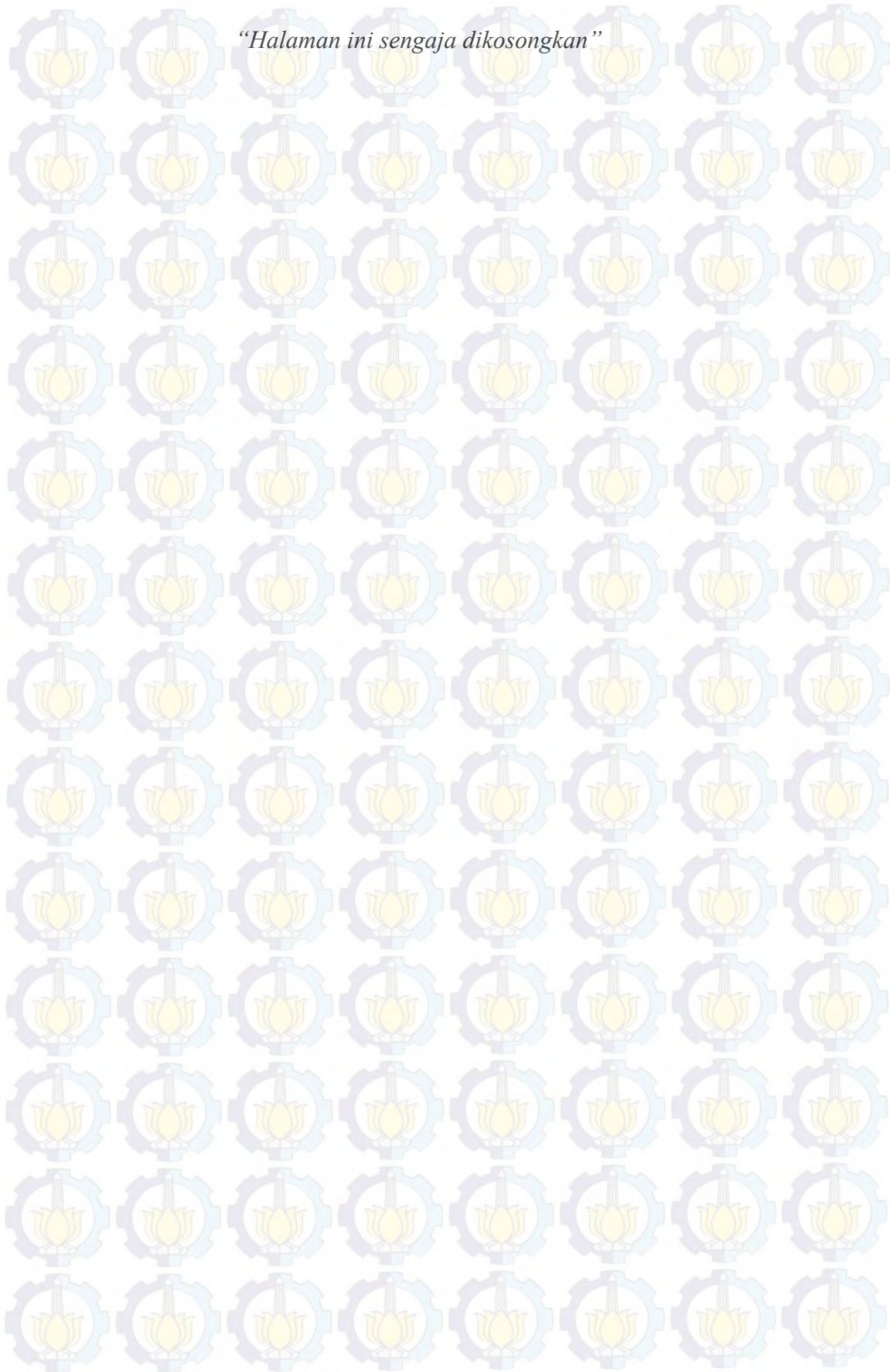
Perubahan nilai pada jumlah industri kemudian mengalir merubah nilai pada faktor total kapasitas produksi masing-masing jenis industri. Masing-masing jenis industri memiliki faktor emisi gas CO₂ akibat proses produksi sebagai konstanta. Dengan demikian produksi emisi gas CO₂ masing-masing jenis industri dan total produksi emisi gas CO₂ sektor industri dapat diketahui. Selengkapnya mengenai *stock and flow diagram* hubungan antar faktor dalam sub model kegiatan industri dapat dilihat pada **Gambar 4.34**.

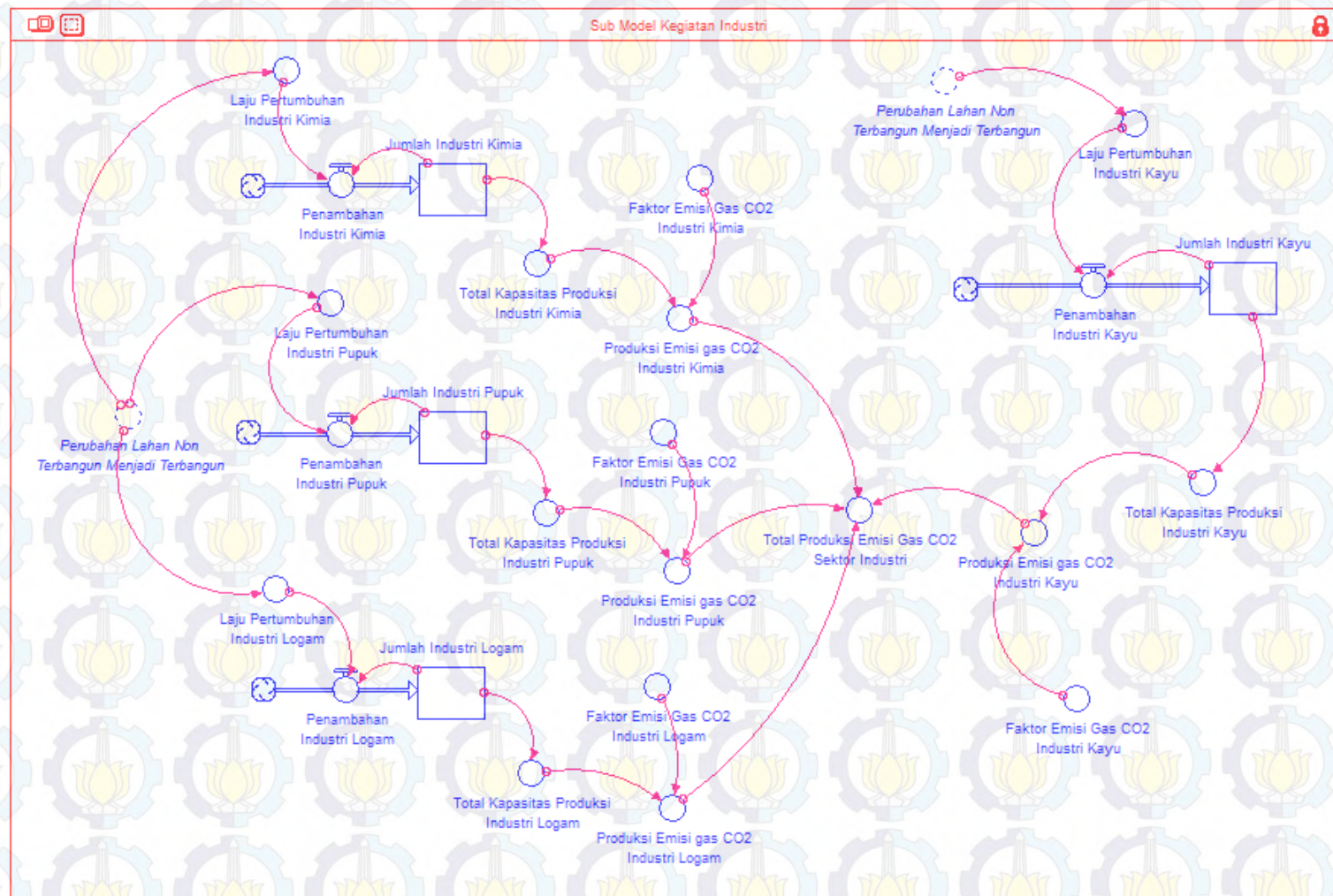
D. Sub Model Kegiatan Transportasi

Sektor transportasi merupakan sektor yang tubuh pesat diakibatkan kebutuhan pergerakan dari kegiatan industri dan juga kegiatan perumahan. Dalam hal ini, faktor utama dalam sub model kegiatan transportasi adalah jumlah kendaraan. Terdapat 3 jenis kendaraan yang menjadi faktor utama dalam sub model ini, yaitu jumlah sepeda motor, jumlah kendaraan roda 4, dan jumlah kendaraan roda 4 lebih. Faktor jumlah kendaraan memiliki nilai awal dan mengawali aliran nilai faktor-faktor lainnya sehingga digambarkan sebagai *stock/level* dalam sub model ini.

Yang berfungsi sebagai *rate* adalah penambahan kendaraan bermotor. Faktor penambahan kendaraan ini dipengaruhi oleh laju pertumbuhan jumlah kendaraan dan kebijakan pembatasan kendaraan pribadi sebagai konstanta. Faktor jumlah kendaraan dihubungkan dengan tingkat penggunaan bahan bakar per jenis kendaraan. Dengan demikian dapat diketahui total jumlah penggunaan bahan bakar per jenis bahan bakar. Masing-masing bahan bakar memiliki nilai NCV dan faktor emisi gas CO₂ yang berbeda. Dengan demikian dapat diketahui total produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi. Selengkapnya mengenai *stock and flow diagram* hubungan antar faktor dalam sub model kegiatan transportasi dapat dilihat pada **Gambar 4.35**.

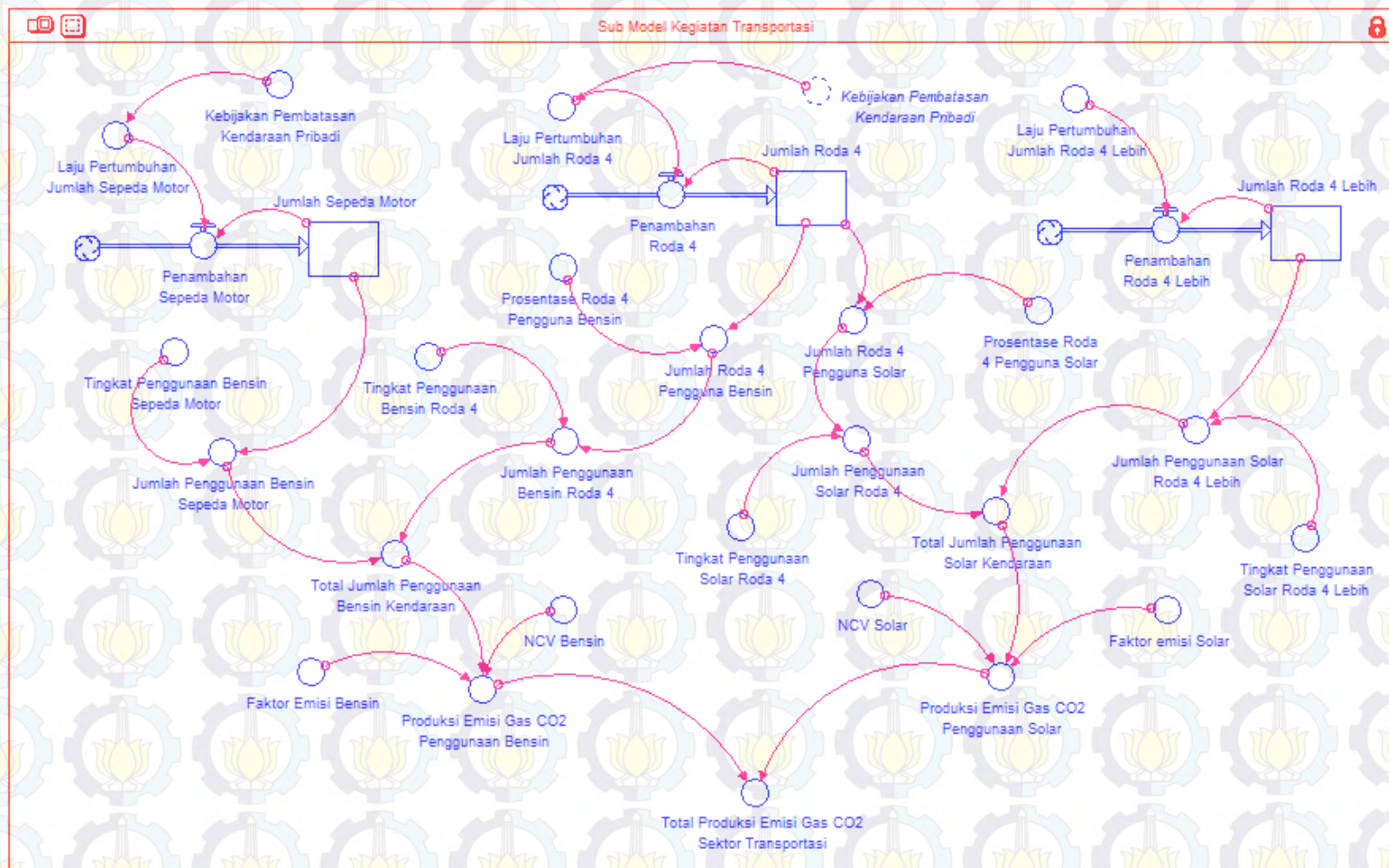
“Halaman ini sengaja dikosongkan”





Gambar 4. 34 Sub Model Kegiatan Industri

Sumber : Hasil Analisa 2014

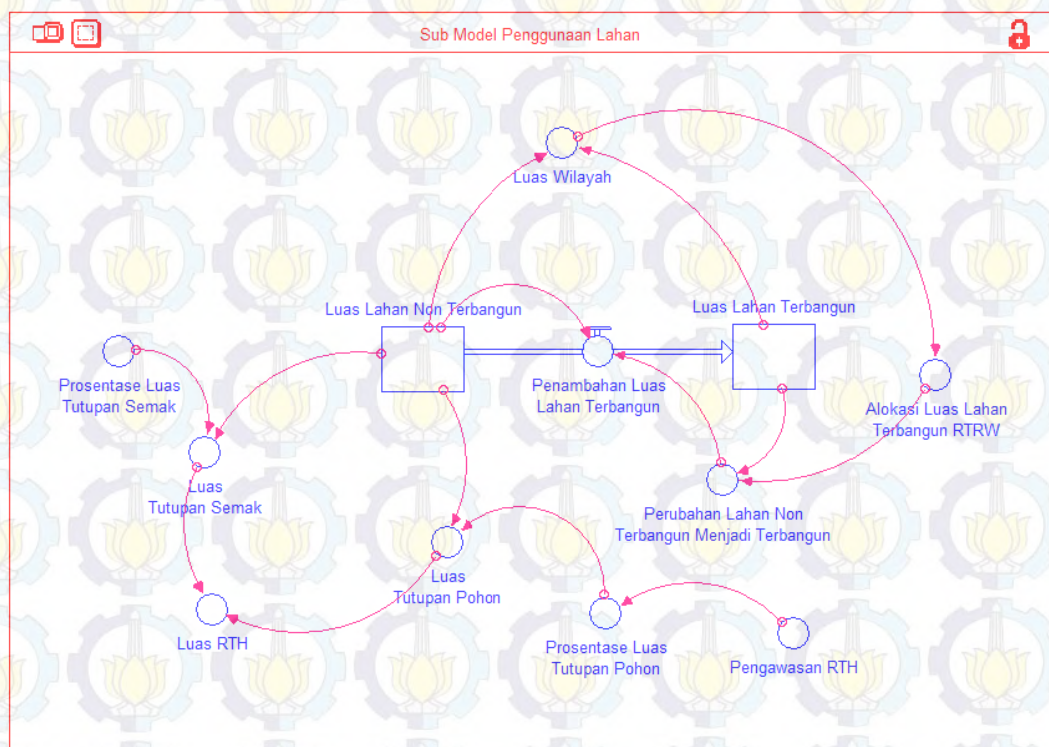


Gambar 4. 35 Sub Model Kegiatan Transportasi

Sumber : Hasil Analisa 2014

E. Sub Model Penggunaan Lahan

Aspek penggunaan lahan yang diamati dalam hal ini menggambarkan luas lahan yang dapat menghasilkan emisi gas CO_2 (luas lahan terbangun) dan juga luas lahan yang mampu menyerap emisi gas CO_2 (luas lahan non terbangun). Dalam sub model penggunaan lahan terdapat dua faktor yang menjadi *stock* yaitu luas lahan terbangun dan luas lahan non terbangun. Dua faktor ini memiliki nilai awal yang akan mempengaruhi aliran nilai faktor-faktor lainnya. Serta yang berperan sebagai rate adalah faktor penambahan luas lahan terbangun. Penambahan luas lahan terbangun dipengaruhi oleh besarnya perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun dan alokasi luas lahan terbangun RTRW dengan nilai konstanta. Luas lahan non terbangun terdistribusi dalam dua klasifikasi yaitu luas tutupan semak dan luas tutupan pohon. Kebijakan pengawasan RTH dapat meningkatkan luas lahan RTH dari peningkatan prosentase luas tutupan pohon. Secara keseluruhan mengenai *stock and flow diagram* hubungan antar faktor dalam sub model penggunaan lahan dapat dilihat pada **Gambar 4.36**.

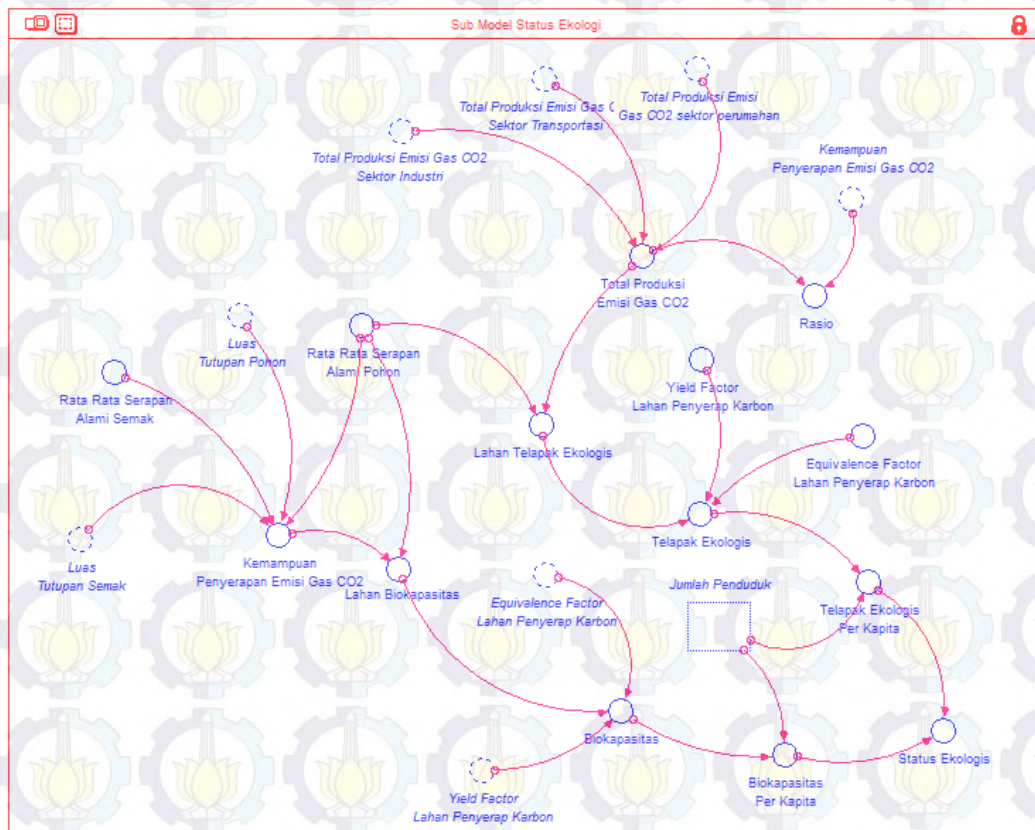


Gambar 4. 36 Sub Model Penggunaan Lahan

Sumber : Hasil Analisa 2014

F. Sub Model Status Ekologi

Semakin besar produksi emisi gas CO₂ mengakibatkan kebutuhan lahan yang mampu menyerap gas CO₂ juga berkurang. Status ekologi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kondisi defisit ekologis wilayah perkotaan Gresik. Sub model status ekologi dipengaruhi oleh faktor telapak ekologis per kapita dan biokapasitas per kapita. Telapak ekologis merupakan kebutuhan lahan penyerap akibat produksi emisi gas CO₂ dalam satuan global hektar sedangkan biokapasitas adalah ketersediaan lahan hijau untuk menyerap emisi gas CO₂ dalam satuan global hektar. Status ekologi merupakan selisih antara telapak ekologis per kapita dan biokapasitas per kapita di wilayah penelitian. Pada sub model dipengaruhi oleh aliran nilai dari sub-sub model lainnya sehingga tidak terdapat *stock/level*. Selengkapnya mengenai *stock and flow diagram* hubungan antar faktor dalam sub model status ekologi dapat dilihat pada **Gambar 4.37**.



Gambar 4. 37 Sub Model Energi Status Ekologi

Sumber : Hasil Analisa 2014

4.2.3.2. Formulasi Model

Setelah detail hubungan faktor tergambar dalam *stock and flow diagram* maka selanjutnya adalah formulasi model. Formulasi model sistem dilakukan dengan memberikan rumus matematis dan satuan perhitungan pada setiap faktor sesuai dengan hubungan antar faktor di dalam model. Pada faktor yang memiliki jenis kualitatif maka dilakukan dengan menjadikan tingkat kualitas faktor dilapangan dengan nilai tertentu. formulasi model masing-masing faktor dapat disajikan pada **Lampiran H** dan **Lampiran I**.

Formulasi model dalam permodelan sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik ini didasarkan pada beberapa hal antara lain :

1. Data historis

Formulasi model dengan dasar data historis dilakukan dengan menelusuri data *time series* suatu faktor dalam model dan mencari pola pertumbuhannya. Dalam model sistem ini formulasi jenis ini banyak dilakukan pada perumusan laju pertumbuhan faktor seperti laju pertumbuhan, laju pertumbuhan jumlah kendaraan, dan laju pertumbuhan industri. Berikut contoh formulasi berdasarkan data historis.

a. Contoh 1 laju pertumbuhan

Berikut ini merupakan proses formulasi faktor laju pertumbuhan penduduk dari data historis :

Data pertumbuhan tahun 1 : 0.19%

Data pertumbuhan tahun 2 : 2.29%

Data pertumbuhan tahun 3 : 0.87%

Data pertumbuhan tahun 4 : 2.44%

Dari data historis tersebut maka laju pertumbuhan penduduk adalah 1.53%. dengan demikian formulasi yang dimasukkan dalam model pada faktor laju pertumbuhan penduduk adalah

$$\text{"laju pertumbuhan penduduk}=0.015\text{"}$$

b. Contoh 2 pertumbuhan random

Berikut merupakan proses formulasi faktor laju pertumbuhan industri kayu dari data historis :

Data pertumbuhan tahun 1 : 10.42%

Data pertumbuhan tahun 2 : 5.66%

Data pertumbuhan tahun 3 : 3.57%

Data pertumbuhan tahun 4 : 5.17%

Data pertumbuhan tahun 1 : 6.56%

Data pertumbuhan tahun 2 : 9.23%

Data pertumbuhan tahun 3 : 14.08%

Data pertumbuhan tahun 4 : 3.70%

Dari data historis tersebut maka laju pertumbuhan industri kayu adalah 6.85% dengan standar deviasi sebesar 0.0372. Formulasi pada model yang diberikan adalah dengan menggunakan formulasi pertumbuhan random karena fluktuatif nilai pertumbuhan setiap tahunnya berpola menyebar.

Dengan demikian formulasi model adalah

$$\text{"laju pertumbuhan industri kayu} = \text{Random}(0.0685, 0.0372, 0) \text{"}$$

2. Pola hubungan antar faktor

Pola hubungan antar faktor dalam melakukan formulasi model dilakukan dengan menghubungkan antar faktor dalam sebuah rumus. Tipe formulasi ini dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pola hubungan regresi dan pola hubungan biasa.

a. Pola hubungan biasa

Berikut ini merupakan contoh formulasi pada model dengan pola hubungan biasa. Contoh ini mengambil hubungan antar faktor jumlah rumah tangga, rata-rata anggota rumah tangga dan jumlah penduduk. Jumlah rumah tangga merupakan jumlah penduduk dibagi jumlah rata-rata anggota rumah tangga. Dengan demikian formulasinya :

$$\text{"Jumlah Rumah Tangga} = \text{Jumlah Penduduk} / \text{Rata Rata Anggota Rumah Tangga} \text{"}$$

b. Pola hubungan regresi

Pola hubungan regresi merupakan formulasi hubungan antar faktor yang dilakukan dengan mencari peningkatan satu satuan nilai faktor terhadap nilai faktor yang dipengaruhi. Contoh formulasi ini adalah hubungan antara total kapasitas produksi dan faktor jumlah industri. Pada awalnya formulasi ini dilakukan proses perhitungan statistik melalui software SPSS 17 dengan memasukkan data histori jumlah industri dan total kapasitas produksi.

Contoh berikut ini adalah pola hubungan regresi jumlah dan total kapasitas produksi industri pupuk. Hasil perhitungan SPSS 17 dapat disajikan pada **Lampiran J** dimana hasilnya menunjukkan bahwa hubungan antar kedua faktor signifikan dengan nilai signifikansi kurang dari 0.05. selain itu memiliki nilai konstanta 1,343,083.83 dan faktor pengali sebesar 38,684.65. Nilai-nilai tersebut memiliki arti setiap peningkatan satu industri pupuk maka kapasitas produksi pupuk meningkat sebesar 1,343,083.83 ton.

$$\text{"Total Kapasitas Produksi Industri Pupuk = (Jumlah Industri Pupuk * 38684.65) + (1343083.83)"}$$

3. Logika berfikir

Formulasi dengan logika berfikir dilakukan dengan memberikan rumus pada faktor melalui logika rasional hubungan faktor seperti dalam kondisi nyata. Contoh formulasi ini adalah hubungan antara perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun dan faktor alokasi luas lahan terbangun RTRW. Perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di wilayah perkotaan Gresik berhenti atau nol ketika luas lahan terbangun sudah mencapai alokasi luas lahan terbangun sesuai RTRW. Dengan demikian formulasi yang diberikan menggunakan perintah "IF" sebagai berikut :

$$\text{"Perubahan Lahan Non Terbangun Menjadi Terbangun = IF (Luas Lahan Terbangun = Alokasi Luas Lahan Terbangun RTRW) THEN 0 ELSE 0.0320"}$$

Dari formulasi diatas mengandung makna bahwa ketika luas lahan terbangun sama dengan alokasi luas lahan terbangun RTRW maka perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun adalah nol. Selain itu ketika belum mencapai alokasi luas lahan RTRW maka perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun adalah tumbuh seperti biasanya yaitu sebesar 0.032 atau 3.2% per tahun.

4. Data Hasil Survei

Data hasil survei dapat dijadikan dasar formulasi. Hal ini seperti yang dilakukan pada faktor rata-rata penggunaan energi rumah tangga dan transportasi. Survei dilakukan untuk mendapatkan rata-rata penggunaan energi memasak seperti penggunaan LPG dan minyak tanah serta rata-rata penggunaan bahan bakar kendaraan. Hasil survei kemudian diinventarisasi dan dicari nilai rata-rata pada faktor yang diinginkan. Contoh formulasi ini adalah formulasi pada faktor tingkat penggunaan bensin sepeda motor. Hasil survei rumah tangga diperoleh bahwa konsumsi rata-rata BBM sepeda motor per unit kendaraan setiap tahunnya adalah 501.14 liter. Dengan demikian formulasi pada model sebagai berikut :

$$\text{"Tingkat penggunaan bensin sepeda motor} = 501.14\text{"}$$

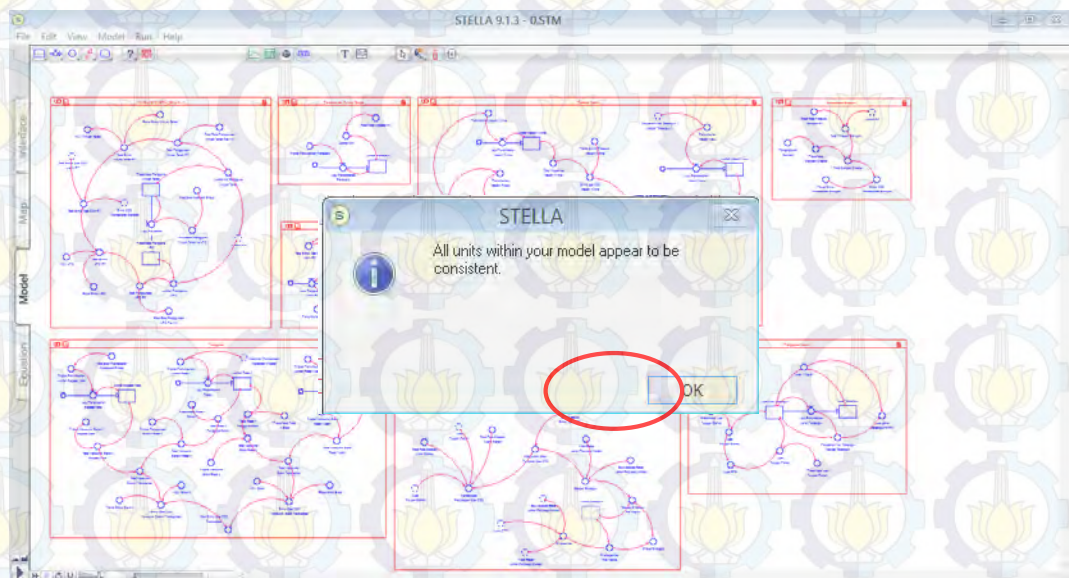
5. Asumsi

Formulasi model yang berdasarkan pada asumsi dilakukan karena kurangnya data atau informasi terkait hubungan antar faktor. Asumsi ini diambil dari hasil penelitian lain. Contoh formulasi ini adalah nilai faktor emisi masing-masing jenis industri yang digunakan untuk mengestimasi besaran emisi gas CO₂ akibat proses produksi, penggunaan bahan bakar, dan sebagainya pada setiap satu satuan produk. Nilai ini diambil dari IPCC (2007). Berikut contoh formulasi asumsi faktor emisi gas CO₂ dari industri pupuk.

$$\text{"Faktor Emisi Gas CO}_2\text{ Industri Pupuk} = 1.884\text{"}$$

4.2.3.3. Verifikasi Model

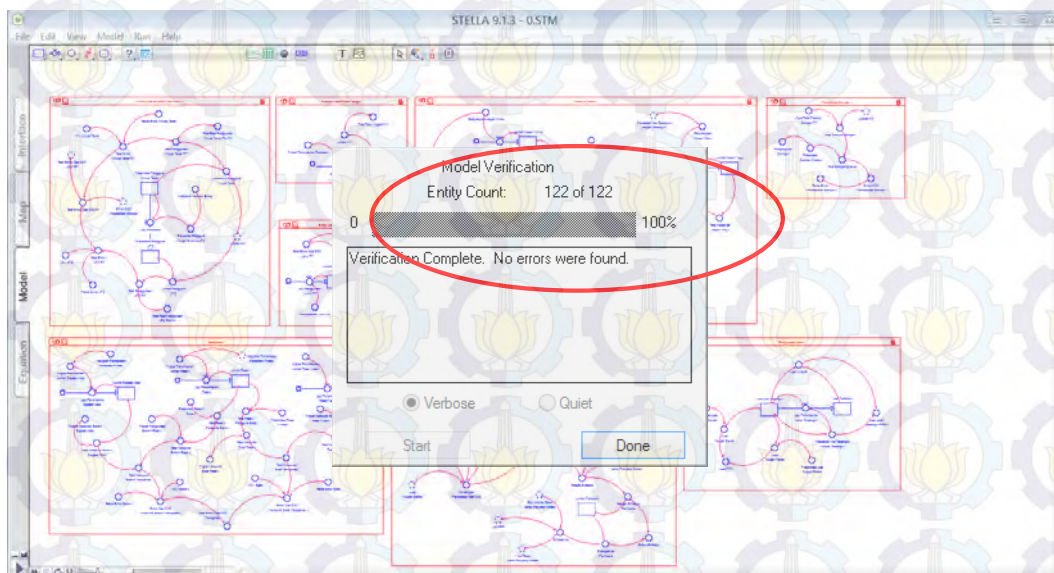
Verifikasi model merupakan tahapan untuk menentukan apakah model simulasi merepresentasikan/merefleksikan model konseptual dengan tepat (Harrel dkk, 2003). Dalam hal ini verifikasi model dilakukan dengan memeriksa error pada model dan meyakinkan bahwa model berfungsi sesuai dengan logika pada sistem pengamatan. Selain itu, verifikasi juga perlu dilakukan dengan memeriksa formulasi (*equations*), model dan memeriksa unit (satuan) faktor dari model secara keseluruhan. Jika tidak terdapat error pada model, maka dapat dikatakan model sudah terverifikasi. Berdasarkan hasil verifikasi model pada program Stella v9 seperti pada **Gambar 4.38** dan **Gambar 4.39** diketahui bahwa model sudah berjalan dengan baik, terverifikasi tanpa terjadi error pada unit formulasi. Berikut ini merupakan verifikasi model aktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.



Gambar 4. 38 Hasil Pengecekan Unit Pada Seluruh Sub Model

Sumber : Hasil Analisa 2014

Pada Gambar 4.38 diatas menunjukkan bahwa model sistem defisit ekologi untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik sudah memiliki unit antar faktor dalam seluruh sub model konsisiten. Konsistensi unit dalam model mengandung pengertian tidak ada satu unit antar faktor yang bertolakbelakang.



Gambar 4. 39 Verifikasi Struktur Model

Sumber : Hasil Analisa 2014

Pada **Gambar 4.40** menunjukkan bahwa struktur model secara keseluruhan tidak ditemukan error. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing faktor dalam sistem sudah memiliki hubungan atau interrelasi dengan faktor yang lainnya.

4.2.3.4. Validasi Model

Validasi merupakan tahapan dalam mengevaluasi apakah model yang dibuat representatif dengan keadaan nyata. Dalam hal ini, validasi dilakukan untuk menentukan bahwa model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik telah merepresentasikan sistem nyata dengan tepat dan memenuhi tujuan pembuatan model secara menyeluruh. Proses validasi dalam model ini dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode *white box* dan *black Box* tepat (Harrel dkk, 2003).

Metode *white box* dilakukan dengan memasukan semua faktor serta keterkaitan antar faktor di dalam model yang di dapatkan dari literatur dan pendapat ahli (*expert*) dalam penelitian ini. Proses ini sudah dilakukan pada saat perumusan *causal loop diagram*. Sedangkan validasi dengan metode *black box* dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai data aktual dengan nilai data hasil simulasi.

Perbandingan tersebut untuk melihat tingkat kekakuratan dan rasionalitas model sistem yang dibuat.

1. Uji Kondisi Ekstrim (*Extreme Conditions Test*)

Uji kondisi ekstrim bertujuan untuk menguji kemampuan model pada kondisi ekstrim nilai faktor yang berubah signifikan sehingga memberi kontribusi sebagai alat evaluasi kebijakan. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan nilai ekstrim terbesar dan terkecil. Pada pengujian ini digunakan faktor dengan nilai normal, nilai ekstrim besar dan nilai ekstrim kecil. Uji kondisi ekstrim dapat dilihat pada **Gambar 4.40** sampai **Gambar 4.47**.

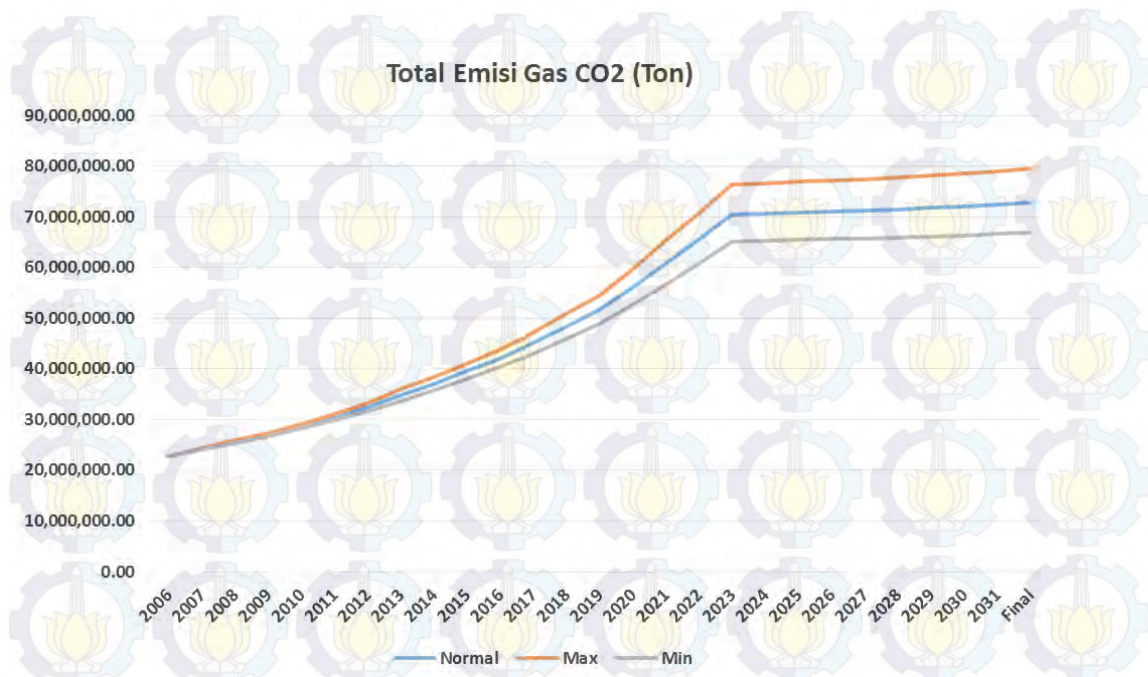
Dalam uji ekstrim ini beberapa faktor yang diuji antara lain faktor jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor dan jumlah industri. Uji ekstrim pada faktor-faktor tersebut dilakukan dengan menurunkan dan menaikkan pertumbuhannya sampai pada kondisi 10% diatas dan dibawah kondisi normal seperti pada **Tabel 4.29** berikut.

Tabel 4. 29. Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Kendaraan Dan Simulasi

Kondisi	Pertumbuhan penduduk	Pertumbuhan Kendaraan Bermotor			Pertumbuhan Industri		
		Roda 4	Roda 4 Lebih	Sepeda Motor	Kimia	Pupuk	Logam
Normal	0.015	0.11	0.11	0.1175	0.0707	0.1743	0.1025
Maks	0.0165	0.121	0.121	0.13	0.0778	0.1917	0.1128
Min	0.0135	0.099	0.099	0.11	0.0636	0.1569	0.0923

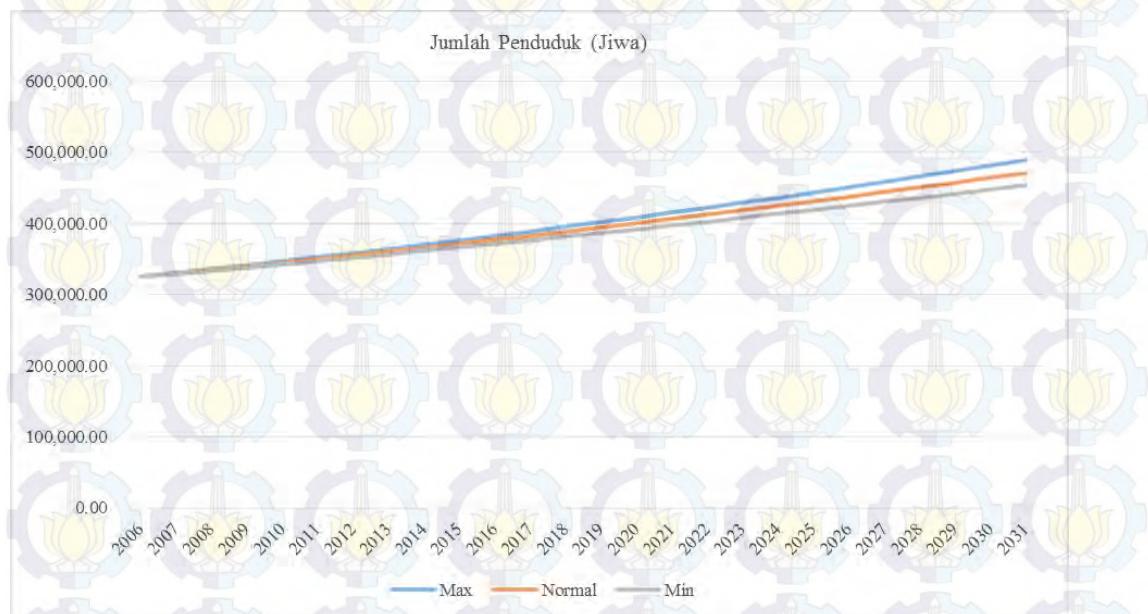
Sumber : Penulis, 2014

Pada **Gambar 4.40** sampai **Gambar 4.47** menunjukkan perilaku masing-masing faktor yang masih menunjukkan kenormalan sistem dengan ditunjukkan pada kecenderungan grafik selaras dengan grafik pada kondisi normal. Grafik uji ekstrim maksimum menunjukkan grafik diatas kondisi normal. Hal ini wajar karena nilai pertumbuhan secara keseluruhan diatas kondisi normal sehingga total produksi emisi gas CO₂ meningkat. Begitu juga sebaliknya pada uji kondisi minimum grafik berada dibawah grafik normal.



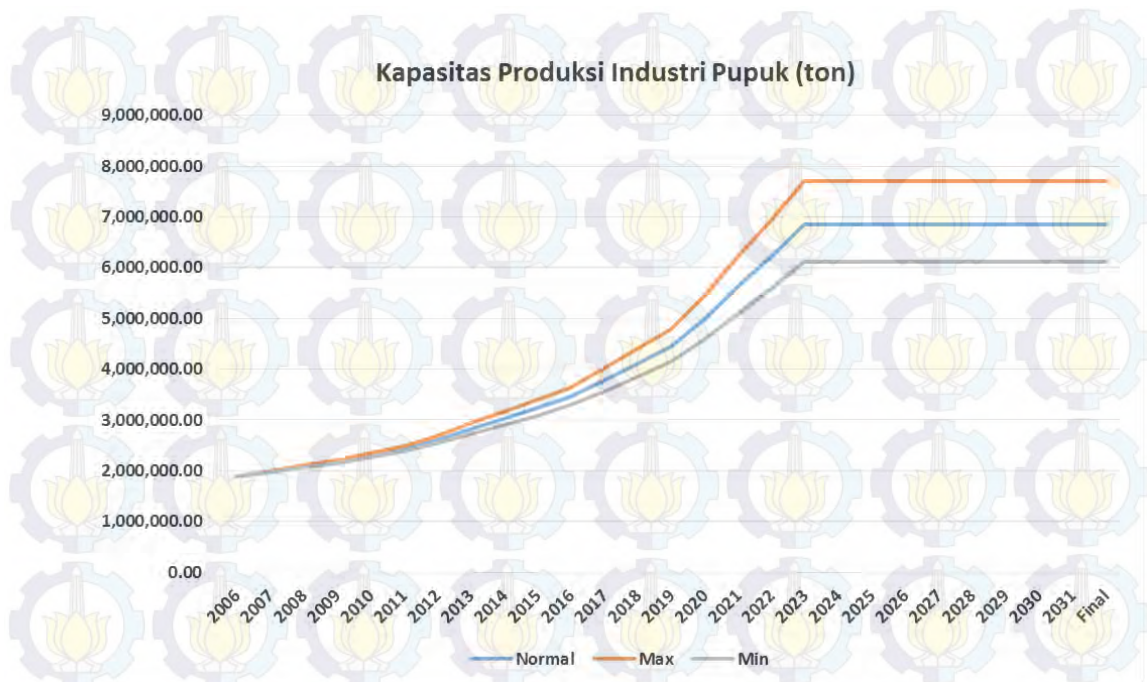
Gambar 4. 40 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Produksi Emisi Gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa 2014



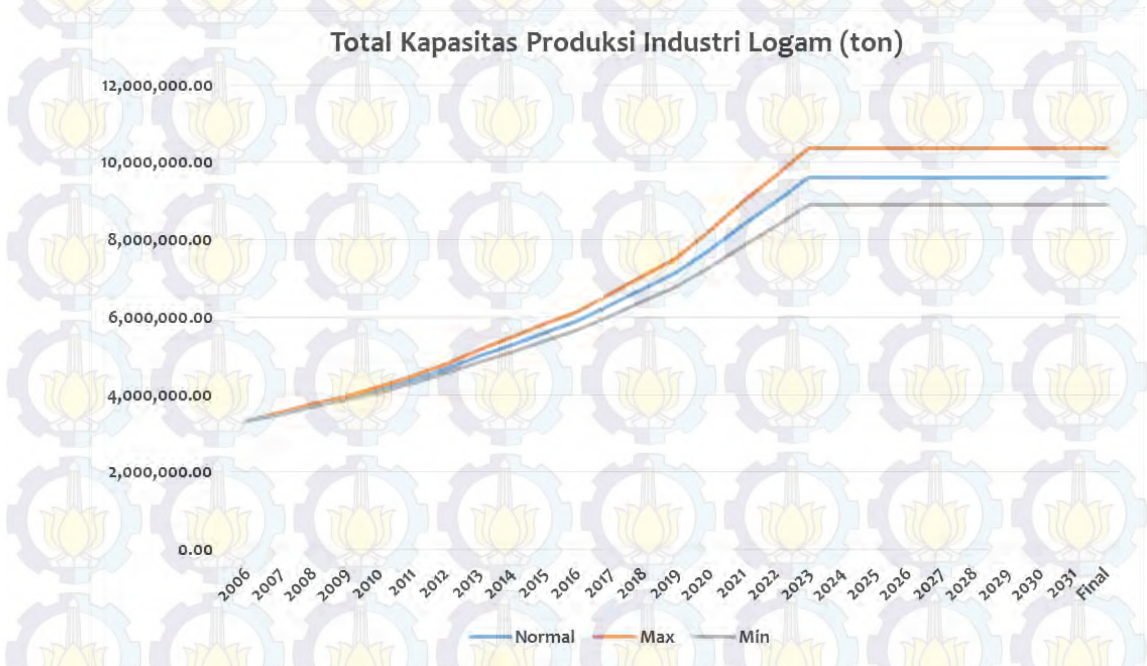
Gambar 4. 41 Hasil Uji Ekstrim Faktor Jumlah Penduduk

Sumber : Hasil Analisa 2014



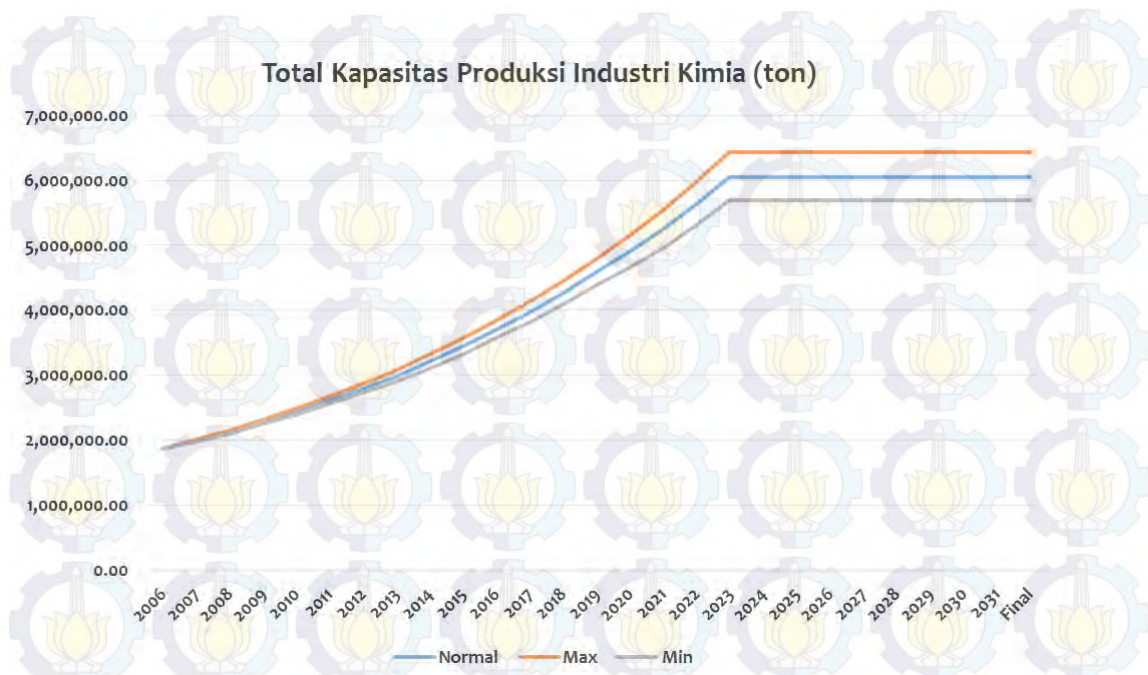
Gambar 4. 42 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Kapasitas Produksi Industri Pupuk

Sumber : Hasil Analisa 2014



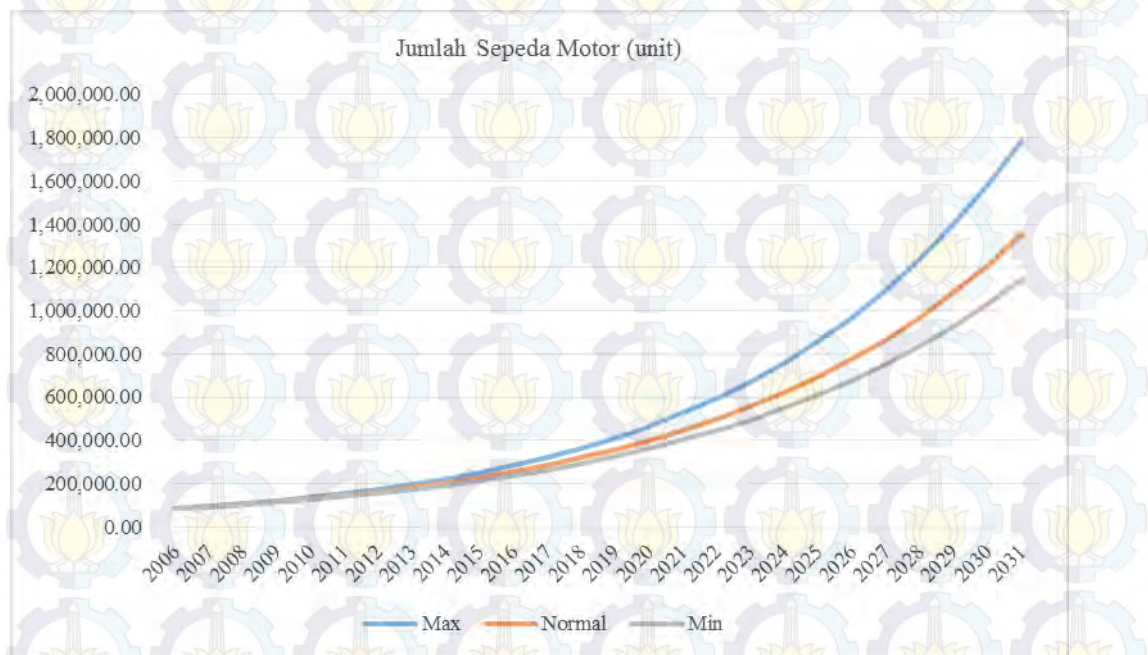
Gambar 4. 43 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Kapasitas Produksi Industri Logam

Sumber : Hasil Analisa 2014



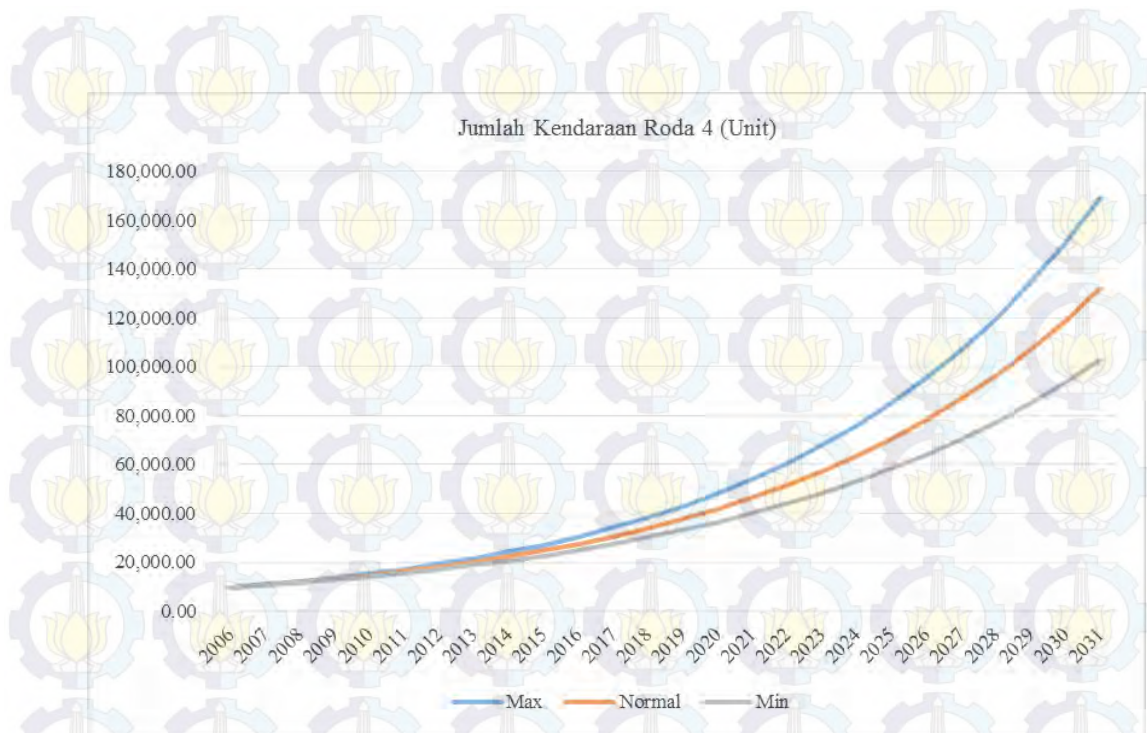
Gambar 4. 44 Hasil Uji Ekstrim Faktor Total Kapasitas Produksi Industri Kimia

Sumber : Hasil Analisa 2014



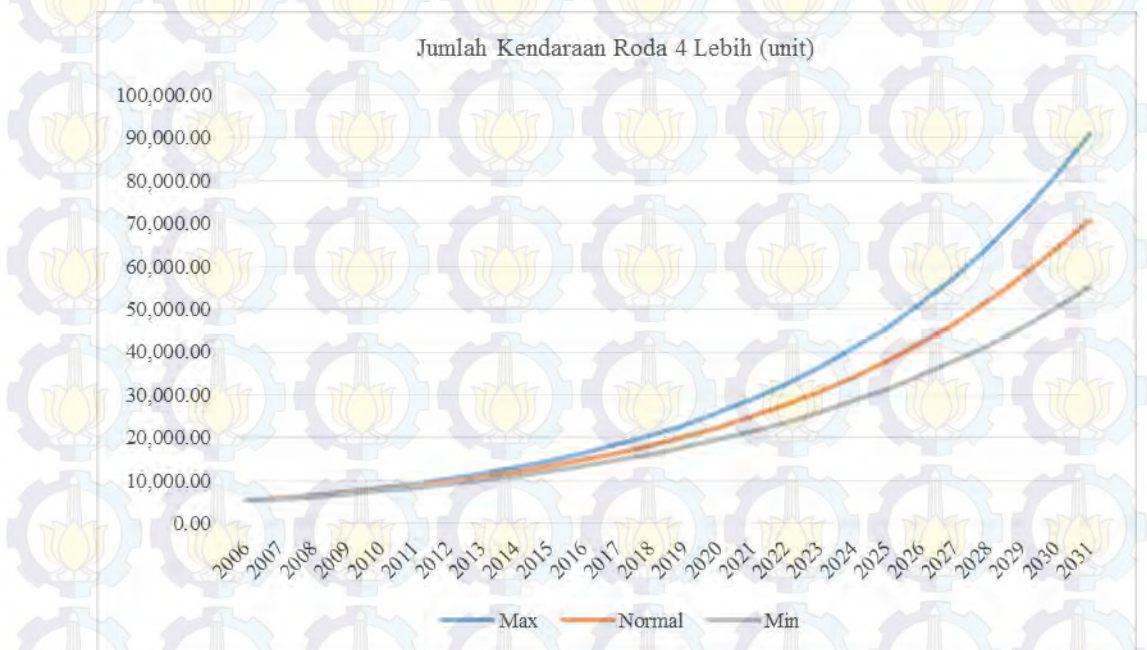
Gambar 4. 45 Hasil Uji Ekstrim Faktor Jumlah Sepeda Motor

Sumber : Hasil Analisa 2014



Gambar 4. 46 Hasil Uji Ekstrim Faktor Jumlah Kendaraan Roda 4

Sumber : Hasil Analisa 2014



Gambar 4. 47 Hasil Uji Kondisi Ekstrim Faktor Jumlah Kendaraan Roda 4 Lebih

Sumber : Hasil Analisa 2014

Dengan demikian, dari hasil simulasi pada **Gambar 4.40** sampai **Gambar 4.47**, saat dimasukan nilai ekstrim besar dan kecil, nilai output pada tiap-tiap submodel masih menunjukkan pola yang sama ketika nilai input diubah. Dengan kondisi ekstrim tersebut, model masih berfungsi rasional sesuai dengan logika tujuan yang ingin dicapai sehingga model dikatakan fit.

2. Uji Perilaku Model/Replikasi

Secara kuantitatif, validasi model dilakukan dengan metode *black box* (Barlas,1996). Metode *black box* dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai pada data aktual dengan rata-rata nilai pada data hasil simulasi untuk menemukan rata-rata error yang terjadi dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$E = | (S - A) / A |$$

.....diadopsi dari Rahman (2012)

Dimana:

A = Data Aktual

S = Data Hasil Simulasi

E = Variansi error antara data aktual dan data simulasi

Dimana jika $E < 0,1$ maka model valid.

Model sistem dinamik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik disimulasikan selama 18 tahun hingga tahun 2032 mengikuti tahun rencana pada rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031. Untuk validasi perilaku model, digunakan data simulasi mengenai jumlah kendaraan, pemakaian energi listrik rumah tangga, jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, total kapasitas industri dan dibandingkan dengan data aktualnya selama 8 tahun dari sistem pengamatan.

Berikut merupakan penjelasan perhitungan error pada masing-masing data yang disimulasikan, dapat dilihat pada **Tabel 4.30**.

Tabel 4. 30 Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Kendaraan Dan Simulasi

Tahun	Jumlah Kendaraan Roda 4(unit)		
	Data	Hasil Simulasi	Validasi
2006	9,708	9,708	0.00
2007	10,768	10,776	0.00
2008	11,943	11,961	0.00
2009	13,247	13,277	0.00
2010	14,419	14,737	0.02
2011	15,776	16,359	0.04
2012	17,619	18,158	0.03
2013	20,036	20,155	0.01
		Rata-Rata Error	0.01
Tahun	Jumlah Kendaraan Sepeda Motor (Unit)		
	Data	Hasil Simulasi	Validasi
2006	84,238	84,238	0.00
2007	94,199	94,136	0.00
2008	105,337	105,197	0.00
2009	117,792	117,558	0.00
2010	142,626	131,371	0.08
2011	155,194	146,807	0.05
2012	168,385	164,056	0.03
2013	183,375	183,333	0.00
		Rata-Rata Error	0.02
Tahun	Jumlah Kendaraan Roda 4 Lebih (Unit)		
	Data	Hasil Simulasi	Validasi
2006	5,220	5,220	0.00
2007	5,793	5,794	0.00
2008	6,428	6,432	0.00
2009	6,428	7,139	0.11
2010	7,393	7,924	0.07
2011	7,987	8,796	0.10
2012	8,796	9,764	0.11
2013	9,736	10,838	0.11
		Rata-Rata Error	0.07

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 4.30**, nilai rata-rata error (E) untuk faktor jumlah sepeda motor, kendaraan Roda 4 dan Jumlah kendaraan Roda 4 lebih adalah 0,01; 0,02; 0,07. Semua nilai error untuk faktor tersebut lebih kecil

dari 0,1. Oleh karena itu, sub model kegiatan transportasi dapat dikatakan valid secara kuantitatif.

Tabel 4. 31 Perhitungan Error Antara Data Aktual Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Dan Simulasi

Tahun	Pemakaian Listrik (KWH)		
	Data	Hasil Model	Validasi
2006	7,924,098.00	7,924,098.00	-
2007	8,741,688.00	8,637,265.33	0.01
2008	8,874,045.00	9,387,352.17	0.06
2009	9,132,899.00	10,061,978.67	0.10
2010	10,245,795.00	10,856,798.48	0.06
2011	10,919,538.00	11,695,090.82	0.07
2012	13,049,571.00	12,686,191.06	0.03
Rata-Rata Error			0.06

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 4.31**, nilai rata-rata error (E) untuk faktor pemakaian listrik rumah tangga adalah 0,06. Nilai error untuk faktor tersebut lebih kecil dari 0,1. Oleh karena itu, sub model kegiatan rumah tangga pada aspek pemakaian listrik rumah tangga dapat dikatakan valid secara kuantitatif.

Tabel 4. 32. Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga Dan Simulasi

Tahun	Jumlah Penduduk		
	Data	Hasil Simulasi	Validasi
2006	324,927	324,927	0.00
2007	314,439	329,801	0.05
2008	316,122	334,748	0.06
2009	332,555	339,769	0.02
2010	338,323	344,866	0.02
2011	343,786	350,039	0.02
2012	355,226	355,289	0.00
Rata-Rata Error			0.02

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Tabel 4. 33. Perhitungan Error Antara Data Aktual Jumlah Rumah Tangga Dan Rata-rata Anggota Rumah Tangga Dan Simulasi

Tahun	Jumlah Rumah Tangga (KK)		
	Data	Hasil Simulasi	Validasi
2006	78,932	76,745	0.03
2007	74,573	81,928	0.10
2008	80,585	84,620	0.05
2009	82,512	84,360	0.02
2010	85,425	94,380	0.10
2011	85,947	89,685	0.04
2012	94,562	89,381	0.05
		Rata-Rata Error	0.06
Tahun	Rata-Rata Anggota KK		
	Data	Hasil Simulasi	Validasi
2006	4.12	4.23	0.03
2007	4.22	4.03	0.04
2008	3.92	3.96	0.01
2009	4.03	4.03	0.00
2010	3.96	3.65	0.08
2011	4.00	3.9	0.03
2012	3.76	3.97	0.06
		Rata-Rata Error	0.03

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.32 dan Tabel 4.33, nilai rata-rata error (E) untuk faktor jumlah penduduk adalah 0,02, faktor jumlah rumah tangga adalah 0,06 dan faktor rata-rata anggota rumah tangga adalah 0,03. Nilai error untuk faktor tersebut lebih kecil dari 0,1. Oleh karena itu, Sub Model kependudukan dan kegiatan perumahan dikatakan valid secara kuantitatif.

Tabel 4. 34 Perhitungan Error Antara Data Aktual Kapasitas Produksi Industri Kayu Dan Simulasi

Tahun	Industri Kayu					
	Data		Hasil Simulasi		Validasi	
	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas
2006	53	752,788	53	756,010	0.00	0.00
2007	56	765,288	57	794,039	0.01	0.04

Tahun	Industri Kayu					
	Data		Hasil Simulasi		Validasi	
	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas
2008	58	834,488	60	832,231	0.04	0.00
2009	61	834,948	63	860,548	0.03	0.03
2010	65	880,448	66	896,268	0.02	0.02
2011	71	956,848	70	932,308	0.02	0.03
2012	81	1,055,068	74	977,400	0.08	0.07
2013	84	1,068,068	79	1,029,451	0.06	0.04
			Rata-Rata Error		0.04	0.03

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Tabel 4. 35 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Kimia Dan Simulasi

Tahun	Industri Kimia					
	Data		Hasil Simulasi		Validasi	
	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas
2006	17	1,901,900	17	1,867,802	0.00	0.02
2007	18	1,946,900	18	1,990,732	0.01	0.02
2008	18	1,946,900	20	2,124,606	0.08	0.09
2009	22	1,956,590	21	2,279,565	0.04	0.17
2010	23	2,756,590	23	2,440,681	0.02	0.11
2011	23	2,756,590	24	2,615,444	0.06	0.05
2012	26	2,776,790	26	2,796,242	0.00	0.01
2013	27	2,786,790	28	2,985,967	0.03	0.07
			Rata-Rata Error		0.03	0.07

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Tabel 4. 36 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Logam Dan Simulasi

Tahun	Industri Logam					
	Data		Hasil Simulasi		Validasi	
	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas
2006	23	3,636,738	23	3,315,605	0.00	0.09
2007	28	3,638,714	25	3,515,336	0.09	0.03
2008	28	3,638,714	28	3,726,497	0.01	0.02
2009	31	3,949,314	30	3,911,293	0.03	0.01
2010	35	4,164,314	33	4,134,740	0.07	0.01

Tahun	Industri Logam					
	Data		Hasil Simulasi		Validasi	
	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas
2011	40	4,315,814	35	4,371,247	0.11	0.01
2012	42	5,208,214	39	4,658,131	0.08	0.11
2013	45	5,428,514	43	4,990,517	0.05	0.08
			Rata-Rata Error		0.06	0.04

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Tabel 4. 37 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Pupuk Dan Simulasi

Tahun	Industri Pupuk					
	Data		Hasil Simulasi		Validasi	
	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas	Jumlah Industri	Total Kapasitas
2006	14	1,941,798	14	1,884,669	0.00	0.03
2007	17	1,944,638	16	1,979,067	0.03	0.02
2008	23	2,252,988	19	2,084,607	0.17	0.07
2009	29	2,277,888	22	2,178,275	0.26	0.04
2010	34	2,799,638	25	2,299,525	0.27	0.18
2011	36	2,861,138	28	2,433,875	0.22	0.15
2012	40	2,874,738	33	2,608,834	0.18	0.09
2013	42	2,882,738	38	2,825,673	0.09	0.02
			Rata-Rata Error		0.07	0.08

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Berdasarkan perhitungan pada **Tabel 4.34** sampai **Tabel 4.37**, nilai rata-rata error (E) untuk faktor jumlah dan kapasitas industri permasing-masing jenis bernilai kurang dari 0,1. Oleh karena itu, Sub Prosuksi Industri dikatakan valid secara kuantitatif.

4.2.3.5. Simulasi Model

Dari sub bab sebelumnya diketahui bahwa model yang dibuat sudah terverifikasi dan hasil yang telah dihasilkan sudah tervalidasi dengan tingkat error kurang dari 0.1. dengan demikian model dapat dikatakan fit untuk mensimulasikan kondisi nyata.

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai simulasi model berdasarkan kondisi sekarang bagaimana masing-masing faktor mempengaruhi fluktuatif emisi gas CO₂ dan kondisi status ekologi wilayah perkotaan Gresik. Sebelum melakukan simulasi perlu dijelaskan terlebih dahulu data yang digunakan (*baseline data*). Baseline data tersebut yang dimasukkan dalam model sistem untuk simulasi. Pada pembahasan terakhir akan dilakukan uji sensitivitas pada faktor-faktor yang terduga kuat mempengaruhi keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik dengan melakukan penurunan dan menaikkan perilaku normal faktor.

A. *Baseline Data Simulasi*

Pada bagian sebelumnya telah dilakukan simulasi sebagian untuk mengetahui tingkat error hasil simulasi dengan data lapangan. Simulasi tersebut sebagian besar digunakan data historis tahun 2006. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan model dalam mensimulasikan kondisi nyata. Berbeda dengan itu, pada simulasi bagian ini data yang digunakan dalam simulasi sistem adalah data tahun 2012. Untuk lebih lengkapnya data yang digunakan dapat dilihat pada sub bab sebelumnya, gambaran umum wilayah penelitian.

Tabel 4. 38 Perhitungan Error Antara Data Aktual Produksi Industri Pupuk Dan Simulasi

No.	Faktor	Unit	Data Dasar	Pertumbuhan (%)	Standar Deviasi Pertumbuhan
1	Jumlah penduduk	Jiwa	355,226		-
2	Rata-rata anggota rumah tangga	KK	3.76	-	0.146
3	Jumlah sepeda motor	Unit	168,385	11.75	-
4	Jumlah kendaraan roda 4	Unit	17,619	11	-
5	Jumlah kendaraan roda 4 lebih	Unit	8,796	11	-
6	Jumlah industri kayu	Unit	81	6.85	0.0372
7	Jumlah industri kimia	Unit	26	7.07	0.0799
8	Jumlah industri logam	Unit	42	10.25	0.0705
9	Jumlah industri pupuk	Unit	40	17.43	0.1108

No.	Faktor	Unit	Data Dasar	Pertumbuhan (%)	Standar Deviasi Pertumbuhan
10	Jumlah penggunaan listrik rumah tangga	kWh	13,049,571	-	-
11	Luas lahan terbangun	Ha	3,720.29	-	-
12	Luas lahan non terbangun	Ha	18,077.64	-	-
13	Prosentase tutupan semak	%	30.9	-	-
14	Prosentase tutupan pohon	%	3.7	-	-
15	Kebijakan pembatasan kendaraan pribadi	-	1*	-	-
16	Pengawasan RTH	-	1*	-	-

Sumber : Perhitungan dari berbagai sumber dokumen, 2014

Keterangan : *) Hasil penilaian narasumber dari hasil wawancara.

B. Hasil Simulasi Model Sistem

Berikut ini adalah hasil dari simulasi (*running*) model sistem dengan bantuan software STELLA 9.1.3. model simulasi ini dijalankan dalam waktu 19 tahun mulai dari 2012 hingga 2032, dengan pertimbangan menyamakan dengan periode Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031 plus satu tahun. Apabila dijalankan hingga lebih dari tahun 2032 dikhawatirkan hasil simulasi menjadi subyektif dan tidak obyektif. Berikut hasil simulasi model pada masing-masing sub model.

1. Simulasi Sub Model Kegiatan Perumahan

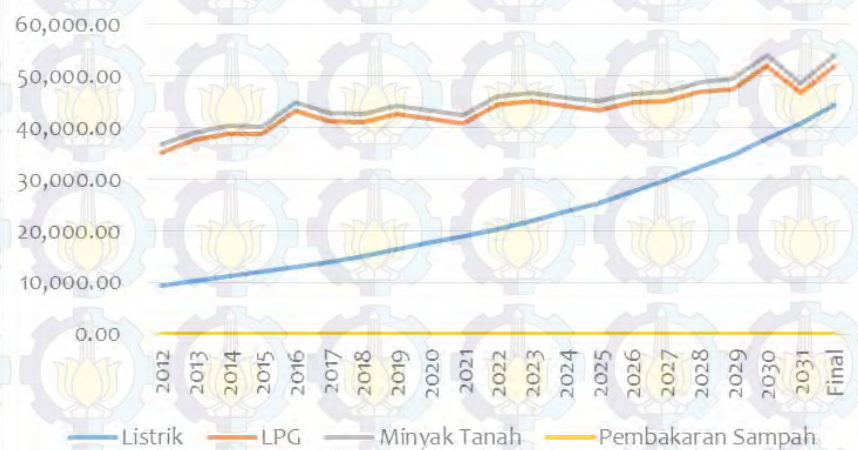
Sub model kegiatan perumahan yang disimulasikan terdiri dari sub model jumlah rumah tangga, pemakaian listrik rumah tangga, penggunaan energi memasak dan pembakaran sampah. Berdasarkan hasil simulasi pada kegiatan perumahan menunjukkan bahwa peningkatan emisi gas CO₂ berbanding lurus dengan jumlah rumah tangga. Hal ini diakibatkan oleh peningkatan jumlah rumah tangga berakibat pada konsumsi energi rumah tangga seperti penggunaan LPG, minyak tanah dan pemakaian listrik yang juga ikut meningkat sehingga total produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan juga

semakin meningkat. Selengkapnya, grafik hasil simulasi penghasilan emisi pada sektor rumah tangga dapat dilihat pada **Gambar 4.48**.



Gambar 4. 48 Hasil Simulasi Emisi Sektor Rumah Tangga

Sumber : Hasil Analisa 2014



Gambar 4. 49 Simulasi Komposisi Emisi Gas CO₂ Kegiatan Perumahan

Sumber : Hasil Analisa 2014

Emisi gas CO₂ rumah tangga terdiri dari penggunaan listrik, minyak tanah, LPG, dan pembakaran sampah. Pada **Gambar 4.49** dapat diketahui bahwa kontribusi emisi terbesar di wilayah perkotaan Gresik dari kegiatan

rumah tangga adalah penggunaan energi minyak tanah dan penggunaan energi LPG. Meskipun prosentase jumlah rumah tangga pengguna minyak tanah kecil namun produksi emisi gas CO₂ yang dihasilkan lebih besar daripada jumlah rumah tangga penggunaan LPG di wilayah perkotaan Gresik.

Pada simulasi ini juga dapat ditunjukkan besaran produksi emisi gas CO₂ dari kegiatan perumahan pada saat ini, tahun 2014, dan tahun akhir proyeksi pada tahun 2031. Seperti yang nampak pada **Tabel 4.39** dapat diketahui bahwa total produksi emisi gas CO₂ oleh kegiatan perumahan mencapai 90.441.30 ton dan meningkat pada tahun 2031 mencapai 136.310.04 ton. Produksi terbesar tetap diakibatkan oleh penggunaan minyak tanah dengan prosentase sebesar 35.68%.

Tabel 4. 39 Produksi Emisi Gas CO₂ dari Kegiatan Perumahan Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton)

Jenis Kegiatan	2014	%	2031	%
Penggunaan gas LPG	38.854.09	42.9	46.799.98	34.33
Penggunaan minyak tanah	40.379.16	44.6	48.636.94	35.68
Penggunaan energi listrik	11.207.98	12.3	40.873.04	29.98
Pembakaran sampah	0.07	0.00	0.09	0.00
Total Kegiatan Perumahan	90.441.30		136.310.04	

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Sub model ini sangat berhubungan erat dengan sub model kependudukan. Pada sub model kependudukan jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan penduduk. Peningkatan jumlah penduduk sebesar 3 jiwa akan meningkatkan jumlah rumah tangga sebesar 1 satuan. Seperti perhitungan pada **Lampiran K**. Jumlah rumah tangga kemudian mempengaruhi jumlah penggunaan energi rumah tangga dan juga meningkatkan jumlah kendaraan pribadi.

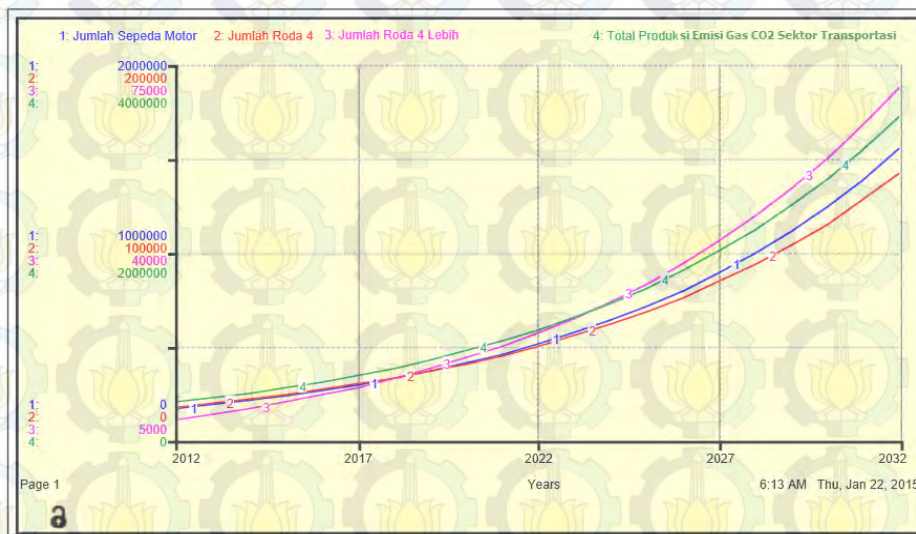
Selain itu jika pada sub model kegiatan perumahan ini jumlah rumah tangga yang meningkat ikut meningkatkan penggunaan LPG, minyak tanah, pemakaian listrik dan pembuangan sampah. Seperti pada **Lampiran L**

peningkatan 1 rumah tangga dapat meningkatkan pemakaian energi listrik per tahunnya sebesar 1,211.56 kwh, penggunaan LPG sebesar 140.72 kg dan penggunaan minyak tanah sebesar 138.60 liter. Produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan dihasilkan dari pembakaran bahan bakar tersebut dan pembakaran sampah. Peningkatan 1 rumah tangga dapat berpotensi meningkatkan pembakaran sampah sebesar 0.0001 ton jika sistem pengangkutan sampah tidak berjalan optimal.

2. Simulasi Sub Model Kegiatan Transportasi

Pada sub model kegiatan transportasi dipengaruhi oleh jumlah dan jenis kendaraan bermotor. Jenis kendaraan dikelompokkan menjadi 3 yaitu kendaraan roda dua atau sepeda motor, kendaraan roda empat dan kendaraan roda empat lebih. Selain itu pada sub model ini emisi dipengaruhi juga oleh penggunaan bahan bakar.

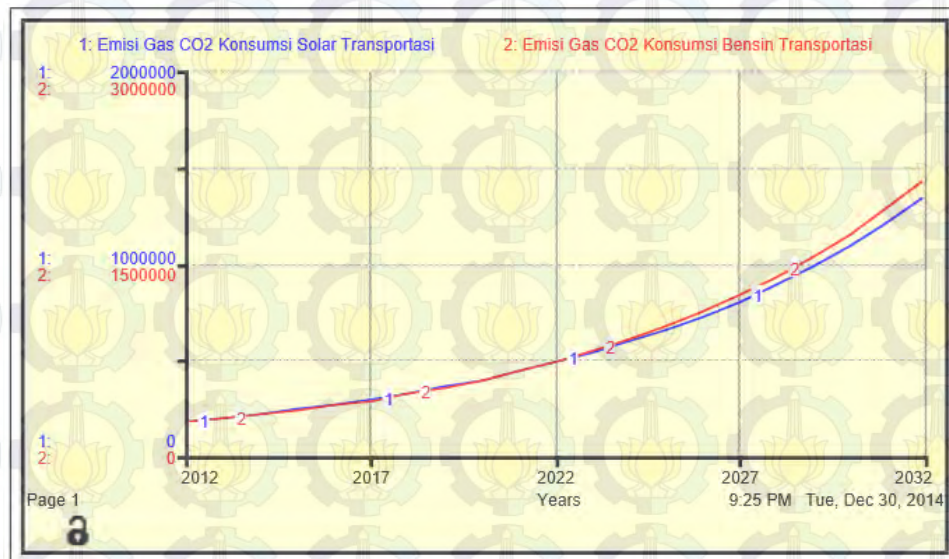
Hasil simulasi menunjukkan bahwa pertumbuhan emisi gas CO₂ pada sub model ini searah dengan pertumbuhan kendaraan bermotor. Seperti nampak pada **Gambar 4.50** berikut ini. Semakin besar jumlah kendaraan bermotor semakin besar produksi emisi gas CO₂ akibat penggunaan bahan bakar.



Gambar 4. 50 Hasil Simulasi Produksi Emisi Gas CO₂ Pada Sub Model

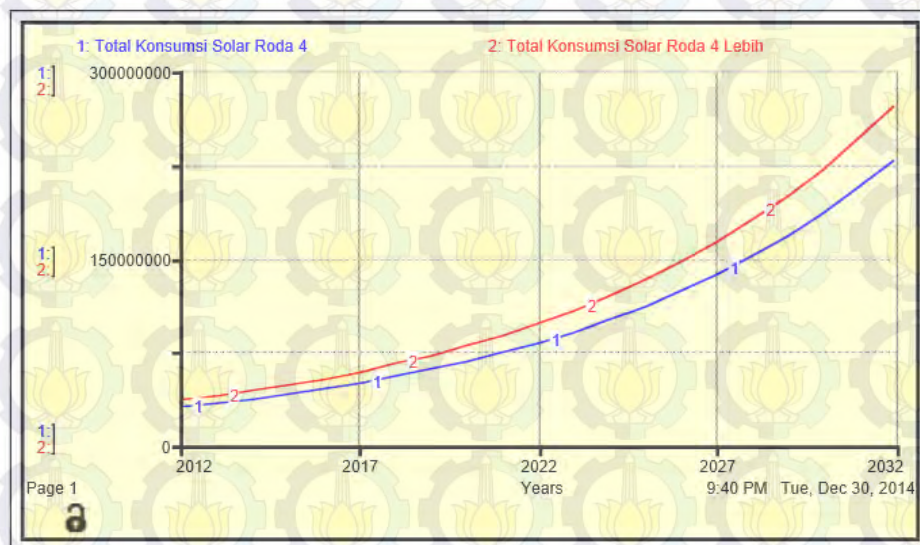
Kegiatan Transportasi

Sumber : Hasil Analisa 2014



Gambar 4. 51 Simulasi Komposisi Produksi Emisi Gas CO₂ Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Sumber : Hasil Analisa 2014



Gambar 4. 52 Simulasi Komposisi Produksi Emisi Gas CO₂ Berdasarkan Jenis Kendaraan

Sumber : Hasil Analisa 2014

Jika dilihat pada komposisi produksi emisi gas CO₂ dari masing-masing jenis bahan bakar maka dapat diketahui seperti pada **Gambar 4.51**. dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa emisi gas CO₂ pada sub model kegiatan transportasi lebih banyak dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar bensin.

Dengan demikian kendaraan roda dua memiliki kontribusi terbesar dalam produksi emisi gas CO₂ pada sub model ini.

Meskipun demikian produksi emisi dari penggunaan bahan bakar solar juga tidak terpaut jauh. Seperti nampak pada **Gambar 4.52** diketahui bahwa komposisi penggunaan solar lebih banyak dikarenakan oleh kendaraan lebih dari 4 atau kendaraan industri. Hal ini seperti pada kondisi dilapangan bahwa banyak industri yang berkembang semakin meningkatkan pergerakan kendaraan industri.

Produksi emisi gas CO₂ dari kegiatan transportasi ini pada tahun 2014 mencapai 496.787.20 ton dan meningkat pada tahun 2031 mencapai 3.100.918.53 ton seperti pada **Tabel 4.40**. Seperti pada penjelasan grafik sebelumnya bahwa kegiatan penggunaan bahan bakar bensin oleh kendaraan sepeda motor memiliki kontribusi besar dalam produksi emisi gas CO₂ dengan prosentase sebesar 61%. Kontribusi penggunaan solar oleh kendaraan roda 4 lebih adalah sebesar 20.9%.

**Tabel 4. 40 Produksi Emisi Gas CO₂ dari Kegiatan Transportasi
Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton)**

Jenis Kegiatan	2014	%	2031	%
Penggunaan bensin kendaraan roda 2	293.865.34	59.2	1.904.675.33	61.4
Penggunaan solar kendaraan roda 4	92.510.72	18.6	545.359.26	17.6
Penggunaan solar kendaraan roda 4 lebih	110.441.14	22.2	650.883.94	20.9
Total kegiatan transportasi	496.787.20		3.100.918.53	

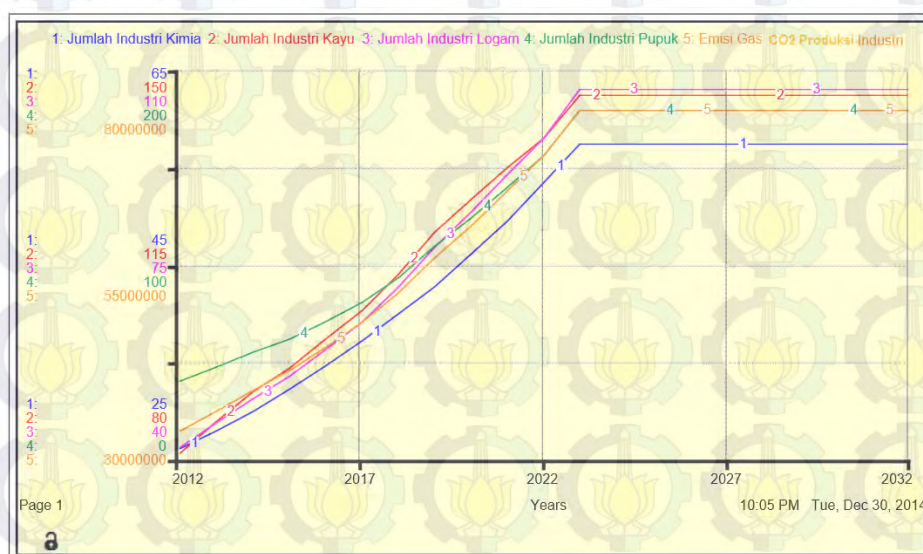
Sumber : Hasil Analisa, 2014

Pada sub model kegiatan transportasi ini juga diketahui bahwa pertumbuhan rumah tangga juga meningkatkan jumlah kendaraan bermotor terutama kendaraan pribadi. Seperti pada perhitungan **Lampiran M**, rasio antara rumah tangga dengan jumlah kendaraan roda 4 dan sepeda motor masing-masing sebesar 3 dan 34. Peningkatan 1 rumah tangga diikuti oleh peningkatan 3 unit roda 4 dan 34 unit roda dua. Berbeda dengan pertumbuhan kendaraan roda 4 lebih yang dipengaruhi oleh pertumbuhan industri.

Pertumbuhan jumlah kendaraan ini menjadikan konsumsi energi bahan bakar solar dan bensin meningkat. Peningkatan 1 unit industri pupuk, kimia, logam atau kayu diikuti oleh peningkatan 63 unit kendaraan roda 4 lebih. Penggunaan bahan bakar kendaraan kemudian menghasilkan produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi.

3. Simulasi Sub Model Kegiatan Industri

Pada sub model kegiatan industri, hasil simulasi dipengaruhi oleh jumlah industri dan kapasitas produksi industri. Pada sub model ini penggunaan bahan bakar dan energi lainnya didekatkan pada emisi faktor maka kapasitas produksi yang memainkan peranan penting dalam produksi emisi gas CO₂.

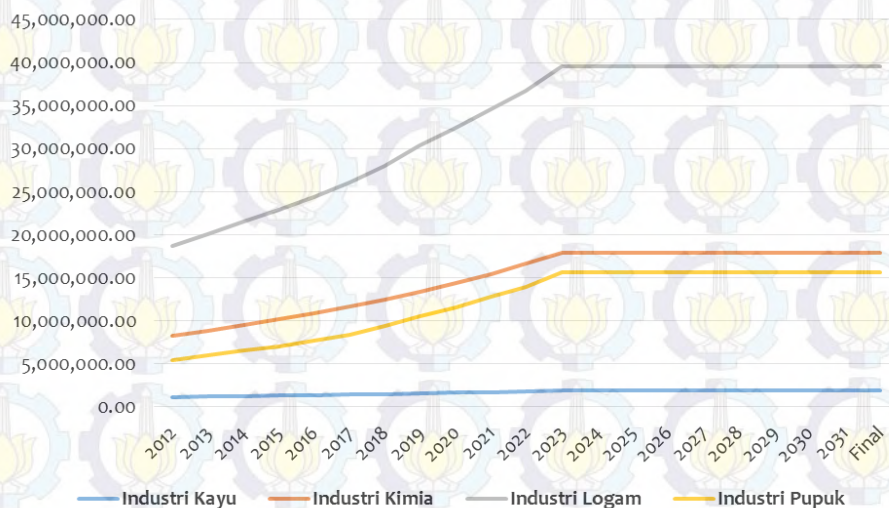


Gambar 4. 53 Hasil Simulasi Total Produksi Emisi Gas CO₂ Sektor Industri

Sumber : Hasil Analisa 2014

Hasil simulasi seperti pada **Gambar 4.53** menunjukkan bahwa peningkatan emisi gas CO₂ pada industri kayu, kimia, logam dan pupuk berbanding lurus dengan peningkatan emisi gas CO₂ dari produksi industri. Hasil simulasi juga diketahui bahwa setelah tahun 2022 grafik menunjukkan garis stagnan. Hal ini dikarenakan alokasi lahan terbangun sudah mencapai alokasi maksimum sesuai RTRW Kab. Gresik Tahun 2011-2031.

Dilihat dari komposisi produksi emisi gas CO₂ dari hasil simulasi menunjukkan bahwa kontribusi masing-masing jenis industri yang dominan di wilayah perkotaan Gresik seperti pada **Gambar 4.54**. Produksi emisi gas CO₂ dari industri logam dan kimia memiliki kontribusi terbesar dalam total produksi emisi gas CO₂ sektor industri.



Gambar 4. 54 Simulasi Komposisi Emisi Sub Model Kegiatan Industri

Sumber : Hasil Analisa 2014

Tabel 4. 41 Produksi Emisi Gas CO₂ dari Kegiatan Industri Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton)

Jenis Kegiatan	2014	%	2031	%
Kegiatan industri kayu	1.270.717.26	3.2	1.881.058.88	2.5
Kegiatan industri pupuk	6.521.881.59	16.8	15.623.037.22	20.9
Kegiatan industri kimia	9.454.172.96	24.4	17.845.734.58	23.8
Kegiatan industri logam	21.567.423.99	55.6	39.538.664.47	52.8
Total kegiatan industri	38.814.195.80		74.888.495.15	

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Seperti pada **Tabel 4.41**, pada tahun 2014 produksi emisi gas CO₂ dari kegiatan ini mencapai 38.814.195.80 ton sedangkan pada tahun 2031 produksi emisi gas CO₂ tersebut diperkirakan meningkat sebesar 74.888.495.15 ton.

Produksi emisi gas CO₂ dari kegiatan industri logam memiliki prosentase sebesar 53%.

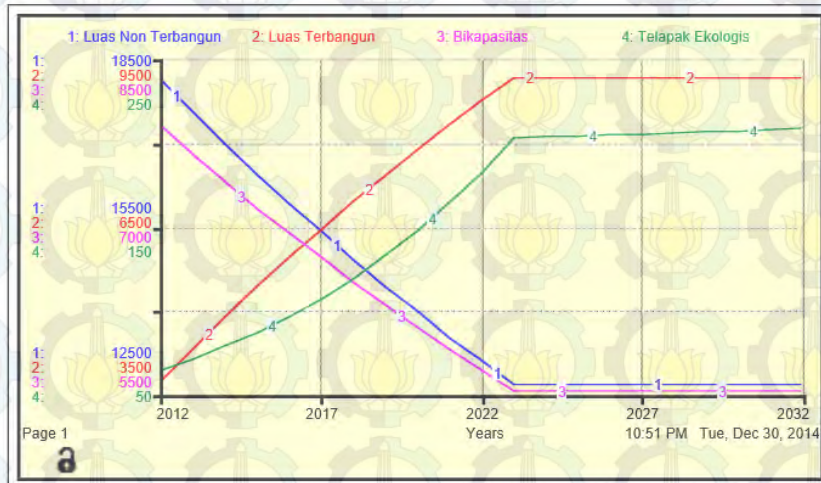
Hasil simulasi pada sub model ini juga menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah industri-industri ini mempengaruhi total kapasitas produksi suatu jenis industri di wilayah perkotaan Gresik. Seperti pada perhitungan **Lampiran N**, peningkatan 1 unit industri pupuk akan diikuti oleh peningkatan 38,685.28 ton total kapasitas produksi industri pupuk. Peningkatan 1 unit industri kimia akan diikuti oleh peningkatan 102,267.10 ton total kapasitas produksi industri kimia. Peningkatan 1 unit industri logam akan diikuti oleh peningkatan 84,718.56 ton total kapasitas produksi industri logam. Peningkatan 1 unit industri kayu akan diikuti oleh peningkatan 10,474.37 m³ total kapasitas produksi industri kayu. Peningkatan kapasitas produksi ini mempengaruhi penggunaan energi untuk proses pengolahan produk didalam industri tersebut. Penggunaan energi dan produksi industri ini kemudian menghasilkan produksi emisi gas CO₂ dari sektor industri.

4. Simulasi Sub Model Penggunaan Lahan

Pada simulasi sub model penggunaan lahan seperti pada **Gambar 4.55** dapat diketahui bahwa pertumbuhan produksi emisi gas CO₂ berbanding lurus dengan pertumbuhan penggunaan lahan terbangun. Pada grafik simulasi diperoleh hasil bahwa ketika luas lahan non terbangun menurun sedangkan luas lahan terbangun meningkat, maka laju biokapasitas penyerap gas CO₂ menurun dan laju telapak ekologis gas CO₂ meningkat. Hal ini dikarenakan kemampuan wilayah untuk megarsorbsi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik menurun akibat pertumbuhan lahan terbangun dan penurunan lahan non terbangun sebagai penyerap emisi gas CO₂.

Akibat adanya alokasi ruang untuk kegiatan lahan terbangun dalam RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031 di wilayah perkotaan Gresik sebesar 49% maka hasil simulasi menunjukkan wilayah perkotaan Gresik akan memenuhi alokasi tersebut pada tahun 2023. Oleh karena itu pada tahun tersebut konversi lahan non terbangun terhenti. Biokapasitas mengalami kondisi yang stagnan meskipun telapak ekologis meningkat perlahan akibat

intensifikasi produksi industri dan pertumbuhan kegiatan transportasi. Pada tahun 2014 diperkirakan penggunaan lahan di wilayah perkotaan Gresik adalah 4.858.75 ha lahan terbangun dan 16.939.18 ha lahan non terbangun.



Gambar 4. 55 Hasil Simulasi Emisi Sub Model Penggunaan lahan

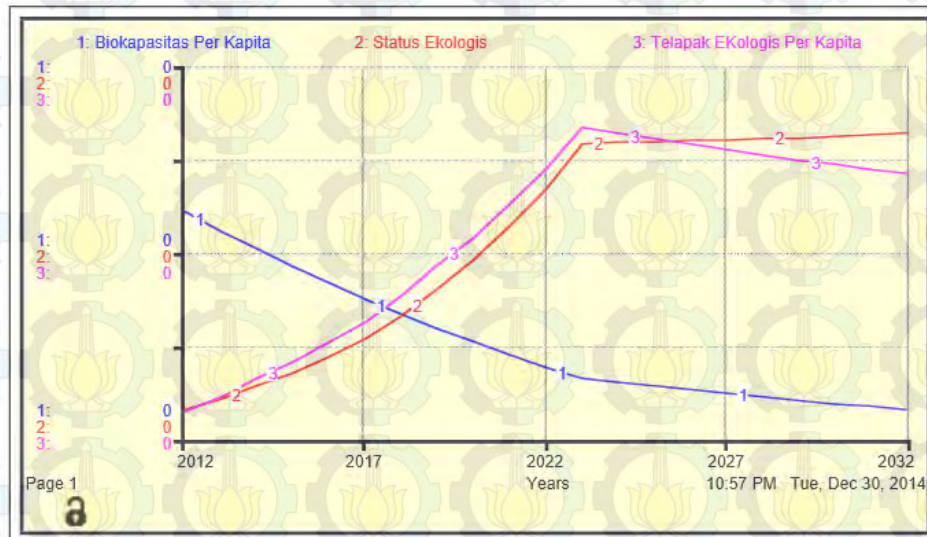
Sumber : Hasil Analisa 2014

Perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun menjadikan penyerapan alami gas CO₂ oleh lahan non terbangun terutama lahan RTH semakin berkurang. Luas tutupan pohon dan semak pada lahan non terbangun juga berpengaruh terhadap kemampuan alami penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Seperti pada perhitungan **Lampiran O**, pada kondisi normal berkurangnya 1 ha lahan non terbangun diikuti oleh penurunan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ sebesar 37.53 ton. Sedangkan peningkatan 1 ha lahan terbangun meningkatkan produksi emisi gas CO₂ sebesar 7,768.57 ton.

5. Simulasi Sub Model Status Ekologi

Pada hasil simulasi sub model status ekologi, diketahui bahwa ketika biokapasitas per kapita mengalami penurunan maka status ekologi juga menurun. Hal ini menandakan hubungan keduanya berbanding lurus. Sedangkan yang terjadi pada telapak ekologis perkapita justru sebaliknya. pada

kondisi biokapasitas dan status ekologi menurun, justru telapak ekologis per kapita yang meningkat. Hal ini menandakan hubungan yang berbanding terbalik. Selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 4.56**.



Gambar 4. 56 Hasil Simulasi Status Ekologi

Sumber : Hasil Analisa 2014

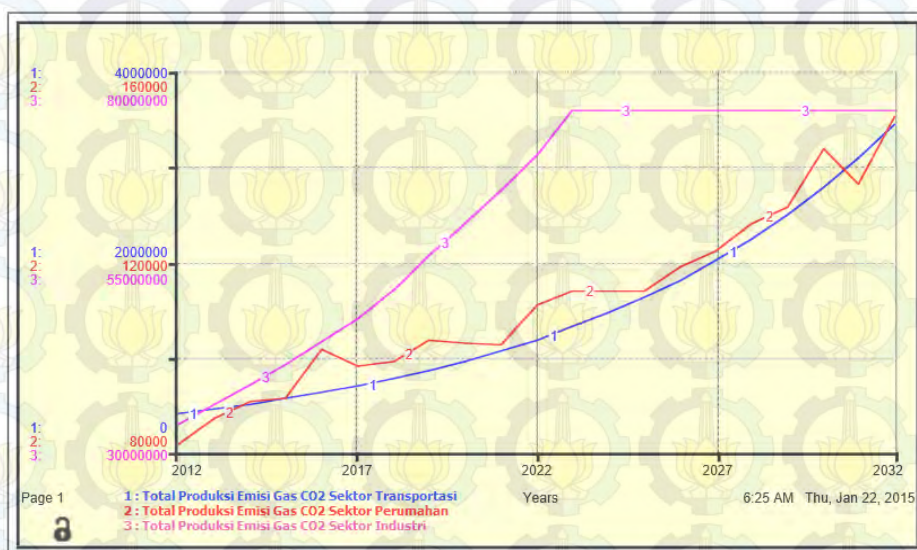
Seperti pada **Tabel 4.42**, pada tahun 2014 penyerapan emisi gas CO₂ sebagai dasar biokapasitas wilayah perkotaan Gresik mencapai 635.769.96 ton. kondisi tersebut menurun pada tahun 2031 mencapai 474.436.64 ton. Kondisi yang sama juga terjadi pada status ekologi wilayah perkotaan Gresik. Pada tahun 2014 status ekologi mencapai kondisi minor defisit dengan nilai 0.24 sedangkan pada tahun 2031 semakin menurun mendekati moderat defisit dengan nilai 0.37.

Tabel 4. 42 Perubahan Telapak Ekologis dan Biokapasitas Tahun 2014 dan Tahun 2031

Jenis	2014	2031
Total Penyerapan Emisi Gas CO ₂ (ton)	635.769.96	474.436.64
Biokapasitas per kapita (gha/jiwa)	0.0039	0.0023
Produksi emisi gas CO ₂ (ton)	39.401.424.31	78.125.723.73

Jenis	2014	2031
Telapak ekologis per kapita (gha/jiwa)	0.24	0.37
Status ekologis	0.24	0.37

Sumber : Hasil Analisa, 2014



Gambar 4. 57 Hasil Simulasi Komposisi Total Produksi Emisi Gas CO₂

Sumber : Hasil Analisa 2014

Jika dilihat pada komposisi total produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik maka nampak seperti pada **Gambar 4.57**. Dari kenaikan jumlah telapak ekologis per kapita ternyata memperoleh pengaruh terbesar dari sektor industri sehingga emisi total yang diproduksi, memperoleh kontribusi terbesar dari emisi sektor industri. Pada grafik simulasi dibawah ini, emisi dari sektor industri ditampilkan pada garis biru yang sekilas terlihat lebih rendah dari garis orange (emisi rumah tangga) dan garis pink (emisi transportasi). akan tetapi dapat dilihat dari angka grafik dari pertumbuhan emisi gas CO₂ oleh industri jauh lebih besar dibandingkan dua lainnya.

Seperti nampak pada **Tabel 4.43** diketahui bahwa total produksi emisi gas CO₂ pada tahun 2014 mencapai 39.401.424.31 ton dan mengalami peningkatan pada tahun 2031 diperkirakan mencapai 78.125.723.72 ton. Total produksi emisi tersebut banyak disumbangkan oleh kegiatan industri dengan prosentase

sebesar 95%. Dengan demikian faktor dominan di dalam kegiatan industri berperan besar dalam produksi emisi di wilayah perkotaan Gresik. Pada penjelasan hasil simulasi sub model kegiatan industri diketahui kegiatan industri logam memiliki peran terbesar dalam produksi emisi gas CO₂ kegiatan tersebut.

**Tabel 4. 43 Produksi Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik
Tahun 2014 dan Tahun 2031 (ton)**

Jenis Kegiatan	2014	%	2032	%
Kegiatan industri	38.814.195.80	98.5	74.888.495.15	95.8
Kegiatan transportasi	496.787.20	1.26	3.100.918.53	3.97
Kegiatan perumahan	90.441.30	0.22	136.310.04	0.17
Total produksi emisi	39.401.424.31		78.125.723.72	

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Dengan demikian, status ekologi dipengaruhi oleh produksi total emisi gas CO₂ dan kemampuan alami penyerapan emisi gas CO₂ oleh lahan hijau. Semakin besar produksi emisi gas CO₂ maka semakin besar telapak ekologis. Seperti pada perhitungan **Lampiran P**, rata-rata rasio total produksi emisi gas CO₂ dari sektor perumahan, industri dan transportasi adalah sebesar 1 : 28 : 1,268. Peningkatan 1 ton produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan diikuti oleh 28 ton produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi dan 1,268 ton emisi gas CO₂ sektor industri. Emisi gas CO₂ dari ketiga sektor tersebut kemudian meningkatkan telapak ekologis. Peningkatan 1 ton emisi gas CO₂ dapat meningkatkan 0.002 gha telapak ekologis. Di sisi lain semakin besar lahan terbuka hijau mengakibatkan semakin tinggi total penyerapan emisi gas CO₂ dan biokapasitas wilayah tersebut. Penurunan 1 ton kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ dapat menurunkan biokapasitas sebesar 0.002 gha. Masing-masing telapak ekologis dan biokapasitas dihitung perkapita penduduk. Selisih antara telapak ekologis per kapita dan biokapasitas per kapita penduduk merupakan ukuran status ekologi wilayah.

4.2.3.6. Uji Sensitivitas Faktor

Hasil simulasi pada masing-masing sub model diketahui beberapa faktor yang dapat diduga sebagai faktor kunci dalam menentukan kebijakan mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Beberapa faktor tersebut antara lain :

1. Faktor jumlah rumah tangga pengguna minyak tanah

Pada simulasi sub-sub model rumah tangga diketahui bahwa faktor penggunaan minyak tanah memiliki kontribusi yang besar terhadap produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Hal ini sangat kontras dengan prosentase rumah tangga pengguna minyak tanah lebih kecil dari pengguna LPG namun emisi yang dihasilkan masih lebih tinggi penggunaan minyak tanah. Oleh karena itu faktor pengguna minyak tanah diduga memiliki sensitivitas. Pada saat simulasi kebijakan konversi energi masih belum terlaksana dengan penuh sehingga terdapat beberapa rumah tangga yang masih menggunakan minyak tanah sehingga dalam simulasi digunakan angka 1.

2. Faktor jumlah kendaraan pribadi

Faktor jumlah kendaraan pribadi merupakan jumlah kendaraan sepeda motor dan jumlah kendaraan roda 4. Pada simulasi sub model transportasi diketahui bahwa pengguna bensin berkontribusi terbesar dalam produksi emisi gas CO₂ kegiatan transportasi. Penggunaan bahan bakar jenis bensin didominasi oleh kendaraan pribadi terutama sepeda motor dan roda 4. Oleh karena itu pertumbuhan kendaraan tersebut diduga berkontribusi positif dalam mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

3. Faktor jumlah industri logam, pupuk dan kimia

Pada simulasi sub model produksi industri dari 4 jenis industri yang dominan di wilayah perkotaan Gresik, jenis industri logam, pupuk dan kimia memiliki kontribusi sangat besar dalam produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Oleh karena itu faktor ini dapat diduga berpengaruh terhadap penurunan emisi gas CO₂.

4. Faktor luas lahan non terbangun

Pada simulasi sub model penggunaan lahan dan status ekologis diketahui bahwa biokapasitas dipengaruhi oleh penggunaan lahan non terbangun. Biokapasitas sebagai penyerapan emisi gas CO₂. Oleh karena itu faktor ini juga

dapat diduga sebagai sensitif terhadap penurunan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Untuk menguji sensitivitas ini, masing-masing faktor yang diduga sensitif dimanipulasi dengan menurunkan atau menaikkan dari nilai kondisi normal. **Tabel 4.44** menunjukkan manipulasi yang dilakukan terhadap faktor-faktor yang diuji.

Tabel 4. 44 Manipulasi Nilai Faktor Yang Dilakukan Pada Uji Sensitivitas

Keterangan	Manipulasi
Jumlah rumah tangga pengguna minyak Tanah	Menurunkan prosentase rumah tangga pengguna minyak tanah sampai 0
Jumlah kendaraan pribadi : jumlah kendaraan sepeda motor dan kendaraan roda 4	Menurunkan pertumbuhan kendaraan pribadi sebesar 10% dari kondisi normal. Pertumbuhan roda 4 dari 11% per tahun menjadi 9.9%. Pertumbuhan sepeda motor dari 11.75% per tahun menjadi 10.57%
Jumlah industri kimia	Menurunkan pertumbuhan industri kimia sebesar 10% dari kondisi normal dari sebesar 7.07% menjadi 6.36% per tahun
Jumla industri pupuk	Menurunkan pertumbuhan industri pupuk sebesar 10% dari kondisi normal dari sebesar 17.43% menjadi 15.68% per tahun
Jumla industri logam	Menurunkan pertumbuhan industri logam sebesar 10% dari kondisi normal dari sebesar 10.25% menjadi 9.25% per tahun
Luas lahan non terbangun	Menaikkan prosentase tutupan lahan pohon sebesar 10% dari normal yang hanya sebesar 3.7%

Sumber : Penulis, 2014

Ketika satu faktor yang terduga sensitif tersebut dimanipulasi maka faktor yang lain dianggap tetap. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan perubahan nilai produksi rasio emisi gas CO₂ dan sebelum dan sesudah manipulasi

dilakukan atau disebut sebagai indeks sensitivitas. Untuk penjelasan lebih detail mengenai perhitungan indeks sensitivitas telah dijelaskan pada Bab 3 sebelumnya.

Tabel 4.45 menunjukkan hasil perhitungan indeks sensitivitas tersebut pada masing-masing faktor yang diuji.

Perhitungan indeks sensitivitas ini didasarkan pada perubahan nilai perbandingan (rasio) antara total produksi emisi gas CO₂ dengan total penyerapan emisi gas CO₂ pada tahun 2031. Hal ini dilakukan karena faktor yang diuji tidak hanya faktor yang berpengaruh terhadap produksi emisi namun juga terdapat faktor dari penyerapan emisi gas CO₂. Dengan demikian faktor yang memiliki perubahan rasio lebih tinggi memiliki pengaruh yang baik terhadap perubahan produksi dan penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Tabel 4. 45 Indeks Sensitivitas Hasil Simulasi Uji Sensitivitas

Keterangan	Kemampuan Penyerapan	Total Produksi	Rasio	Indeks Sensitivitas (%)
	Emisi Gas CO ₂ (ton)			
Kondisi Normal	474,436.64	78,492,960.05	165.44	-
Jumlah RT Pengguna Minyak Tanah	474,436.64	78,453,596.56	165.36	0.05
Jumlah Kendaraan Pribadi	474,436.64	77,971,361.74	164.35	0.76
Jumlah Industri Kimia	474,436.64	77,797,848.94	163.97	0.89
Jumlah Industri Pupuk	474,436.64	77,322,389.37	162.97	1.49
Jumlah Industri Logam	474,436.64	76,553,784.90	161.38	2.45
Luas Non Terbangun	566,666.97	78,492,960.05	138.52	16.27

*Keterangan : *) merupakan perbandingan antara total produksi emisi gas CO₂ dengan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ pada tahun 2031*

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa faktor pengguna minyak tanah kurang sensitif terhadap perubahan produksi dan penyerapan emisi gas CO₂ karena hanya mempengaruhi sebesar 0.05% perubahan keseimbangan emisi gas CO₂. Faktor ini sangat kecil mempengaruhi keseimbangan emisi gas CO₂. Selain itu pertumbuhan kendaraan pribadi dan pertumbuhan industri kimia sedikit sensitif mempengaruhi keseimbangan emisi gas CO₂ dengan nilai hampir 1%.

Pada faktor pertumbuhan jumlah industri kimia dan industri pupuk mempengaruhi keseimbangan emisi gas CO₂ sebesar 1.5-2.5%, dan luas lahan non terbangun memiliki nilai sensitivitas terbesar atau sensitif terhadap perubahan keseimbangan emisi gas CO₂ dengan tingkat 16.27%. Dengan demikian faktor yang dapat dipertimbangkan dalam skenario penurunan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik antara lain :

1. Jumlah kendaraan pribadi yang terdiri dari jumlah kendaraan sepeda motor dan jumlah kendaraan roda 4
2. Jumlah industri kimia
3. Jumlah industri pupuk
4. Jumlah industri logam
5. Luas lahan non terbangun

4.2.3.7. Uji Simulasi Skenario Pada Model

Dari hasil uji sensitivitas diketahui bahwa faktor-faktor yang menjadi kunci. Pada sub bab ini akan dilakukan simulasi terhadap tujuan penelitian yaitu penurunan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Simulasi beberapa skenario dilakukan dengan dasar faktor kunci hasil analisis sebelumnya. Dengan berdasar pada faktor kunci tersebut dibuat beberapa skenario kebijakan untuk menurunkan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Memang uji simulasi skenario ini tidak lazim dilakukan namun hanya untuk sekedar mengetahui model yang dibuat dapat berjalan dengan baik dan benar sebelum benar-benar digunakan untuk membantu merumuskan kebijakan dalam mengurangi emisi gas CO₂ dan defisit ekologis di wilayah perkotaan Gresik. **Tabel 4.46** menunjukkan skenario-skenario yang dapat disimulasikan dalam sistem.

Tabel 4. 46 Uji Skenario Penurunan Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik

No.	Skenario	Dasar Skenario
1.	Skenario pembatasan pribadi	Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa faktor jumlah kendaraan pribadi merupakan salah satu faktor kunci. Pembatasan kendaraan pribadi dapat menurunkan konsumsi energi BBM pada sektor transportasi. Dalam simulasi model yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan energi BBM terutama jenis bensin memberikan kontribusi terbesar di sektor transportasi terhadap emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik
2.	Skenario mempertahankan 30% dari luas wilayah menjadi lahan hijau	Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa luas lahan non terbangun merupakan faktor yang paling sensitif terhadap keseimbangan emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik. Dengan demikian lahan hijau harus dipertahankan. Berdasarkan UU No. 206 Tahun 2007 diamanatkan bahwa lahan perkotaan minimal memiliki ruang terbuka hijau sebesar 30% dari luas wilayah. Oleh karena itu skenario ini mendukung amanat undang-undang ppenataan ruang dan menjaga kelestarian sumber penyerap emisi gas CO ₂
3.	Skenario pengetatan perijinan 3 jenis industri dan efisiensi energi industri	Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa perkembangan industri kimia, pupuk dan logam berkontribusi besar dalam produksi emisi gas CO ₂ . Hal ini tidak dapat terlepas dari pengolahan bahan baku yang menghasilkan emisi langsung dan penggunaan energi yang besar dalam proses produksi industri-industri ini (IPCC, 2007). Oleh karena itu perlu kebijakan terkait industri-industri ini

No.	Skenario	Dasar Skenario
		diperlukan. Pada umumnya industri-industri jenis ini di negara berkembang belum menggunakan efisiensi energi yang besar sehingga penggunaan energi bahan bakar dan listrik juga masih besar. Jika pertumbuhan jumlah industri jenis industri-industri ini dapat ditekan dan diharuskan untuk melakukan efisiensi energi dengan perbaharuan teknologi atau sejenisnya maka kontribusi jenis industri ini terhadap produksi emisi gas CO ₂ di wilayah perkotaan Gresik dapat ditekan.
4.	Skenario gabungan	Merupakan skenario elaborasi dari skenario-skenario sebelumnya untuk secara bersamaan disimulasikan dalam sistem.

Sumber : Hasil Analisis, 2014

A. Simulasi Hasil Skenario

Dari penjelasan tersebut hasil simulasi masing-masing skenario dapat disajikan seperti dibawah ini. Penjelasan masing-masing skenario akan dibandingkan dengan skenario normal sistem.

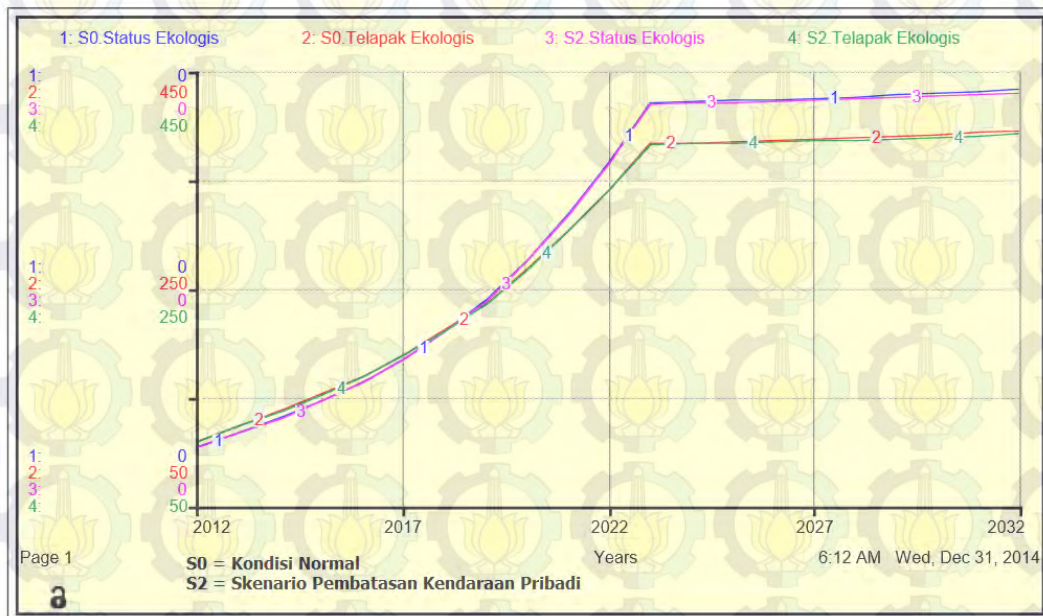
1. Skenario Pembatasan Kendaraan Pribadi

Berdasarkan hasil wawancara narasumber didapatkan informasi bahwa pembatasan kendaraan pribadi dapat menurunkan produksi emisi gas CO₂ di perkotaan gresik. Para narasumber berasumsi bahwa jika kebijakan ini diterapkan maka dapat menurunkan tingkat pertumbuhan kendaraan pribadi sampai 10%. Dengan penurunan pertumbuhan kendaraan pribadi ini maka jumlah penambahan kendaraan pribadi dapat ditekan dan berdampak pada penggunaan bahan bakar minyak yang juga ikut tertekan daripada kondisi normal.

Pada kondisi normal kebijakan pembatasan kendaraan pribadi masih belum diberlakukan sehingga nilai faktor ini masih disimulasikan 1. Pada simulasi skenario ini nilai faktor tersebut dinaikkan menjadi 3 yang artinya tindakan

kebijakan ini sudah dilakukan namun belum sampai menurunkan pertumbuhan pertumbuhan jumlah kendaraan sampai 10%.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada skenario ini sedikit terlihat mampu mengurangi telapak ekologis dan meningkatkan status ekologi wilayah perkotaan gresik. Hal ini dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.58** dibawah ini yang menunjukkan garis status ekologi pada skenario pengurangan kendaraan pribadi berimpitan dengan garis skenario normal. Hal ini juga terjadi pada nilai telapak ekologis yang menggambarkan produksi emisi gas CO₂. Dengan demikian kebijakan ini tidak signifikan mempengaruhi usaha pengurangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.



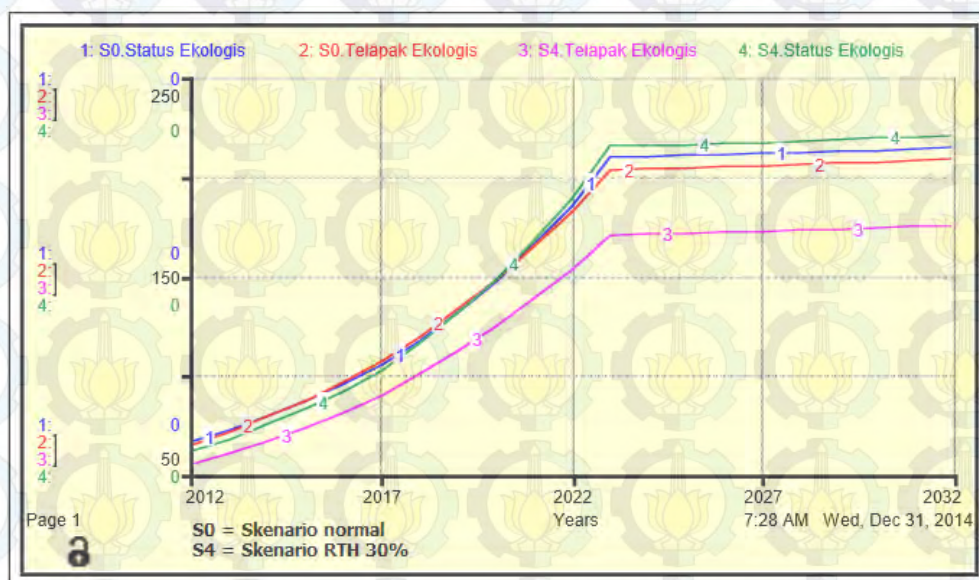
Gambar 4. 58 Hasil Simulasi Skenario Pembatasan Jumlah Kendaraan Pribadi Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis

Sumber : Hasil Simulasi, 2014

Selain itu jika dilihat dari nilai hasil simulasi maka nilai status ekologis pada skenario tahun 2031 mencapai 0.36 dengan telapak ekologis sebesar 175,390 gha. Telapak ekologis tersebut akibat total produksi emisi gas CO₂ mencapai 77,678,979.77 ton.

2. Skenario Mempertahankan 30% dari Luas Wilayah Merupakan Lahan Hijau

Sesuai dengan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 bahwa ruang terbuka hijau perlu dipertahankan sebesar 30%. Pada RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031 sudah membatasi alokasi lahan terbangun sampai pada 49% dari luas wilayah perkotaan Gresik. Oleh karena itu pada simulasi skenario ini mempertahankan 30% lahan hijau berarti perlu memanipulasi faktor lahan non terbangun sehingga proporsi luas lahan RTH lebih besar.



Gambar 4. 59 Hasil Simulasi Skenario Mempertahankan 30% Lahan Hijau Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis

Sumber : Hasil Simulasi, 2014

Pada kondisi normal luas RTH dipengaruhi oleh proporsi tutupan pohon dan semak. Jika 30% dari luas wilayah adalah RTH maka seharusnya proporsi luas tutupan pohon lebih banyak. Pada kondisi normal luas tutupan pohon hanya sebesar 3.7%. Berdasarkan hasil wawancara narasumber diketahui bahwa sedikitnya luas tutupan pohon dikarenakan pengawasan terhadap RTH yang masih minim diimplementasikan oleh pemerintah. Oleh karena itu pengawasan RTH dianggap masih pada level 1. Pada simulasi skenario ini pengawasan RTH ditingkatkan menjadi 3 sehingga tutupan pohon untuk RTH lebih banyak diadakan.

Pada **Gambar 4.59** dapat diketahui bahwa skenario ini cukup signifikan mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik yang ditunjukkan oleh jarak antara garis telapak ekologis kondisi normal (merah) dengan garis telapak ekologis skenario 30% RTH (merah muda) memiliki jarak yang signifikan. Meskipun demikian skenario ini belum mampu menaikkan status ekologi wilayah perkotaan Gresik secara signifikan yang ditunjukkan oleh garis status ekologis kedua skenario hamper berimpitan.

Skenario ini menghasilkan nilai telapak ekologis tetap sebesar 175,390 gha dan status ekologis berada pada level 0.37. Pada kondisi skenario normal juga memiliki nilai simulasi telapak ekologis sebesar 175,390.00 dan status ekologis sebesar 0.37.

3. Skenario Pengetatan Perijinan 3 Jenis Industri Dan Efisiensi Energi Industri

Di wilayah perkotaan gresik pertumbuhan industri pupuk, kimia terutama industri petrokimia dan industri logam sangat signifikan sehingga pertambahan jumlah jenis industri ini berakibat signifikan terhadap produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan gresik. Pada skenario ini dicoba pertumbuhan 3 jenis industri ini dikendalikan secara ketat sehingga dapat menurunkan pertumbuhan jumlah industri ini sampai 50% dari kondisi natural. Pengendalian pertumbuhan industri ini dilakukan melalui mekanisme perijinan usaha industri baru dan efisiensi energi yang digunakan.

Berdasarkan IPCC (2007) efisiensi energi dapat berpengaruh pada ekivalensi faktor produksi jenis industri ini. Pada tabel berikut merupakan ekivalen faktor produksi pada kondisi umum dan kondisi efisiensi energi.

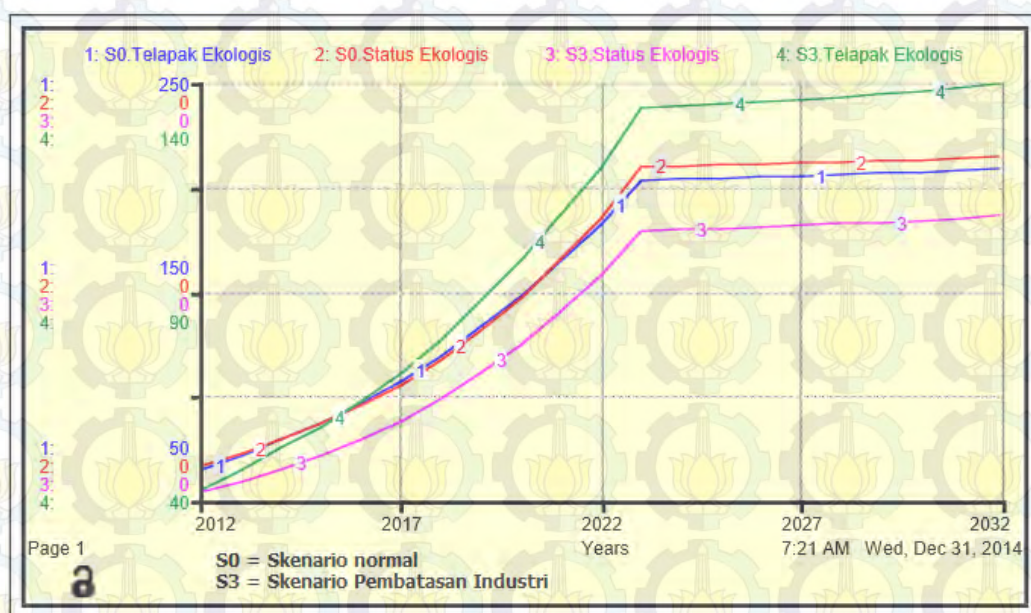
Tabel 4. 47 Perubahan Emisi Faktor Setelah TErjadi Efisiensi Energi Pada Jenis Industri

Jenis	Natural	Efisiensi Energi	Satuan
Industri Kimia	2.972	1.67	ton CO ₂ / Ton produk
Industri Logam	3.8	2.6	ton CO ₂ / Ton produk
Industri Pupuk	1.884	1.2	ton CO ₂ / Ton produk

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Dari dasar tersebut digunakan untuk menghitung dampak pengendalian pertumbuhan 3 jenis industri ini di wilayah perkotaan Gresik. Hasil simulasi skenario ini dapat ditunjukkan pada gambar berikut.

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa skenario ini cukup signifikan dalam mengurangi telapak ekologis di wilayah perkotaan Gresik dengan ditunjukkan pada garis telapak ekologis skenario normal (biru) dan telapak ekologis skenario ini (hijau) memiliki jarak yang lebar. Selain itu skenario ini juga signifikan dalam meningkatkan status ekologi wilayah perkotaan Gresik yang ditunjukkan oleh jarak dua garis simulasi status ekologis masing-masing skenario.



Gambar 4. 60 Hasil Simulasi Skenario Pembatasan Pertumbuhan dan Efisiensi Energi Industri Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis

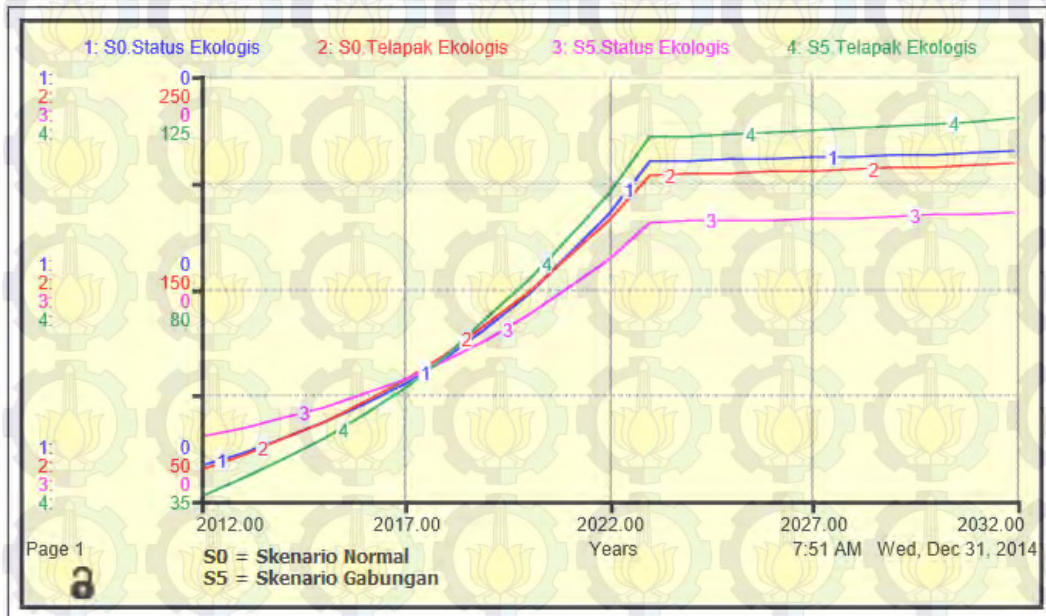
Sumber : Hasil Simulasi, 2014

Skenario ini menghasilkan nilai telapak ekologis sebesar 93,715.97 gha dan status ekologis berada pada level 0.20. pada kondisi skenario normal memiliki nilai simulasi telapak ekologis sebesar 175,390.00 dan status ekologis sebesar 0.37.

4. Skenario Gabungan

Skenario gabungan merupakan kolaborasi semua skenario kebijakan yang dapat diambil mulai dari konversi energi rumah tangga, pembatasan kendaraan

pribadi, mempertahankan rth 30% dan pengetatan perijinan ketiga jenis industri penghasil emisi terbesar. Hasil dari skenario gabungan ini dapat disajikan pada Gambar berikut.



Gambar 4. 61 Hasil Simulasi Skenario Gabungan Pada Nilai Status Ekologis dan Telapak Ekologis

Sumber : Hasil Simulasi, 2014

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa skenario ini signifikan dalam mengurangi telapak ekologis perkapita wilayah perkotaan Gresik. Selain itu juga mampu meningkatkan status ekologi wilayah perkotaan Gresik yang ditunjukkan dari jarak garis masing-masing skenario yang saling menjauh. Hal ini diakibatkan oleh menurunnya produksi emisi gas CO₂ di sektor kegiatan industri dan transportasi. Selain itu adanya kebijakan mempertahankan rth 30% menjadikan biokapasitas di wilayah perkotaan Gresik sebagai lahan penyerap karbon dapat terjaga. Hasil simulasi skenario ini menghasilkan nilai telapak ekologis sebesar 92,713.05 gha dan status ekologis berada pada level 0.19. Pada kondisi skenario normal memiliki nilai simulasi telapak ekologis sebesar 175,390 dan status ekologis sebesar 0.37. Skenario ini mampu mempengaruhi keseimbangan emisi gas CO₂ dari dua sisi yaitu mengurangi produksi emisi gas CO₂ dan meningkatkan kemampuan penyerapan emisi Gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

B. Perbandingan Antar Simulasi Skenario

Setelah masing-masing skenario disimulasikan maka perbandingan skenario ini dilakukan untuk mengetahui skenario mana yang paling optimal untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Meskipun simulasi skenario ini hanya untuk mengetahui model dapat berfungsi dengan baik dan benar serta dapat membantu pengambilan keputusan namun perbandingan antar skenario ini dilakukan untuk mengetahui hasil permodelan masing-masing skenario sesuai dengan logika. Dengan demikian model semakin teruji dalam mensimulasikan bermacam-macam skenario untuk pengambilan keputusan atau untuk memahami masalah dan membantu penyusunan langkah strategis dalam mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Hasil perbandingan antar simulasi skenario tersebut dapat disajikan pada **Tabel 4.48**. Hasil perbandingan masing-masing skenario menunjukkan bahwa perubahan status ekologis wilayah lebih besar dipengaruhi oleh penurunan produksi emisi gas CO₂ daripada peningkatan kemampuan mengarsorbsi emisi gas CO₂. Hasil perbandingan antar skenario pada tabel tersebut diketahui bahwa skenario 1 (pembatasan kendaraan pribadi) hanya mampu mengurangi emisi gas CO₂ sebesar 0.66% namun status ekologis masih tetap sebesar 0.37. Semakin kecil nilai status ekologis maka keseimbangan emisi gas CO₂ atau produksi dan penyerapan semakin baik. Pembatasan kendaraan pribadi yang dimaksud adalah juga termasuk kebijakan penyediaan angkutan umum yang lebih baik, pajak yang tinggi terhadap kepemilikan kendaraan pribadi dan beban kredit kepemilikan kendaraan. Dari hasil simulasi skenario ini menunjukkan bahwa kebijakan ini tidak cukup signifikan mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Kebijakan ini hanya mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik pada tahun proyeksi dari kondisi normal sebesar 78.12 juta ton CO₂ berkurang menjadi 77.68 juta ton CO₂. Prosentase penurunan emisi dengan skenario ini adalah 0.36% dari produksi emisi gas CO₂ pada kondisi normal. Meskipun demikian kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ dengan skenario ini tidak berubah karena skenario ini hanya menghambat produksi emisi gas CO₂ sedangkan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ tidak ditingkatkan.

Sedikit lebih baik pada skenario 2 yaitu kebijakan alokasi lahan ruang terbuka hijau (RTH) ditingkatkan dan dipertahankan mencapai proporsi 30% dari luas wilayah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario ini tidak mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ namun mampu meningkatkan kemampuan wilayah untuk mengabsorbsi emisi gas CO₂. Fungsi lahan RTH sebagai lahan penyerap karbon menjadikan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik semakin baik dengan skenario ini. Hal ini ditunjukkan oleh status ekologis wilayah naik dari 0.37 menjadi 0.36. Status ekologis tersebut meningkat seiring peningkatan biokapasitas dari 1065.1 menjadi 1272.15 gha. Skenario ini yang mengalokasikan lahan hijau lebih besar menjadikan peningkatan kemampuan wilayah dalam mengabsorbsi emisi gas CO₂ semakin besar.

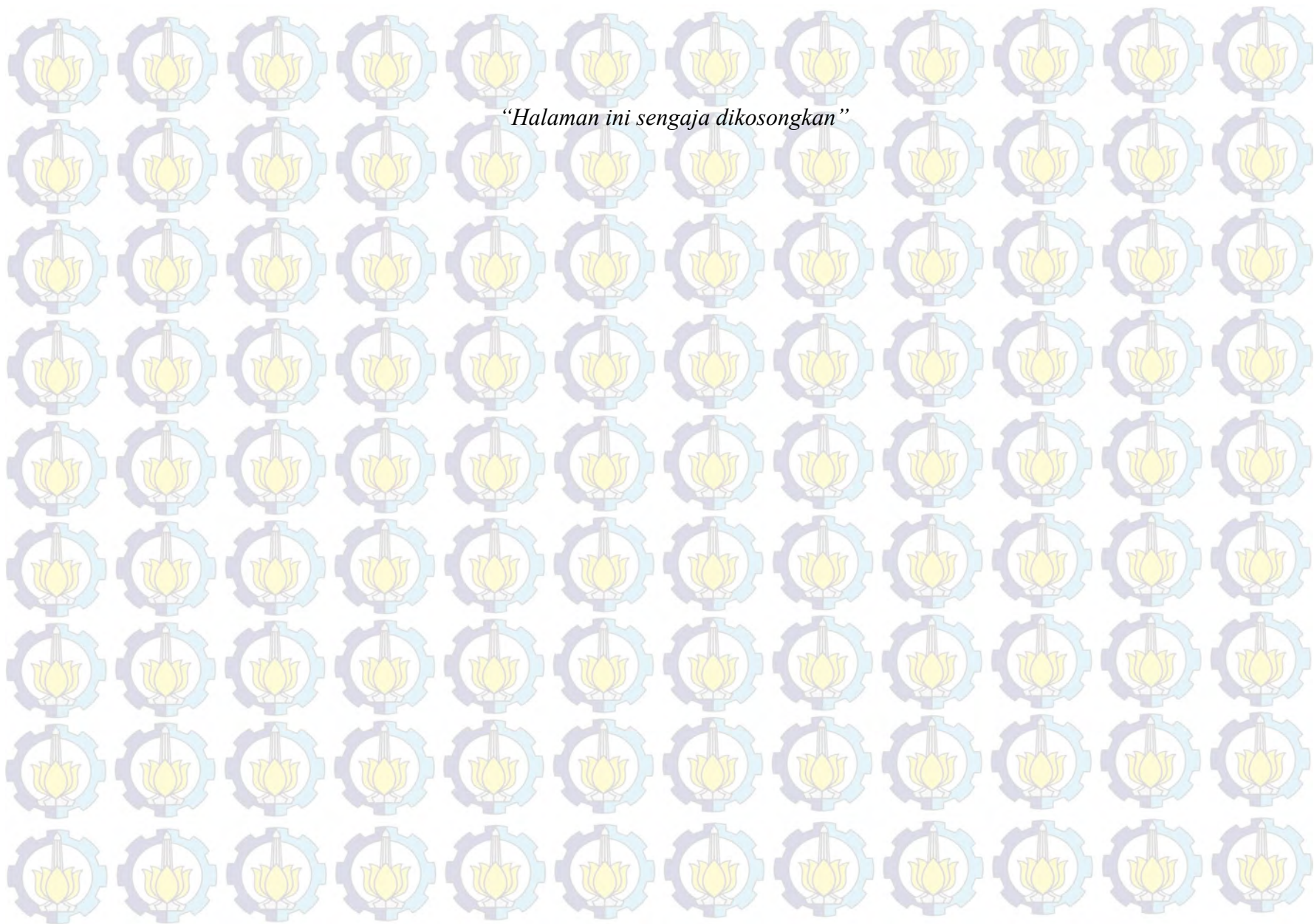
Kebijakan ini memang mempengaruhi status ekologis wilayah perkotaan Gresik terhadap emisi gas CO₂ dari satu sisi. Sisi tersebut adalah kemampuan penyerapan namun tidak mampu mempengaruhi sisi yang lain yaitu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Seperti nampak pada **Tabel 4.48**, hasil simulasi skenario ini menunjukkan bahwa produksi emisi gas CO₂ masih sama seperti pada simulasi kondisi normal. Produksi emisi gas CO₂ pada kondisi normal adalah sebesar 78.12 juta ton CO₂. Karena produksi emisi yang sama tersebut maka besar telapak ekologis hasil skenario ini juga sama pada level 174,390 gha.

Skenario 3 yaitu pengetatan pertumbuhan dan efisiensi energi pada industri kimia, pupuk dan logam lebih baik daripada dua skenario sebelumnya. Dengan skenario ini mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ wilayah perkotaan Gresik sebesar 32.78%. Selain itu status ekologis juga dapat dinaikkan sebesar 0.37 menjadi 0.20. Produksi emisi gas CO₂ dari sektor industri memang sangat besar dibandingkan sektor lainnya seperti yang telah dijelaskan pada sub bab simulasi model. Dengan mengurangi produksi emisi gas CO₂ dari sektor ini maka skenario ini cukup efektif mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik dan mampu meningkatkan status ekologi. Meskipun demikian skenario ini tidak cukup untuk meningkatkan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik karena tetap pada level 474.44 ribu ton CO₂.

Tabel 4. 48 Perbandingan Antar Skenario Pada Masing-Masing Item Perhitungan

No	Item	Normal	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	Produksi Emisi Gas CO ₂ ton)	78,125,723.72	77,678,979.77	78,125,723.72	52,516,990.94	51,995,392.63
2	Penyerapan Emisi Gas CO ₂ (ton)	474,436.64	474,436.64	566,666.97	474,436.64	566,666.97
3	Telapak Ekologis (gha)	175,390.00	174,387.08	175,390.00	93,715.97	92,713.05
4	Biokapasitas (gha)	1,065.10	1,065.10	1,272.15	1,065.10	1,272.15
5	Status Ekologis	0.37	0.36	0.37	0.20	0.19
6	Prosentase Penurunan Emisi Gas CO ₂ (%)		0.57	-	32.78	33.45

Sumber : Hasil Analisa,. 2014



Dari keseluruhan perbandingan hasil simulasi masing-masing skenario dapat diketahui bahwa skenario gabungan memiliki efektifitas penurunan produksi emisi yang paling baik. Skenario ini mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ wilayah perkotaan Gresik sebesar 33.45%. Selain itu skenario ini juga mampu meningkatkan status ekologi wilayah perkotaan Gresik menjadi mendekati level *balance region* sebesar 0.19. Keseimbangan emisi gas CO₂ pada skenario ini lebih baik daripada skenario lainnya. Hal ini dapat ditunjukkan dengan berkurangnya produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik yang diikuti oleh peningkatan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂. Peningkatan kemampuan penyerapan ini dikarenakan alokasi luas lahan ruang terbuka hijau yang semakin besar. Dengan demikian skenario ini berjalan pada dua sisi keseimbangan emisi gas CO₂ sehingga dapat disimpulkan bahwa skenario gabungan ini merupakan skenario optimal untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

Tahap simulasi skenario beberapa kebijakan dengan permodelan sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik ini merupakan tahap akhir pengujian model. Dari keseluruhan rangkaian pengujian didapatkan bahwa model sistem defisit ekologis di wilayah perkotaan Gresik adalah model fit, relevan dan berjalan baik untuk membantu mensimulasikan sebuah kebijakan dalam menggambarkan sistem nyata. Model sistem yang dibangun sudah memenuhi beberapa tahapan pengujian antara lain :

1. Hasil verifikasi model menunjukkan struktur dan formulasi model sudah konsisten.
2. Hasil uji ekstrim terhadap model yang dibangun menunjukkan bahwa model tetap bersifat rasional.
3. Hasil uji replikasi menunjukkan bahwa model fit dengan nilai error data hasil simulasi pada berbagai faktor kurang dari 0.1.
4. Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa faktor pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi, pertumbuhan jumlah industri logam, pupuk, kimia, dan luas lahan non terbangun merupakan faktor sensitif untuk menurunkan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.

5. Hasil simulasi skenario menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu mensimulasikan dengan baik terhadap hasil produksi, penyerapan emisi gas CO₂ dan status ekologis wilayah perkotaan Gresik.

Berdasarkan hasil perumusan *stock and flow* (SFD) dan keseluruhan proses pengujian, model sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ telah dapat ditentukan. Model ini terdiri dari 6 sub model yaitu sub model kependudukan, kegiatan perumahan, kegiatan transportasi, kegiatan industri, penggunaan lahan, dan status ekologi. Hubungan pada masing-masing sub model adalah sebagai berikut :

- a. Pada sub model kependudukan jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan penduduk. Peningkatan jumlah penduduk sebesar 3 jiwa akan meningkatkan jumlah rumah tangga sebesar 1 satuan. Jumlah rumah tangga kemudian mempengaruhi jumlah penggunaan energi rumah tangga dan juga meningkatkan jumlah kendaraan pribadi.
- b. Pada sub model kegiatan perumahan, jumlah rumah tangga yang meningkat ikut meningkatkan penggunaan LPG, minyak tanah, pemakaian listrik dan pembuangan sampah. Peningkatan 1 rumah tangga dapat meningkatkan pemakaian energi listrik per tahunnya sebesar 1,211.56 kwh, penggunaan LPG sebesar 140.72 kg dan penggunaan minyak tanah sebesar 138.60 liter. Produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan dihasilkan dari pembakaran bahan bakar tersebut dan pembakaran sampah. Peningkatan 1 rumah tangga dapat berpotensi meningkatkan pembakaran sampah sebesar 0.0001 ton jika sistem pengangkutan sampah tidak berjalan optimal.
- c. Pada sub model kegiatan transportasi. Pertumbuhan rumah tangga juga meningkatkan jumlah kendaraan bermotor terutama kendaraan pribadi. Rasio antara rumah tangga dengan jumlah kendaraan roda 4 dan sepeda motor masing-masing sebesar 3 dan 34. Peningkatan 1 rumah tangga diikuti oleh peningkatan 3 unit roda 4 dan 34 unit roda dua. Berbeda dengan pertumbuhan kendaraan roda 4 lebih yang dipengaruhi oleh pertumbuhan industri. Pertumbuhan jumlah kendaraan ini menjadikan konsumsi energi bahan bakar solar dan bensin meningkat. Peningkatan 1 unit industri pupuk, kimia, logam atau kayu diikuti

oleh peningkatan 63 unit kendaraan roda 4 lebih. Penggunaan bahan bakar kendaraan kemudian menghasilkan produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi.

d. Pada sub model kegiatan industri yang hanya diambil industri dominan di wilayah perkotaan Gresik yaitu jumlah industri pupuk, kimia, logam dan kayu. Pertumbuhan jumlah industri-industri ini mempengaruhi total kapasitas produksi suatu jenis industri di wilayah perkotaan Gresik. Peningkatan 1 unit industri pupuk akan diikuti oleh peningkatan 38,685.28 ton total kapasitas produksi industri pupuk. Peningkatan 1 unit industri kimia akan diikuti oleh peningkatan 102,267.10 ton total kapasitas produksi industri kimia. Peningkatan 1 unit industri logam akan diikuti oleh peningkatan 84,718.56 ton total kapasitas produksi industri logam. Peningkatan 1 unit industri kayu akan diikuti oleh peningkatan 10,474.37 m³ total kapasitas produksi industri kayu. Peningkatan kapasitas produksi ini mempengaruhi penggunaan energi untuk proses pengolahan produk didalam industri tersebut. Penggunaan energi dan produksi industri ini kemudian menghasilkan produksi emisi gas CO₂ dari sektor industri.

e. Pada sub model penggunaan lahan, perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun menjadikan penyerapan alami gas CO₂ oleh lahan non terbangun terutama lahan RTH semakin berkurang. Luas tutupan pohon dan semak pada lahan non terbangun juga berpengaruh terhadap kemampuan alami penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Pada kondisi normal berkurangnya 1 ha lahan non terbangun diikuti oleh penurunan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ sebesar 37.53 ton. Sedangkan peningkatan 1 ha lahan terbangun meningkatkan produksi emisi gas CO₂ sebesar 7,768.57 ton.

f. Pada sub model status ekologi dipengaruhi oleh produksi total emisi gas CO₂ dan kemampuan alami penyerapan emisi gas CO₂ oleh lahan hijau. Semakin besar produksi emisi gas CO₂ maka semakin besar telapak ekologis. Rata-rata rasio total produksi emisi gas CO₂ dari sektor perumahan, industri dan transportasi adalah sebesar 1 : 28 : 1,268. Peningkatan 1 ton produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan diikuti oleh 28 ton produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi dan 1,268 ton emisi gas CO₂ sektor industri. Emisi gas CO₂ dari ketiga sektor tersebut kemudian meningkatkan telapak ekologis. Peningkatan 1

ton emisi gas CO₂ dapat meningkatkan 0.002 gha telapak ekologis. Di sisi lain semakin besar lahan terbuka hijau mengakibatkan semakin tinggi total penyerapan emisi gas CO₂ dan biokapasitas wilayah tersebut. Penurunan 1 ton kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ dapat menurunkan biokapasitas sebesar 0.002 gha. Masing-masing telapak ekologis dan biokapasitas dihitung perkapita penduduk. Selisih antara telapak ekologis per kapita dan biokapasitas per kapita penduduk merupakan ukuran status ekologi wilayah.

Permodelan sistem defisit ekologis yang terdiri dari 6 sub model tersebut sudah melalui beberapa tahapan pengujian dan telah memenuhi beberapa uji antara lain hasil uji replikasi menunjukkan model memiliki nilai error kurang dari 0.1. selanjutnya hasil uji ekstrim menunjukkan model masih bersifat rasional. Selain itu, hasil simulasi beberapa skenario pada model menunjukkan bahwa model dapat memsimulasikan dengan baik. Skenario gabungan secara signifikan mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik daripada skenario lainnya. Skenario gabungan merupakan gabungan dari beberapa kebijakan antara lain pembatasan pertumbuhan kendaraan pribadi, meningkatkan dan mempertahankan luas lahan RTH 30% luas wilayah, dan pengetatan perijinan industri dan efisiensi penggunaan bahan bakar industri. Skenario ini mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ wilayah perkotaan Gresik sebesar 33.45%. Selain itu skenario ini juga mampu meningkatkan status ekologi wilayah perkotaan Gresik menjadi 0.19 dari kondisi normal status ekologi sebesar 0.37.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Permodelan sistem defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik merupakan sistem keseimbangan emisi gas CO₂ hasil interaksi antara faktor penghasil dan penyerap emisi gas CO₂. Hubungan antara faktor penghasil dan penyerap emisi gas CO₂ memiliki hubungan yang saling berkebalikan. Produksi emisi semakin tinggi akibat aktivitas kegiatan yang meningkat disertai perubahan penggunaan lahan dari non terbangun menjadi terbangun. Dari hasil analisis keseluruhan yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan penelitian antara lain :

1. Faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik hasil konsensus wawancara para narasumber terdiri dari faktor penghasil dan faktor penyerap emisi gas CO₂. Faktor penghasil emisi gas CO₂ merupakan faktor yang berpengaruh terhadap timbulan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor ini terdiri dari :

- a. Indikator kegiatan industri

Pada indikator ini terdiri dari faktor produksi emisi gas CO₂ sektor industri, jumlah industri, jenis industri logam, kimia, pupuk dan kayu, kapasitas produksi, jumlah penggunaan energi listrik, BBM, gas, batu bara, dan penggunaan kayu bakar.

- b. Indikator kegiatan perumahan

Pada indikator ini terdiri dari faktor jumlah rumah tangga, jumlah penggunaan LPG, jumlah penggunaan minyak tanah, jumlah penggunaan kayu bakar, jumlah penggunaan energi listrik, pembakaran sampah rumah tangga.

- c. Indikator kegiatan transportasi

Pada indikator ini terdiri dari faktor jumlah kendaraan sepeda motor, jumlah kendaraan roda empat, jumlah kendaraan roda empat lebih, pertumbuhan

jumlah kendaraan, jumlah penggunaan bahan bakar yang digunakan kendaraan.

Kedua adalah faktor penyerap emisi gas CO₂. Faktor ini mempengaruhi kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Faktor ini teridentifikasi berasal dari tiga indikator antara lain :

a. Indikator penggunaan lahan

Pada indikator ini terdiri dari faktor luas lahan RTH, luas lahan terbangun, luas wilayah perkotaan Gresik dan perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun.

b. Indikator serapan alami gas CO₂

Pada indikator ini terdiri dari faktor luas lahan RTH, jenis tutupan vegetasi, dan daya serap CO₂ rata-rata ruang terbuka hijau.

c. Indikator kebijakan pemerintah

Indikator ini terdiri dari faktor adanya kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi gas CO₂, kebijakan pembatasan kendaraan pribadi, kebijakan konversi energi rumah tangga dan kebijakan pengawasan RTH.

2. Hubungan antar faktor keseimbangan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik terdiri dari 6 jenis hubungan (*loop*) yang saling terkait yaitu kegiatan industri, kegiatan transportasi, kegiatan perumahan, penggunaan lahan, kependudukan dan status ekologi.

a. Pertama hubungan faktor kependudukan. Jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan penduduk. Jumlah penduduk yang semakin meningkat mempengaruhi peningkatan jumlah rumah tangga (KK). Jumlah rumah tangga kemudian berdampak pada *loop* kedua yaitu kegiatan perumahan.

b. Kedua adalah hubungan faktor dalam kegiatan perumahan. Penggunaan energi rumah tangga seperti energi untuk memasak dan energi listrik semakin meningkat seiring jumlah rumah tangga yang meningkat. Kebijakan konversi energi dari minyak tanah ke LPG menurunkan penggunaan minyak tanah dan meningkatkan penggunaan LPG. Peningkatan juga terjadi pada pembakaran sampah rumah tangga akibat timbunan sampah yang meningkat. Pembakaran sampah dapat menurun ketika sistem pengangkutan sampah berjalan optimal dan menyeluruh ke seluruh wilayah. Penggunaan energi dan pembakaran

sampah rumah tangga ini pada akhirnya terakumulasi dalam total produksi emisi gas CO₂ permukiman.

- c. Ketiga yaitu hubungan faktor dalam kegiatan industri, pertumbuhan emisi gas CO₂ didominasi oleh produksi dari industri kimia, logam, kayu dan pupuk. Jumlah industri tersebut dominan di wilayah perkotaan Gresik. Peningkatan jumlah industri ini turut meningkatkan akumulasi kapasitas produksi masing-masing jenis industri di wilayah perkotaan Gresik. Meskipun demikian pertumbuhan jenis industri dibatasi oleh alokasi penggunaan lahan terbangun sesuai RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2011-2031. Hal ini akibat okupasi lahan untuk pertumbuhan industri terbatas pada alokasi lahan terbangun yang sudah ditentukan pada RTRW Kab. Gresik Tahun 2011-2031. Peningkatan kapasitas produksi meningkatkan penggunaan bahan baku, bahan bakar dan energi listrik selama proses produksi berlangsung. Proses produksi tersebut kemudian menghasilkan emisi gas CO₂ secara langsung dari pengolahan bahan baku dan penggunaan energi. Dalam sistem, faktor emisi setiap jenis industri merupakan cerminan jumlah emisi gas CO₂ yang dihasilkan dalam setiap proses produksi satu ton produk. Keseluruhan proses produksi industri-industri ini kemudian meningkatkan total produksi emisi gas CO₂ sektor industri dan total emisi gas CO₂ keseluruhan.
- d. Keempat yaitu hubungan faktor dalam kegiatan transportasi. Total produksi emisi gas CO₂ dihasilkan dari penggunaan bahan bakar baik bensin maupun solar oleh masing-masing jenis kendaraan. Jumlah kendaraan terutama kendaraan roda dua dan roda empat terus meningkat setiap tahunnya mengikuti peningkatan jumlah rumah tangga. Adanya kebijakan pembatasan kendaraan pribadi dapat memperlambat laju pertumbuhan kendaraan tersebut. Selain itu, pada jumlah kendaraan roda empat lebih merupakan banyak dari jenis kendaraan industri sehingga peningkatannya dipengaruhi oleh jumlah industri.
- e. Kelima yaitu hubungan faktor penggunaan lahan. Pada hubungan faktor ini pertumbuhan jumlah industri dan rumah tangga meningkatkan luas lahan terbangun akibat tingginya konversi lahan. Konversi lahan yaitu perubahan

- lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Peningkatan lahan terbangun secara otomatis akan menurunkan luas lahan non terbangun. Meskipun terjadi peningkatan lahan terbangun, jika pengawasan RTH pada pembangunan tapak-tapak bangunan berjalan optimal maka dapat meningkatkan lahan non terbangun karena kewajiban penyediaan RTH privat. Lahan non terbangun ini dapat dibedakan berdasarkan jenis tutupan hijau pada lahan yaitu pohon, semak dan non hijau (badan air, sungai dan tambak). Luas tutupan pohon dan semak kemudian mempengaruhi total penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik.
- f. Keenam yaitu hubungan faktor status ekologis. Kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ diukur sebagai biokapasitas wilayah, dan mempengaruhi status ekologis. Semakin besar biokapasitas maka dapat berpotensi meningkatkan status ekologis. Selain itu, status ekologis juga dipengaruhi oleh telapak ekologis. Telapak ekologis merupakan total produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Telapak ekologis meningkat seiring peningkatan akumulasi emisi gas CO₂ dari keseluruhan kegiatan yaitu perumahan, transportasi dan industri. Semakin besar total emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik maka meningkatkan kebutuhan lahan penyerap emisi tersebut.
3. Model defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ terdiri dari 6 sub model yaitu sub model kependudukan, kegiatan perumahan, kegiatan transportasi, kegiatan industri, penggunaan lahan, dan status ekologi. Hubungan pada masing-masing sub model adalah sebagai berikut :
- a. Pada sub model kependudukan jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan penduduk. Peningkatan jumlah penduduk sebesar 3 jiwa akan meningkatkan jumlah rumah tangga sebesar 1 satuan. Jumlah rumah tangga kemudian mempengaruhi jumlah penggunaan energi rumah tangga dan juga meningkatkan jumlah kendaraan pribadi.
- b. Pada sub model kegiatan perumahan, jumlah rumah tangga yang meningkat ikut meningkatkan penggunaan LPG, minyak tanah, pemakaian listrik dan pembuangan sampah. Peningkatan 1 rumah tangga dapat meningkatkan pemakaian energi listrik per tahunnya sebesar 1,211.56 kwh, penggunaan

LPG sebesar 140.72 kg dan penggunaan minyak tanah sebesar 138.60 liter. Produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan dihasilkan dari pembakaran bahan bakar tersebut dan pembakaran sampah. Peningkatan 1 rumah tangga dapat berpotensi meningkatkan pembakaran sampah sebesar 0.0001 ton jika sistem pengangkutan sampah tidak berjalan optimal.

- c. Pada sub model kegiatan transportasi. Pertumbuhan rumah tangga juga meningkatkan jumlah kendaraan bermotor terutama kendaraan pribadi. rasio antara rumah tangga dengan jumlah kendaraan roda 4 dan sepeda motor masing-masing sebesar 3 dan 34. Peningkatan 1 rumah tangga diikuti oleh peningkatan 3 unit roda 4 dan 34 unit roda dua. Berbeda dengan pertumbuhan kendaraan roda 4 lebih yang dipengaruhi oleh pertumbuhan industri. Pertumbuhan jumlah kendaraan ini menjadikan konsumsi energi bahan bakar solar dan bensin meningkat. Peningkatan 1 unit industri pupuk, kimia, logam atau kayu diikuti oleh peningkatan 63 unit kendaraan roda 4 lebih. Penggunaan bahan bakar kendaraan kemudian menghasilkan produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi.
- d. Pada sub model kegiatan industri yang hanya diambil industri dominan di wilayah perkotaan Gresik yaitu jumlah industri pupuk, kimia, logam dan kayu. Pertumbuhan jumlah industri-industri ini mempengaruhi total kapasitas produksi suatu jenis industri di wilayah perkotaan Gresik. Peningkatan 1 unit industri pupuk akan diikuti oleh peningkatan 38,685.28 ton total kapasitas produksi industri pupuk. Peningkatan 1 unit industri kimia akan diikuti oleh peningkatan 102,267.10 ton total kapasitas produksi industri kimia. Peningkatan 1 unit industri logam akan diikuti oleh peningkatan 84,718.56 ton total kapasitas produksi industri logam. Peningkatan 1 unit industri kayu akan diikuti oleh peningkatan 10,474.37 m³ total kapasitas produksi industri kayu. Peningkatan kapasitas produksi ini mempengaruhi penggunaan energi untuk proses pengolahan produk didalam industri tersebut. Penggunaan energi dan produksi industri ini kemudian menghasilkan produksi emisi gas CO₂ dari sektor industri.
- e. Pada sub model penggunaan lahan, perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun menjadikan penyerapan alami gas CO₂ oleh lahan non

terbangun terutama lahan RTH semakin berkurang. Luas tutupan pohon dan semak pada lahan non terbangun juga berpengaruh terhadap kemampuan alami penyerapan emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik. Pada kondisi normal berkurangnya 1 ha lahan non terbangun diikuti oleh penurunan kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ sebesar 37.53 ton. Sedangkan peningkatan 1 ha lahan terbangun meningkatkan produksi emisi gas CO₂ sebesar 7,768.57 ton.

- f. Pada sub model status ekologi dipengaruhi oleh produksi total emisi gas CO₂ dan kemampuan alami penyerapan emisi gas CO₂ oleh lahan hijau. Semakin besar produksi emisi gas CO₂ maka semakin besar telapak ekologis. Rata-rata rasio total produksi emisi gas CO₂ dari sektor perumahan, industri dan transportasi adalah sebesar 1 : 28 : 1,268. Peningkatan 1 ton produksi emisi gas CO₂ sektor perumahan diikuti oleh 28 ton produksi emisi gas CO₂ sektor transportasi dan 1,268 ton emisi gas CO₂ sektor industri. Emisi gas CO₂ dari ketiga sektor tersebut kemudian meningkatkan telapak ekologis. Peningkatan 1 ton emisi gas CO₂ dapat meningkatkan 0.002 gha telapak ekologis. Di sisi lain semakin besar lahan terbuka hijau mengakibatkan semakin tinggi total penyerapan emisi gas CO₂ dan biokapasitas wilayah tersebut. Penurunan 1 ton kemampuan penyerapan emisi gas CO₂ dapat menurunkan biokapasitas sebesar 0.002 gha. Masing-masing telapak ekologis dan biokapasitas dihitung perkapita penduduk. Selisih antara telapak ekologis per kapita dan biokapasitas per kapita penduduk merupakan ukuran status ekologi wilayah.
4. Model defisit ekologis untuk mengurangi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik ini telah memenuhi beberapa uji antara lain hasil uji replikasi menunjukkan model memiliki nilai error kurang dari 0.1. selanjutnya hasil uji ekstrim menunjukkan model masih bersifat rasional. Selain itu, hasil simulasi beberapa skenario pada model menunjukkan bahwa model dapat mensimulasikan dengan baik. Skenario gabungan secara signifikan mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik daripada skenario lainnya. Skenario gabungan merupakan gabungan dari beberapa kebijakan antara lain pembatasan pertumbuhan kendaraan pribadi,

mempertahankan luas RTH 30% luas wilayah, dan pengetatan perijinan industri dan efisiensi penggunaan bahan bakar industri. Skenario ini mampu mengurangi produksi emisi gas CO₂ wilayah perkotaan Gresik sebesar 33.45%. Selain itu skenario ini juga mampu meningkatkan status ekologi wilayah perkotaan Gresik menjadi 0.19 dari kondisi normal status ekologi sebesar 0.37.

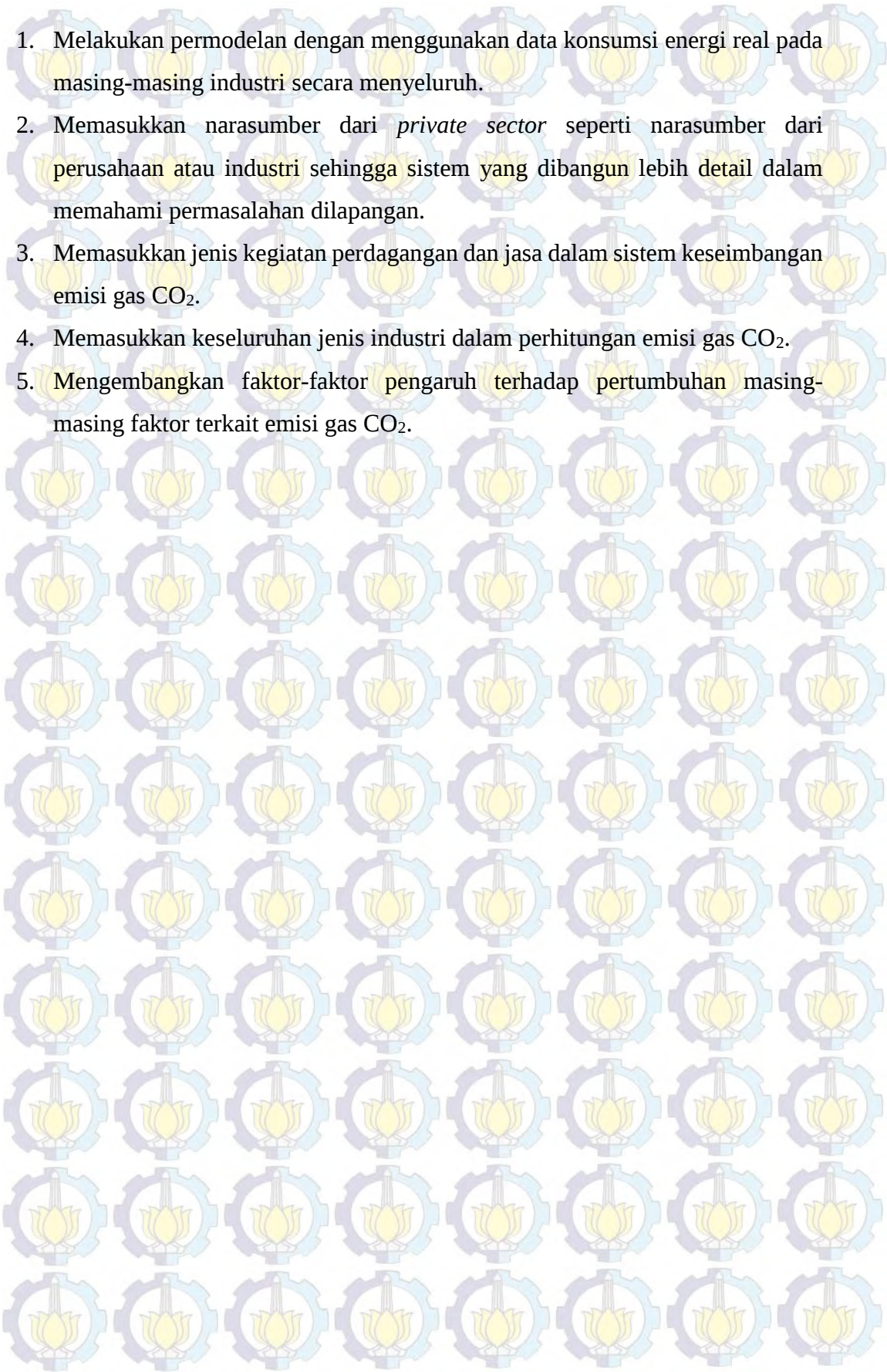
5.2. Saran Terkait Hasil Penelitian

Beberapa saran yang dapat diambil dari hasil penelitian antara lain :

1. Pemerintah Kabupaten Gresik seharusnya sudah perlu membatasi pertumbuhan industri di Wilayah Perkotaan Gresik terutama pada jenis industri logam, pupuk dan industri kimia di wilayah perkotaan.
2. Perlu adanya insentif dan disinsentif perijinan untuk industri yang hemat energi (*green industry*). *Green industry* yang dimaksud adalah industri yang hemat energi, menerapkan konsep zero waste dan memperhatikan area hijau disekitar lingkungan industri.
3. Perlu peningkatan kegiatan pengadaan hutan atau taman kota yang didominasi oleh tutupan pohon.
4. Pemerintah perlu mencadangkan bank lahan untuk ruang terbuka hijau di setiap pusat-pusat kegiatan sehingga lahan non terbangun yang belum terbangun dapat dijadikans sebagai lahan RTH. Lahan ini selain berfungsi sebagai lahan penyerap emisi gas CO₂ juga berfungsi sebagai resapan air.
5. Masyarakat juga harus peduli dan ikut beraksi dalam mewujudkan keseimbangan emisi gas CO₂ di lingkungan perkotaan Gresik dengan melakukan penghematan energi rumah tangga, transportasi dan daur ulang limbah/sampah dan menjaga tata hiajau lingkungan permukiman.

5.3. Rekomendasi Penelitian Lanjutan

Dalam pelaksanaan penelitian tidak terlepas dari asumsi yang digunakan sehingga menjadikan penelitian tidak sempurna. Kekurangan ini mungkin dapat disempurnakan oleh kajian atau penelitian lanjutan. Dalam pengambilan keputusan untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini atau pelaksanaan penelitian lanjutan terdapat beberapa rekomendasi dari penelitian ini antara lain :

- 
1. Melakukan permodelan dengan menggunakan data konsumsi energi real pada masing-masing industri secara menyeluruh.
 2. Memasukkan narasumber dari *private sector* seperti narasumber dari perusahaan atau industri sehingga sistem yang dibangun lebih detail dalam memahami permasalahan lapangan.
 3. Memasukkan jenis kegiatan perdagangan dan jasa dalam sistem keseimbangan emisi gas CO₂.
 4. Memasukkan keseluruhan jenis industri dalam perhitungan emisi gas CO₂.
 5. Mengembangkan faktor-faktor pengaruh terhadap pertumbuhan masing-masing faktor terkait emisi gas CO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2006. *Taman dan Hutan Kota*. Jakarta
- Adiastari, Ratri. (2010), *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Menyerap Emisi Karbon di Kota Surabaya*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Agustina. 2008. *Penentuan Faktor Emisi HC, CO dan CO₂ Pada Pembakaran Sampah Rumah Tangga*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- American Institute of Physics. 2011. *The Greenhouse Gas Effect*.
<http://www.aip.org/>
- Arsyad, Sitanala. 2008. *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Jakarta : Crestpent Press dan Yayasan Obor Indonesia
- Astra, I Made. 2010. *Energi dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*. Jurnal Meterologi dan Geofisika Nomor 2 Tahun 2010
- Astuti. 2005. Pengaruh Rancangan Ruang Kawasan Perumahan Perkotaan Terhadap Emisi CO₂, Makalah Seminar, Lokakarya Temu Kenali FaktorFaktor Penentu Emisi CO₂ Menuju Kearah Terbentuknya Pemukiman Perkotaan
- Aqualdo, Nobel, dkk. 2012. *Penyeimbangan Lingkungan Akibat Pencemaran Karbon Yang Ditimbulkan Industri Warung Internet Di Kota Pekanbaru*. Jurnal Ekonomi Vol 20. No. 3 September 2012.
- Axela, Oxa dan Suryani, Erma. 2012. *Aplikasi Model Sistem Dinamik Untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1 September 2012.
- Bala, B.K and Hossain, M. A. 2013. *Modelling of Ecological Footprint And Climate Change Impacts On Food Security Of The Hill Tracts Of Chittagong In Bangladesh*. Environtment Model Journal Vol 18. Springer Science.
- Brewer. 2009. *Literature Review On Carbon Footprint Collection And Analysis*. Collaborative Software Development Lab (CSDL) Technical Report 09-05. University of Hawaii. Available at <http://csdl.ics.hawaii.edu/techreports/09-05/09-05.pdf>

- Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri. 2012. *Petunjuk Teknis Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca DI Sektor Industri*. Jakarta
- BMKG.2011. Modul 1: Pengenalan Unsur Cuaca, Iklim dan Perubahan Iklim.
- BPS Kabupaten Gresik. 2007. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2007*
- BPS Kabupaten Gresik. 2008. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2008*
- BPS Kabupaten Gresik. 2009. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2009*
- BPS Kabupaten Gresik. 2010. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2010*
- BPS Kabupaten Gresik. 2011. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2011*
- BPS Kabupaten Gresik. 2012. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2012*
- BPS Kabupaten Gresik. 2013. *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2013*
- Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik. 2012. *Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Gresik 2012*.
- Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik. 2013. *Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Gresik 2013*.
- Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik. 2013. *Buku Perijinan Industri Tahun 2003-2013*.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kab.Gresik. 2011. *RTRW Kab. Gresik 2011-2031*.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kab.Gresik. 2011. *Rencana Pembangunan dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (RP4D) Kabupaten Gresik Tahun 2011-2021*
- Barlas, Yames. 1996. *Formal Aspects Of Model Validity And Validation In System Dynamics*. System dynamics review Mol. 12 No.3 May 1996.
- Bhattacharyya, R., Ghoshal, T. 2010. Economic Growth and CO2 Emissions, *Environ Dev Sustain* (2010) 12:159-177.
- Borucke, Michael, et al. 2013. *Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework*. Elsevier : Ecological Indicator Journal. www.elsevier.com/locate/ecolind
- Bungin, Burhan. 2010. *Penelitian Kualitatif*. Jakarta : Kencana Prenada Media Group
- Catanese, J. Anthony & James C. Snyder,. 1996 . *Perencanaan Kota*.Erlangga, Jakarta.
- CIFOR. 2014. *Studi Komparasi Global Tentang REDD+*. Bogor

- Costanza, Robert. 2000. *The Dynamics of The Ecological Footprint Concept*. Elsevier : Ecological Economics Vol. 32 Tahun 2000. [www. Elsevier.com](http://www.Elsevier.com)
- Carbon Trust (2007a). *Carbon footprint measurement methodology, version 1.1*. The Carbon Trust, London, UK. Available at <http://www.carbontrust.co.uk>. Diakses tanggal 27 February 2014.
- Cato. 2010. *Cato Handbook For Policymakers : Global Warming And Climate Change*. Cato Institute 7th Edition.
- Dahlan, 2007. Analisis Kebutuhan Hutan Kota sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik. Disertasi Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Darmadi, Hamid. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan dan Sosial, Konsep Dasar dan Implementasi*. Bandung : Alfabeta
- Dinas PU Kabupaten Gresik. 2008. *Dokumen Kebijakan, Norma, Standar, Pedoman dan Manual (KNSPM) Pengelolaan RTH Di Kota Gresik Tahun 2008*
- Dirjen PU, Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Kajian Telapak Ekologis Perkotaan*. Jakarta
- Dwiyatmo, Kus. 2007. *Pencemaran Lingkungan dan Penanganannya*. Jogjakarta: PT. CitraAji Pratama
- Elo, Satu, Kyngäs, Helvi. 2008. *The qualitative content analysis process*. Journal of Advance Nursing 62 (1) 107-115. JAN Research Methodology.
- Fandeli, Chafid, dkk. 2004. *Perhutanan Kota*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM
- Franchetti dan Apul, 2013 Franchetti, M. J., & Apul, D. (2013). *Carbon footprint analysis: concepts, methods, implementation, and case studies*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Ghozali, Achmad, Satria, Reza, Sabaruddin, Kurniasari, Merisa, Ariastita, P.G. 2013. *The Direction Of Land Use Optimization Through Ecological Footprint Approach In The Gresik Regency-Indonesia*. Proceeding of 2nd Planocosmo Conference. Bandung : ITB
- GIZ., BKF., Kemenkeu, 2012. *Kodifikasi dan Efektivitas Kebijakan Fiskal untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca pada Industri Semen, Baja & Pulp*. Jakarta

- Global Footprint Network (GFN). 2012. *The National Footprint Accounts, 2011 edition*. Global Footprint Network, Oakland, CA, USA.
- Girvetz EH, Zganjar C, Raber GT, Maurer EP, Kareiva P, et al. (2009) Applied Climate-Change Analysis: The Climate Wizard Tool. PLoS ONE 4(12): e8320. doi:10.1371/journal.pone.0008320
- Global Footprint Network. 2012. *The National Footprint Accounts, 2011 edition*. Global Footprint Network, Oakland, CA, USA
- Godish, Thad and Fu, Joshua. 2003. *Air Quality*. Lewis Publisher
- Gratimah, RDG. 2009. Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap gas CO₂ Antropogenik di Pusat Kota Medan. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan
- GHG Protocol. 2011. Green House Protocol for Energy Consumption. China
- Good, Peter et al. 2011. *A review of recent developments in climate change science. Part I: Understanding of future change in the large-scale climate system*. Progress in Physical Geography 35(3) 281–296. Sagepub
- Gutiérrez-Velez, VH & Pontius Jr., RG. 2012. *Influence of carbon mapping and land change modelling on the prediction of carbon emissions from deforestation*. In press. *Environmental Conservation*
- Hairiah, K., Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi Kedua. World Agroforestry Center. Bogor
- Harrel, C., Ghosh, B.K dan Boyden, R.O. (2003), *Simulation Using Promodel*, 2nd edition. McGraw-Hill, New York.
- Harmini, Ratna W.A., Juniar A. 2011. *Model Dinamis Sistem Ketersediaan Daging Sapi Nasional*. Jurnal Ekonomi Pembangunan Vol. 12 Nomor 1 Juni 2011.
- Hadi, Sudharto. 2001. *Dimensi Lingkungan Perencanaan Pembangunan*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Hakim dan Utomo. 2004. *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap*. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta
- Hegerl, G.C., F. W. Zwiers, P. Braconnot, N.P. Gillett, Y. Luo, J.A. Marengo Orsini, N. Nicholls, J.E. Penner and P.A. Stott, 2007: Understanding and Attributing Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science*

- Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Herawati, P. 2010. Analisa Komponen Penentu Emisi CO₂ Dari Dinamika Perubahan Rumah Dalam Sistem Kehidupan Perkotaan di Perumnas Sarijadi Bandung, Thesis, Institut Teknologi Bandung.
- Houghton, John. 2011. *Global warming, climate change and sustainability : challenge to scientists, policy makers and Christians..* Briefing paper 14, fourth edition 2011. The John Ray Initiative.
- IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventory.* Intergovernmental panel On Climate Change
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007 :Synthesis Report, Contribution Of Working Group I, II, III to the fourth assesment Report Of Intergovermental Panel On Climate Change.* Geneva : IPCC
- Irwan, Zoeraini Djamal. 2007. *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota.* Jakarta : Bumi Aksara
- Janzen, H. H. (2004). Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. In *Agriculture, ecosystems and environment*, 104, 399 – 417
- Kaiser, Edward J.; Godschalk, David R.; Chapin, F. Stuart. (1995) *Urban Land Use Planning* 4th edition. Urbana: University of Illinois Press.
- Kodoatie, Robert. 2010. *Tata Ruang Air.* Yogyakarta : ANDI Yogyakarta
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2001. Status Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012. Status Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta
- LAPAN. 2002. Laporan Perubahan Iklim. Bandung
- Lasco, Rodel D, Pulhin FB, Roshetko JM, Regina N, Banactila. 2004. LULUCF Climate Change Mitigation Project in the Philippines: a Primer. World Agroforestry Centre. Southeast Asia Regional Research Programme

- Locatelli, B. Kanninen, M. Brockhaus, M. Colfer, C.J.P. Murdiyarso, D. Santoso, H. 2009. *Menghadapi masa depan yang tak pasti Bagaimana hutan dan manusia beradaptasi terhadap perubahan iklim*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia
- Lussetyowati, T. 2011. *Analisa Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan, Studi Kasus Kota Martapura. Prosiding Seminar Nasional AvoER Ke-3 Palembang* : 185-207
- Maniquin, J. M., 2011, "Konsep Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Dili Timor Leste", Thesis, Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Pembangunan Kota Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- McDonald, Garry and Murray Petterson. 2003. Ecological of New Zealand and Its Regions, Environment Reporting on September. Ministry for the Environment of New Zealand. Available at www.mfe.govt.nz/publications/ser/eco-footprint-sept03/eco-footprintcover-exec-summary.pdf
- Matthews, R.B. and R. Wassman. 2008. Modelling the impact of climate change and methane reduction on rice production: A review. *Eur. J. Agron.* 19: 573–598.
- Mertz, Ole et al. 2009. *Adaptation to Climate Change In Development Countries*. *Environment Manajement Journal* Vol 43. Springer Science
- Muhadjir, Noeng. 2007. *Metodologi Keilmuan*. Yogyakarta : Penerbit Rake Sarasin
- Murdiyarso, Daniel. 2003. *Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim*. Jakarta: Penerbit Buku Kompas.
- OECD, 2009. *Integreting Climate Change Adaptation into development cooperation : Policy Guidance*.
- Pandey, DiIvya, et al. 2011. *Carbon Footprint : Current Methods Of Estimation*. *Environment Monit Assess* No.178. Springer Science
- Prasetyo, L. Budi, Damayanti, K. Ellyn, Masuda, Misa. 2012. *Land cover changes before and after implementation of the PHBM Program in Kuningan District, West Java, Indonesia*. *Tropics* Vol. 21 Agustus 2012.

- Priyo, A., Asep S. 2010. Evaluasi Usaha Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Clean Developmet Mechanism. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
- Purnomohadi, S. 1995. Peran Ruang Terbuka Hijau Dalam Pengendalian Kualitas Udara di DKI Jakarta. Disertasi. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Purnomo, Heru. 2003. *Model Dinamika Sistem Untuk Pengembangan Alternatif Kebijakan Pengelolaan Hutan Yang Adil dan Lestari*. Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. IX No. 2.
- Rahayu, S., Lusianan, B., dan van Noordwijk, M. 2003. Pendugaan Cadangan Carbón di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. World agroforestry Centre (ICRAF).
- Rahman, Irvanu. 2012. *Pengembangan Model DInamis Untuk Mendapatkan Gambaran Interaksi Aspek Ekonomi dan Lingkungan Hidup Secara Timbal Balik Dari Model Pembangunan Kota Terintegrasi*. Skripsi. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Retnowati, Inge. 2010. *Kajian Telapak Ekologis : PertimbanganUntuk Strategi Pembangunan Berkelanjutan*
- Ress, William, Wackernagel, M. 1996. Urban Ecological Footprints : Why Cities Cannot Be Sustainable and Why They Are The Key To Sustainability. New York : Elsevier Inc, Environ Impact Asses
- Rini, F. Erma, Sulistyarso, Haryo, Pamungkas, Adjie. 2013. The Availability of Green Open Space to Absorb CO₂ Emissions in East Surabaya. Proceeding Of 2nd ICIAP.
- Rumbia, Waya Ali., Jurnal Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi UNHALU, Desember 2008
- Sari, Y.Kurniawan. 2012. Tipologi Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Hunian Spontan di Tepi Jalur Linier dalam Perkotaan Yogyakarta. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada.
- Samiaji, T. (2009), "Upaya Mengurangi CO₂ di Atmosfer", *Majalah Ilmiah Semi Populer: Berita Dirgantara*, Volume 10, No.3, halaman 92-95.
- Schulp. J. Catharina, nabuurs Gert-Jan, Verburg H. Peter. 2008. *Future carbon sequestration in Europe-effects of land use change*. Elsevier. Agriculture, ecosystems and environment 127 page 251-264.

- Semendishon, Prijana. 2006. Metode Sampling Terapan. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Setiawan, Ricky, dkk. 2012. *Kajian Carbon Footprint Dari Kegiatan Industri Di Kota Surabaya*. Jurnal Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Siahaan, Nelson. (2012), *Model Pengendalian Perumahan Sederhana dalam Sistem Perumahan Berkelanjutan dalam Sistem Perumahan Berkelanjutan Perkotaan Berbasis Rendah Emisi CO₂*, Disertasi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Simpson, J.R., and E.G. McPherson. 1999. Carbon Dioxide Reduction Through Urban Forestry-Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-171. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Soeriatmadja.1981. Ilmu Lingkungan. Bandung : Penerbit ITB.
- Somantri, Agus dan Thahir, Ridwan. 2007. *Analisis Sistem Dinamik Ketersediaan Beras Di Merauke Dalam Rangka Menuju Lumbung Padi Bagi Kawasan Timur Indonesia*. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian Vol. 3 Tahun 2007.
- Suwari. Rozari,P. 2012. Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota berdasarkan Penyerapan CO₂ Antropogenik di Kota Kupang. Jurnal Bumi Lestari, Volume 12 No. 2, Agustus 2012, hlm. 189 - 200
- Soemarwoto, O. 2004. Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Jakarta : Djambatan.
- The Royal Society and National Academy Of Sciences. 2013. *Climate Change, Evidence & Causes*. The Royal Society.
- UNDP Indonesia. 2007. *Sisi Lain Perubahan Iklim: mengapa indonesia harus beradaptasi untuk melindungi rakyat miskinnya*. Jakarta; UNDP Indonesia Country
- UNEP. (2011). Climate Change and Lifestyles. YouthXchange Guide Book Series. Retrieved from www.youthxchange.net
- UNFCCC. 2007. *Climate Change : Impacts, Vulnerabilities, And Adaptation In Developing Countries*. Bonn
- Wackernagel, N. and W.E. Ress. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, New Society Publishers, Gabriola Island, BC.

Wiedmann, T. and Minx, J. 2008. A Definition of Carbon Footprint. Economics research. Pp.1-11.

Widiatmaka, Sarwono. 2007. *Evaluasi Kesesuaian lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Wilson, Elizabeth and Piper, Jake. 2010. *Spatial Planning And Climate Change*. New York : Routledge.

Winardi. 1989. *Pengantar Tentang Teori Sistem dan Analisis Sistem*. Bandung : Mandar Maju

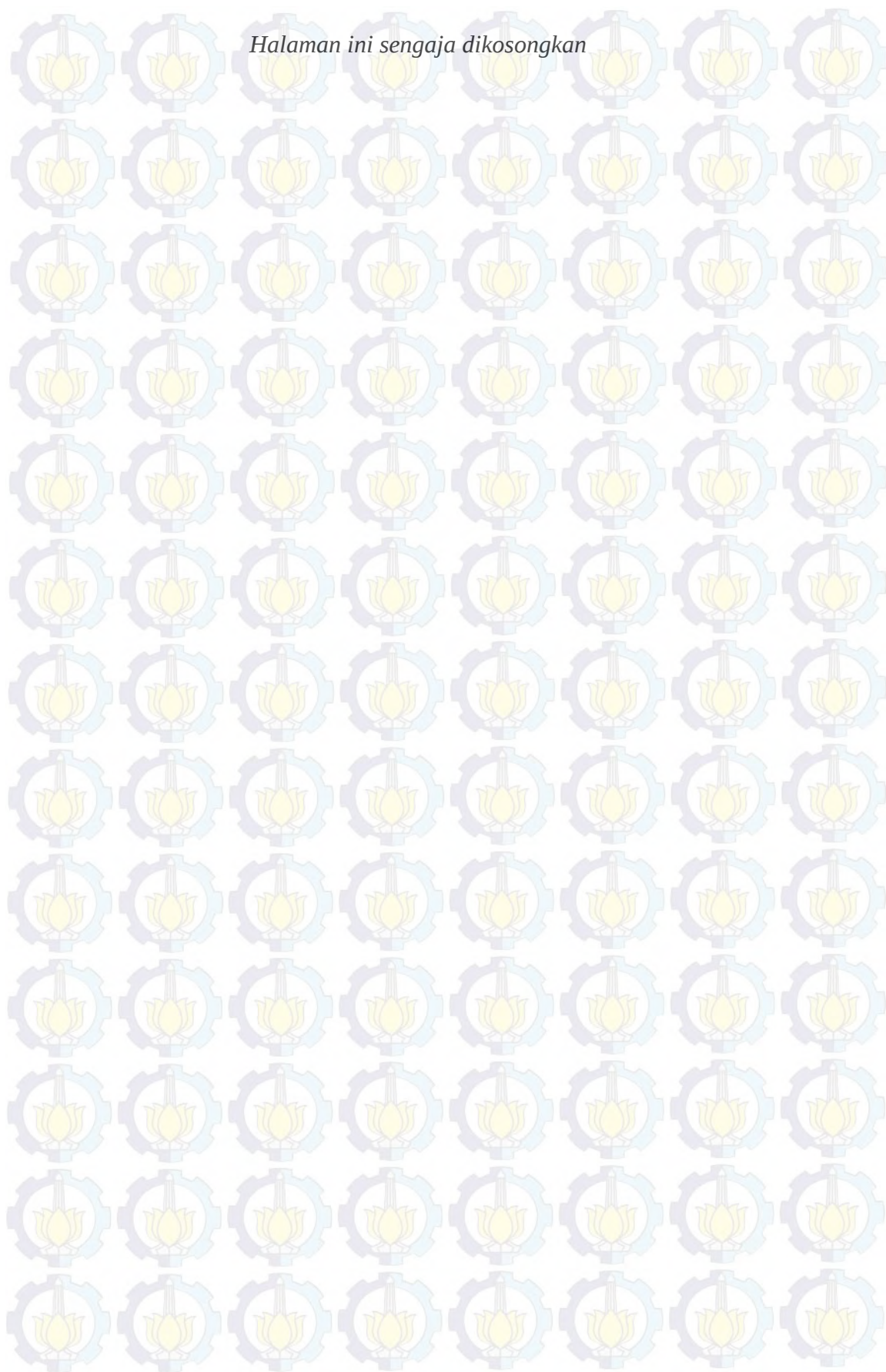
World Wide Fund on Nature (WWF)– China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED).2006. *Report on Ecological Footprint in China*.

Yunus, Hadi. 2010. *Metodologi Penelitian Wilayah Kotemporer*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar

Yuniarti, D. 2009. Eksternalitas Lingkungan. Fakultas Ekonomi Universitas Ahmad Dahlan.

Yuniartanti, Rizki Kirana.2012. *Migrasi vs Adaptasi sebagai solusi dampak perubahan iklim di kawasan perkotaan*. Prosiding Temu Ilmiah IPLBI, Yogyakarta

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN A

PETUNJUK PELAKSANAAN *IN DEPTH* INTERVIEW STAKEHOLDERS



ITS
Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

**Manajemen Pembangunan Kota
Pasca Sarjana Jurusan Arsitektur
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

PETUNJUK PELAKSANAAN WAWANCARA

1. Interviewer membuka dengan prolog diskusi dan selanjutnya mengisi identitas responden
2. Interviewer menjelaskan dengan singkat, padat dan jelas latar belakang penelitian.
3. Interviewer menanyakan satu-satu dengan detail faktor yang mempengaruhi keseimbangan lingkungan dalam mereduksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik dengan pendekatan telapak ekologis.
4. Interviewer mencatat dan merekam jalannya diskusi (komentar mengenai faktor hasil kajian teori)
5. Interviewer menunjukkan hubungan masing-masing faktor yang tadi ditanyakan dan menanyakan persepsi stakeholder terhadap hubungan masing-masing faktor tersebut.

PROLOG DISKUSI

Dalam rangka penyusunan penelitian tesis kami mengadakan penelitian mengenai **“Permodelan Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik”**. Wilayah perkotaan Gresik merupakan Kecaatan Gresik, Kebomas, Manyar dan Duduk Sampeyan. Salah satu tujuan penelitian adalah Mengidentifikasi faktor keseimbangan lingkungan dalam mereduksi emisi gas CO₂ di wilayah perkotaan Gresik berdasarkan pendekatan

telapak ekologis. Oleh karena itu kami mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu untuk diwawancarai sebagai salah satu stakeholder kunci dalam penelitian ini.

Terima kasih,

A. Identitas Responden

A1. Nama :

A2. Pekerjaan :

A3. Instansi :

PENJELASAN LATAR BELAKANG

Di wilayah perkotaan Gresik yang terdiri dari Kecamatan Gresik, Kecamatan Manyar, Kecamatan Kebomas dan Kecamatan Duduksampeyan memiliki perubahan tata guna lahan yang drastis terutama pada perubahan lahan non terbangun menjadi lahan perumahan dan industri. Pada periode tahun 2011-2012 di wilayah perkotaan Gresik sudah terjadi penurunan luas kawasan hijau berupa sawah, tambak dan lahan kering sebesar 1.106,73 ha (BPS, 2012).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan wilayah perkotaan Gresik menghasilkan gas CO₂ dari aktivitas rumah tangga, industri dan transportasi masing-masing sebesar 215.567 ton/tahun (Kecamatan Gresik), 564.404 ton/tahun (Kecamatan Kebomas), 454.267 ton/tahun (Kecamatan Manyar), dan 104.536 ton/tahun (Kecamatan Duduksampeyan). Kondisi tersebut merupakan 50,37 % atau sekitar 1.34 juta ton/tahun dari total 2.657.660 ton/tahun gas CO₂ yang dihasilkan di seluruh wilayah Kabupaten Gresik. Jumlah tersebut belum dari emisi CO₂ dari kegiatan pertanian yang jumlahnya mencapai 3,89 juta ton/tahun (BLH, 2012). Jumlah emisi CO₂ tersebut lebih besar daripada emisi CH₄ yang berdasarkan data BLH (2012) mencapai 1.1 juta ton/tahun dari kegiatan pertanian dan peternakan yang di wilayah perkotaan semakin menurun intensitasnya. Dengan demikian wilayah perkotaan Gresik ini memiliki andil yang sangat besar dalam memproduksi emisi CO₂ di Kabupaten Gresik secara keseluruhan.

Kondisi tersebut sebagai dampak dari ketidakseimbangan penggunaan lahan industri dan permukiman yang terus tumbuh disamping lahan kawasan hijau berkurang (Arsyad, dkk 2008). Kegiatan industri dan transportasi merupakan penghasil emisi gas CO₂ terbesar (Astra, 2010). Pada periode 2007-2012 pertumbuhan jumlah industri skala sedang dan besar yang tercatat meningkat dari 242 unit menjadi 260 unit (BPS, 2008-2012). Jumlah tersebut merupakan 49% dari total industri yang ada di Kabupaten Gresik (BPS, 2012).

Lebih lanjut lanjut lagi dari hasil temuan Ghazali dkk (2013) dimana wilayah perkotaan Gresik sudah mengalami kondisi defisit ekologis pada level minor defisit (*minor deficit*) pada aspek lahan penyerap karbon/kehutanan. Masing-masing wilayah kecamatan di wilayah perkotaan Gresik memiliki defisit lahan penyerap karbon sebesar 0,26 gha (Kecamatan Gresik), 0,36 gha (Kecamatan Manyar), 0,25 gha (Kecamatan Kebomas) dan 0,31 gha (Kecamatan Dudusampeyan). Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan lahan di wilayah perkotaan Gresik dalam mendukung aktivitas diatasnya pada aspek lahan penyerap karbon sudah diluar batas kemampuannya.

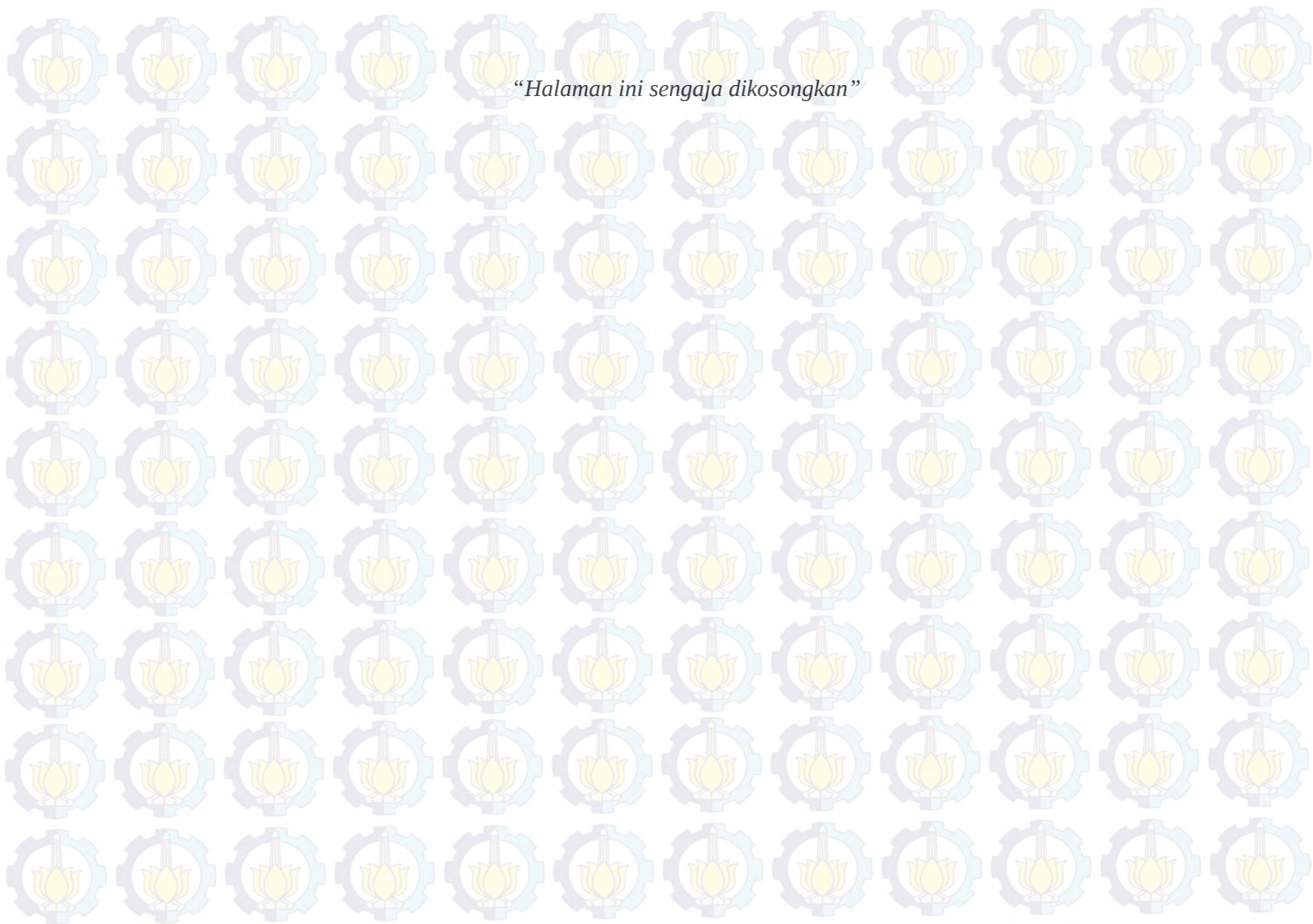
Tingginya pertumbuhan dan aktivitas industri telah menimbulkan permasalahan lingkungan salah satunya adalah pencemaran udara. Dengan demikian masalah tersebut seharusnya direspon bukan hanya pada bagaimana mengurangi emisi gas CO₂ di atmosfer namun juga bagaimana mengatur dampak yang tidak bisa dihindari (Wilson dan Piper, 2010). Pada umumnya penelitian tentang gas rumah kaca berfokus pada identifikasi sumber dan faktor emisi, permodelan matematis jumlah emisi, permodelan jumlah emisi pada masa mendatang, dan permodelan lokasi berdasarkan tingkat emisi. Permodelan dengan pendekatan sistem dalam penanganan masalah peningkatan gas rumah kaca masih minim dilakukan.

VARIABEL KESEIMBANGAN EMISI GAS CO₂

Daftar variabel ini hanya digunakan untuk memandu pertanyaan interviewer, jalan dan ruang lingkup diskusi. Sedangkan gambar hubungan antar variabel digunakan untuk mengetahui penjelasan narasumber terhadap hubungan antar variabel.

TABEL VARIABEL

Indikator	Variabel	Catatan
Kegiatan industri	Total produksi emisi CO ₂ sektor industri	-
	Jumlah industry	-
	Jenis industry	Perlu pendetailan
	Kapasitas produksi industri	-
	Jumlah penggunaan BBM industri	-
	Jumlah penggunaan gas industri	-
	Jumlah penggunaan listrik industri	-
Kegiatan Perumahan	Total produksi emisi CO ₂ sektor perumahan	-
	Jumlah unit rumah	-
	Jumlah penggunaan LPG rumah tangga	-
	Jumlah penggunaan minyak tanah rumah tangga	-
	Jumlah penggunaan kayu bakar rumah tangga	-
	Jumlah sampah rumah tangga yang dibakar	-
	Jumlah pemakaian energi listrik rumah tangga	-
Kegiatan Transportasi	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor transportasi	-
	Jumlah kendaraan	-
	Pertumbuhan jumlah kendaraan	-
	Jenis kendaraan	Perlu pendetailan
	Jumlah BBM yang digunakan kendaraan	-
Penggunaan lahan	Luas lahan terbuka hijau (RTH)	-
	Luas lahan terbangun	-
	Luas lahan non terbangun	-
	Luas wilayah	-
	Perubahan penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun	-
Kependudukan	Jumlah penduduk	-
	Angka migrasi	-
	Angka emigrasi	-
	Angka mortalitas	-
	Angka kelahiran	-
Serapan emisi CO ₂	Jenis tutupan vegetasi	Perlu pendetailan
	Daya serap CO ₂ rata-rata ruang terbuka hijau	-
Kebijakan pemerintah	Kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi CO ₂	Perlu pendetailan
	Kebijakan konversi energi	-
	Kebijakan pembatasan kendaraan pribadi	-



LAMPIRAN B

KUISIONER KONSUMSI ENERGI RUMAH TANGGA



Manajemen Pembangunan Kota
Pasca Sarjana Jurusan Arsitektur
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Yth. Bapak/Ibu responden,

Dalam rangka penyusunan penelitian tesis kami mengadakan penelitian mengenai **“Permodelan Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik”**.

Wilayah perkotaan Gresik merupakan Kecaatan Gresik, Kebomas, Manyar dan Duduk Sampeyan. Salah satu indikator penelitian adalah mengukur tingkat konsumsi energy listrik dan energi bahan bakar memasak sebagai salah satu sumber emisi gas CO₂. Oleh karena itu kami mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu mengisi kuisisioner ini untuk membantu memenuhi data penelitian ini.

Semua data dan informasi yang Bapak/Ibu isikan dalam kuisisioner ini akan kami jaga kerahasiaannya dan hanya digunakan

untuk kepentingan penelitian ini. Mohon diisi sesuai dengan kondisi yang sebenar-benarnya.

Terima kasih,
Achmad Ghozali

A. Identitas Responden

- A1. Nama :
A2. Pekerjaan :
A3. Alamat :
A4. Desa/Kelurahan :
A5. Kecamatan :
A6. No. Telp :
A7. Jumlah Anggota Keluarga : (L : , P :)

B. Konsumsi Energi Untuk Memasak

Pada pertanyaan ini dapat dijawab/diisi lebih dari satu pada pilihan dan kolom yang sudah disediakan sesuai dengan kondisi pada keluarga Bapak/Ibu.

- B1. Bahan bakar apa yang anda gunakan untuk memasak?
a. Kayu bakar
b. Minyak tanah

- c. Gas Elpiji
- d. Gas Sambungan Pipa
- e. dll (sebutkan :)

B2. Berapa banyak bahan bakar yang anda gunakan untuk memasak ? (Isikan pada kolom sesuai jawaban pertanyaan C1).

Jenis Bahan Bakar	Satuan waktu	Jumlah Konsumsi	Satuan
Minyak tanah*	bulan*	10*	Liter*
Kayu Bakar			Karung ukuran 25 kg
Minyak Tanah			Liter
Gas Elpiji			Tabung UkuranKg
Gas Alam / Pipa			M ³
**			
**			

Keterangan :

*) Contoh jika dalam sebulan menghabiskan 10 liter minyak tanah untuk memasak.

**) Kolom untuk penggunaan jenis bahan bakar lain-lain untuk memasak.

C. Konsumsi Energi Transportasi

Pada pertanyaan ini dapat dijawab/diisi lebih dari satu pada pilihan dan kolom yang sudah disediakan sesuai dengan kondisi pada keluarga Bapak/Ibu. Jawaban yang diisi merupakan kendaraan keseluruhan yang ada di keluarga Bapak/Ibu.

C1. Apakah keluarga anda memiliki kendaraan bermotor?

Ya / Tidak (lingkarilah jawaban Anda)

C2. Berapa jumlah kendaraan bermotor yang keluarga Anda miliki?

No.	JenisKendaraan	Jumlah
1	Motor roda dua	
2	Mobil / Roda Empat	

C3. Dari penggunaan masing-masing kendaraan, rata-rata berapa liter BBM yang diperlukan ? (Isikan dengan membedakan masing-masing kendaraan sesuai jumlah kendaraan pada jawaban pertanyaan D2)

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Konsumsi BBM	Per Waktu Konsumsi**
1	Motor roda dua		
	Motor 1		
	Motor 2		
	Motor 3		
	Motor 4		
	Motor 5		
	Motor 6		
	Motor 7		
2	Mobil / Roda Empat		
	Mobil 1		
	Mobil 2		
	Mobil 3		

*) Motor/Mobil 1,2,... merupakan pembeda antara kendaraan satu dengan yang lain jika mempunyai lebih dari satu kendaraan dengan jenis yang sama. Contoh : jika dalam satu keluarga terdapat 2 motor roda dua maka konsumsi BBM motor pertama ditulis pada kolom **Motor 1** dan maka konsumsi BBM motor berikutnya ditulis pada kolom **Motor 2**.

*) Dapat diisi dengan nominal rupiah yang dikeluarkan/dianggarkan dalam per waktu pemakaian kendaraan.

Contoh : rata-rata dalam seminggu mobil yang dipakai menghabiskan 100 ribu rupiah untuk BBM, maka ditulis pada kolom jumlah konsumsi 100.000 dan kolom per waktu konsumsi adalah seminggu.

**) Merupakan waktu rata-rata konsumsi BBM kendaraan yang dimaksud seperti per hari, per minggu, dst.

D. Sampah Rumah Tangga

Pertanyaan ini terkait sampah rumah tangga yang dihasilkan dari kegiatan keluarga Anda lakukan.

D1. Berapa perkiraan rata-rata jumlah sampah yang keluarga Anda hasilkan setiap harinya ? Kg

D2. Bagaimana Anda membuang sampah tersebut ? (lingkarilah jawaban Anda)

- Dibuang ke tempat sampah
- Dibuang di tanah kosong / pekarangan rumah
- Dibuang ke kali
- Dibakar
- Lainnya (sebutkan:)

D3. Apakah ada sampah yang Anda bakar setiap waktu tertentu ?

- a. Ada, setiap hari ada yang dibakar
- b. Ada, setiap seminggu sekali ada yang dibakar
- c. Ada, setiap sebulan sekali ada yang dibakar
- d. Tidak pernah

D4. Berapa perkiraan /rata-rata jumlah sampah yang Anda bakar

seperti jawaban Anda pada pertanyaan D3 ?

..... Kg

----- Terima Kasih Atas Partisipasi Anda -----

LAMPIRAN C

KUISIONER RUMAH TANGGA YANG TELAH DIISI OLEH RESPONDEN



Manajemen Pembangunan Kota
Pasca Sarjana Jurusan Arsitektur
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Yth. Bapak/Ibu responden,

Dalam rangka penyusunan penelitian tesis kami mengadakan penelitian mengenai "Permodelan Sistem Defisit Ekologis Untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ Di Wilayah Perkotaan Gresik", Wilayah perkotaan Gresik merupakan Kecamatan Gresik, Kebomas, Manyar dan Duduk Sampeyan. Salah satu indikator penelitian adalah mengukur tingkat konsumsi energi listrik dan energi bahan bakar memasak sebagai salah satu sumber emisi gas CO₂. Oleh karena itu kami mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu mengisi kuisisioner ini untuk membantu memenuhi data penelitian ini.

Semua data dan informasi yang Bapak/Ibu isikan dalam kuisisioner ini akan kami jaga kerahasiannya dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian ini. Mohon diisi sesuai dengan kondisi yang sebenar-benarnya.

Terima kasih,
Achmad Ghozali

A. Identitas Responden

A1. Nama : *Hidayatusyarah*
A2. Pekerjaan : *Wiraswasta*
A3. Alamat : *Jl. Penglima Sudirman 63*
A4. Desa/Kelurahan : *Santumpul / Gresik*

A5. Kecamatan : *Gresik*
A6. No. Telp : *-*
A7. Jumlah Anggota Keluarga : *4* (L: *2*, P: *2*)

B. Konsumsi Energi Untuk Memasak

Pada pertanyaan ini dapat dijawab/diisi lebih dari satu pada pilihan dan kolom yang sudah disediakan sesuai dengan kondisi pada keluarga Bapak/Ibu.

B1. Bahan bakar apa yang anda gunakan untuk memasak?

- a. Kayu bakar
- b. Minyak tanah
- ☒ c. Gas Elpiji
- d. Gas Sambungan Pipa
- e. dll (sebutkan :

B2. Berapa banyak bahan bakar yang anda gunakan untuk memasak ? (Isikan pada kolom sesuai jawaban pertanyaan C1).

Jenis Bahan Bakar	Satuan waktu	Jumlah Konsumsi	Satuan
Minyak tanah	bulan	10	Liter
Kayu Bakar			Karung ukuran 25 kg
Minyak Tanah			Liter
Gas Elpiji	2 bulan	1	Tabung Ukuran 12 Kg
Gas Alam / Pipa			M ³

Jenis Bahan Bakar	Satuan waktu	Jumlah Konsumsi	Satuan
**			

Keterangan :

*1) Contoh jika dalam sebulan menghabiskan 10 liter minyak tanah untuk memasak.

**2) Kolom untuk penggunaan jenis bahan bakar lain-lain untuk memasak.

C. Konsumsi Energi Transportasi

Pada pertanyaan ini dapat dijawab/diisi lebih dari satu pada pilihan dan kolom yang sudah disediakan sesuai dengan kondisi pada keluarga Bapak/Ibu. Jawaban yang diisi merupakan kendaraan keseluruhan yang ada di keluarga Bapak/Ibu.

C1. Apakah keluarga anda memiliki kendaraan bermotor?

(Ya / Tidak) (lingkarilah jawaban Anda)

C2. Berapa jumlah kendaraan bermotor yang keluarga Anda miliki?

No.	JenisKendaraan	Jumlah
1	Motor roda dua	2
2	Mobil / Roda Empat	1

C3. Dari penggunaan masing-masing kendaraan, rata-rata berapa liter BBM yang diperlukan ? (Isikan dengan membedakan masing-masing kendaraan sesuai jumlah kendaraan pada jawaban pertanyaan D2)

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Konsumsi BBM	Per Waktu Konsumsi**
1	Motor roda dua		
	Motor 1	Rp. 200.000,-	1 bulan
	Motor 2	Rp. 150.000,-	1 bulan
	Motor 3		
	Motor 4		
	Motor 5		
	Motor 6		
	Motor 7		
2	Mobil / Roda Empat		
	Mobil 1	Rp. 1.500.000,-	1 bulan
	Mobil 2		
	Mobil 3		

*1) Motor/Mobil 1,2,... merupakan pembeda antara kendaraan satu dengan yang lain jika mempunyai lebih dari satu kendaraan dengan jenis yang sama. Contoh : jika dalam satu keluarga terdapat 2 motor roda dua maka konsumsi BBM motor pertama ditulis pada kolom Motor 1 dan maka konsumsi BBM motor berikutnya ditulis pada kolom Motor 2.

*2) Dapat diisi dengan nominal rupiah yang dikeluarkan/ditanggarkan dalam per waktu pemakaian kendaraan. Contoh : rata-rata dalam seminggu mobil yang dipakai menghabiskan 100 ribu rupiah untuk BBM, maka ditulis pada kolom jumlah konsumsi 100.000 dan kolom per waktu konsumsi adalah seminggu.

*** Merupakan waktu rata-rata konsumsi BBM kendaraan yang dimaksud seperti per hari, per minggu, dst.*

D. Sampah Rumah Tangga

Pertanyaan ini terkait sampah rumah tangga yang dihasilkan dari kegiatan keluarga Anda lakukan.

----- Terima Kasih Atas Partisipasi Anda -----

D1. Berapa perkiraan rata-rata jumlah sampah yang keluarga Anda hasilkan setiap harinya ?5..... Kg

D2. Bagaimana Anda membuang sampah tersebut ? (Ingkarilah jawaban Anda)

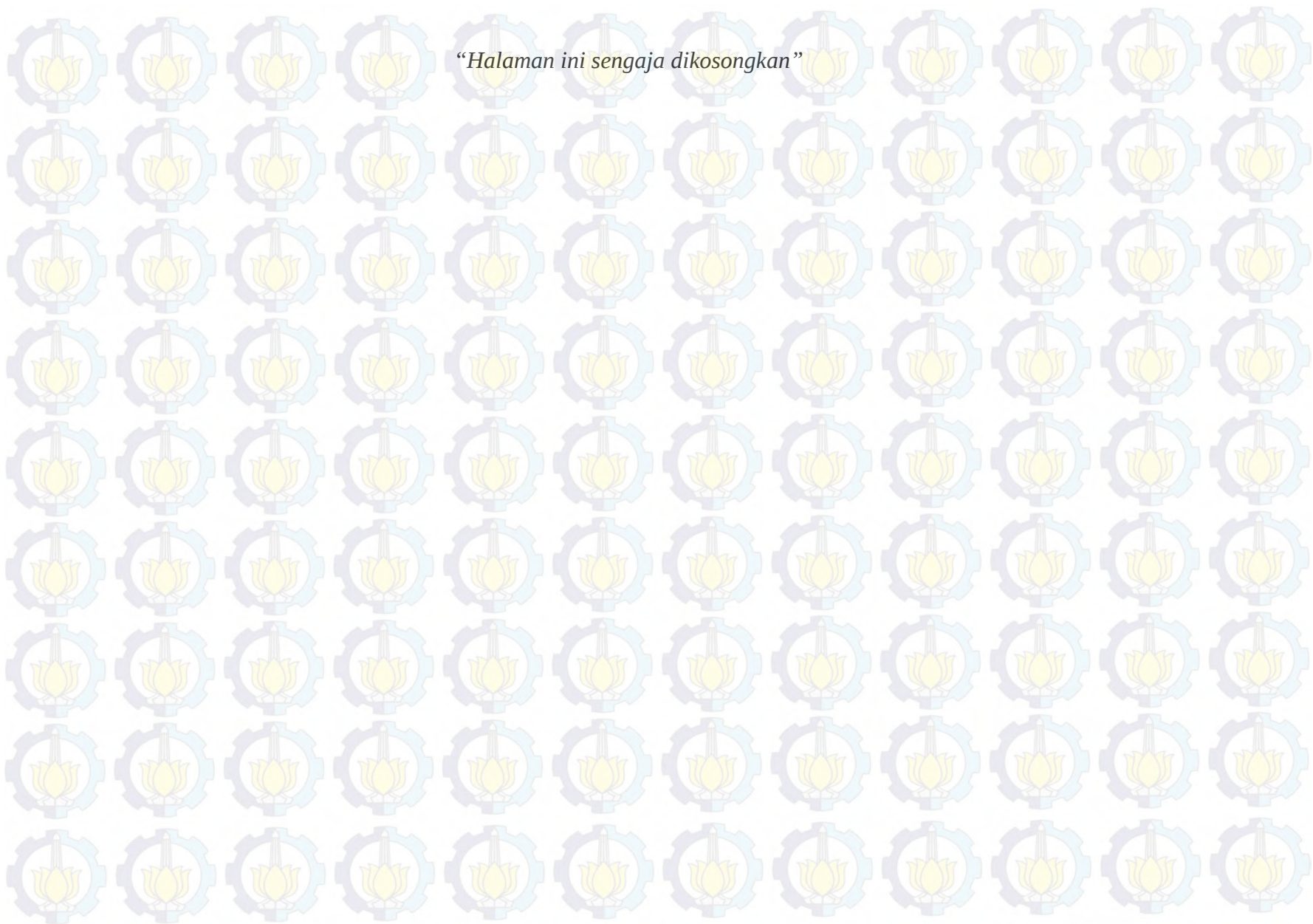
- ☐ a. Dibuang ke tempat sampah
- ☐ b. Dibuang di tanah kosong / pekarangan rumah
- ☐ c. Dibuang ke kali
- ☒ d. Dibakar
- ☐ e. Lainnya (sebutkan:)

D3. Apakah ada sampah yang Anda bakar setiap waktu tertentu ?

- ☒ a. Ada, setiap hari ada yang dibakar
- ☐ b. Ada, setiap seminggu sekali ada yang dibakar (2 minggu sekali)
- ☐ c. Ada, setiap sebulan sekali ada yang dibakar
- ☐ d. Tidak pernah

D4. Berapa perkiraan /rata-rata jumlah sampah yang Anda bakar seperti jawaban Anda pada pertanyaan D3 ?

.....1..... Kg

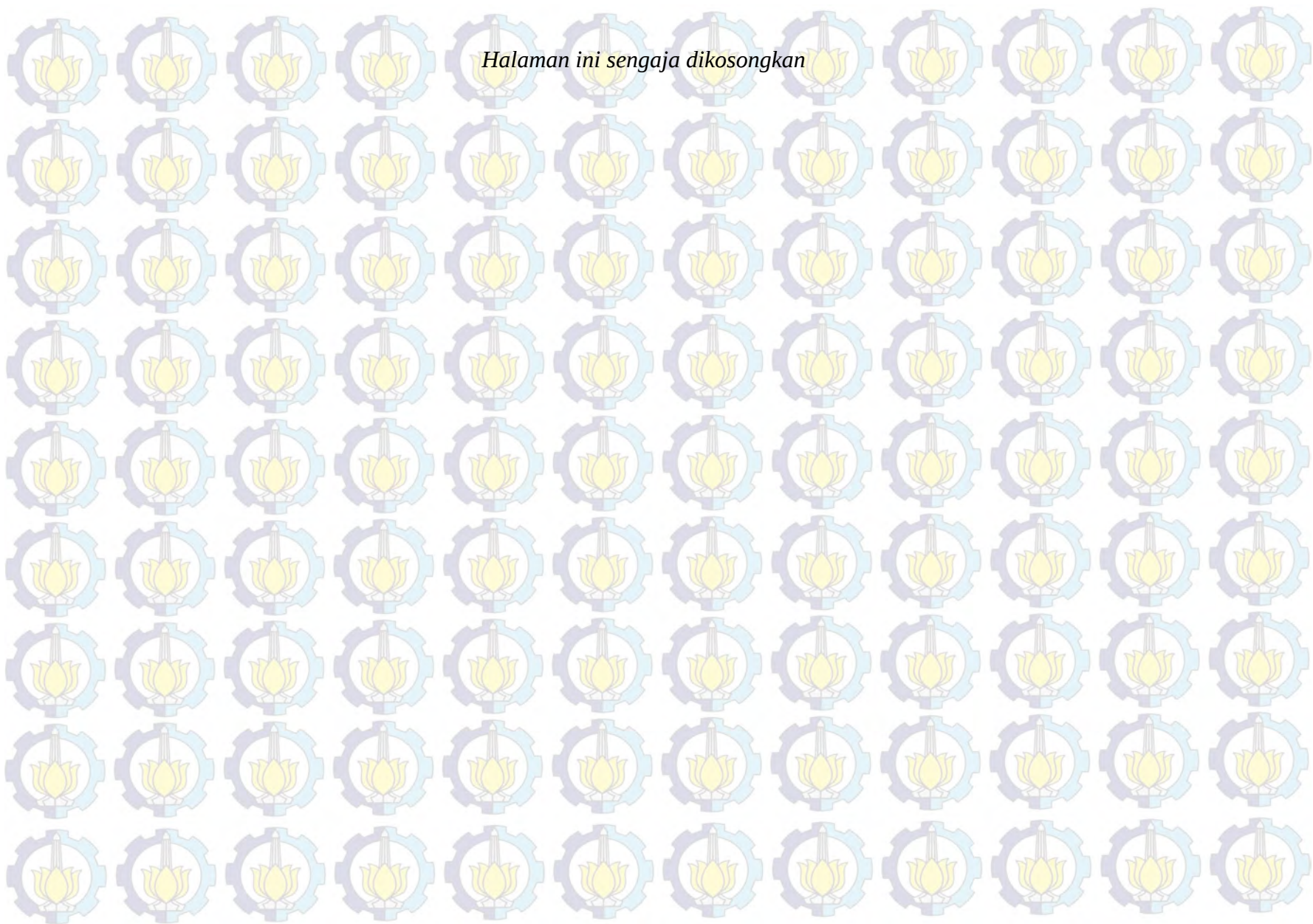


LAMPIRAN D

PERHITUNGAN EMISI FAKTOR JENIS INDUSTRI KAYU

No	Nama Industri	Kapasitas Produksi(m3)	Penggunaan Energi			
			Listrik (Kwh)	Waktu	Solar (liter)	Waktu
1	Tulus tri tunggal,PT.	1,000	4350 kwh	bulan	70000	bulan
2	Artha Karya Nusa,PT.	65,000	1000 kwh	bulan		
3	Kayu Mas Abadi,PT.	2,500	1050 kwh	bulan	600	bulan
4	Kharisma Duta Utama,CV.	50,000	1000 kwh	bulan	5,000	bulan
5	Perum Perhutani KBM IK Gresik	22,485	16650 kwh	bulan	4,000	bulan
6	Retroindo Nusantara,PT.	66,600	1730 kwh	bulan	9,240	bulan
	Total Tahunan		25,780		8,8840	
	Total Keseluruhan Sampel	207,585	309,360		1,066,080	
	Perhitungan Emisi CO₂ Dari Energi (Ton)		224,286		2,843.875	
	Total Emisi CO₂ (Ton)		227,129.875			
	Nilai EF (Ton CO₂/m3)		1.0942			

Sumber : Diolah dari Dokumen-Dokumen UKL-UPL Industri Terkait, Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik.

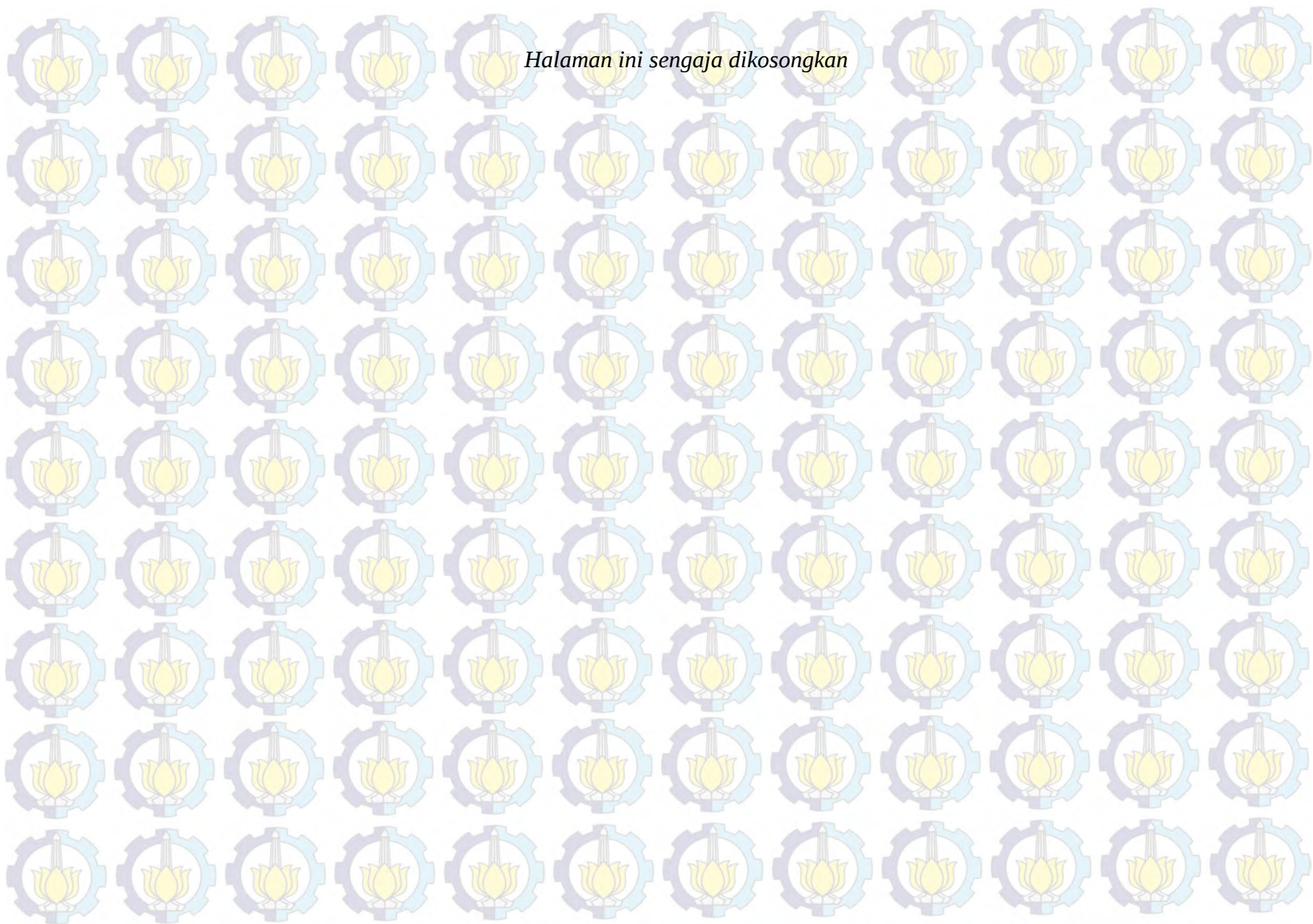


Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN E
HASIL REKAPITULASI KUISIONER RUMAH TANGGA
KONSUMSI ENERGI MEMASAK, PEMBAKARAN SAMPAH DAN ENERGI TRANSPORTASI

Wilayah	Jenis Konsumsi	Total Konsumsi	Ekivalensi Tahun	Konsumsi 1 Tahun	Konsumsi Perkapita/KK
(a)	(b)	(c)	(d)	(e=c*d)	f
Perkotaan Gresik	Energi Memasak				
	Minyak Tanah	105 liter/bulan	12 liter/tahun	1260 liter/tahun	630 liter/tahun/KK
	Gas LPG	1743,92 kg/bulan	12 Kg/tahun	20.927,14 kg/tahun	180,406 kg/tahun/KK
	Energi BBM				
	BBM Motor	155,721 liter/hari	365 liter/hari	107.745,61 liter/tahun	501,142 liter/tahun/unit
	BBM Mobil	18.715,16 liter/hari	12 liter/hari`	234.301,97 Liter/tahun	2.662,522 liter/tahun/unit
	Pembakaran Sampah				
	Total Timbunan Sampah	358,8 Kg/hari	0,365 Ton/Tahun	130,962 Ton/tahun	1,09135 Ton/tahun/KK
	Total Sampah yang dibakar	7734 Kg/tahun	0,001 ton/tahun	7,734 Ton/tahun	0,336 Ton/tahun/KK

Sumber: Hasil Survey Primer



LAMPIRAN F
TRANSKRIP WAWANCARA IN DEPTH INTERVIEW
IDENTIFIKASI FAKTOR KESEIMBANGAN EMISI GAS CO₂

**1. TRANSKRIP WAWANCARA DINAS PERINDUSTRIAN DAN
PERDAGANGAN KAB. GRESIK**

Responden : Bapak Bambang Widiarto

Jabatan : Kasubid Dinas Perindustrian dan Perdagangan

Waktu Wawancara : Rabu, 14 Oktober 2014

Waktu dan Tempat : 14.14 WIB Di Gedung Dinas Perindustrian dan
Perdagangan Lab. Gresik

T1

P : *Jadi begini ibu, responden yang saya cantumkan, kan itu dinas perindustrian, dinas BLH, Bappeda dan Dinas PU Cipta Karya.*

R : Kalau saya yang mana coba? Yang ada kaitannya dengan saya.

P : *Ini ibu dibagian kegiatan-kegiatan industri sama penggunaan lahan industri. Jadi kan di kabupaten gresik memang, mungkin bisa dikatakan banyak industrinya terutama di kecamatan kotanya, Gresik.*

R : Nggak, Endak, Gresik selatan itu, Driyorejo gitu.

P : *Iya ibu, termasuk gresik Utara, Ujungpangkah dan lain sebagainya itu. Disanakan banyak dijumpai industri-industri kapur buk ya?.*

R : Sebenarnya, kalau kita bicara mengenai industri kan tidak spesifik kecil tok, besar tok, menengah tok, artinya kan semua. Makanya saya bilang, kalau ada begini ini saya bingung. Saya mau ngomong yang mana. Sementara ditempat saya kan hanya ngurusi yang kecil. Sementara besarnya ada di BPMD.

P : *BPMD itu apa ibu?*

R : Badan Perijinan, emmm, jadi dinas hmmm. Mungkin ini nih, sementara Pak bambang. Mungkin kajiannya, soalnya pak bambang kebetulan dianya orang

industri disini. Dia juga pernah juga pernah di lingkungan. Paling tidak dia bisa mengerti. Kalau saya hanya menerbitkan ijinnya saja yang kecil. Sementara saya tidak tahu yang eee, yang tidak termasuk dalam bidang pengawasannya. Mungkin pak bambang bisa. Pak bambang, ini tolong dibantu ini adiknya, yang soal CO₂.

P : Oo. Gitu y bu.

Sesaat setelah menemui Pak Bambang yang sedang duduk di meja sebelah.

R : Yaapa- yaapa.

P : Gini pak, ini kan nama penelitian saya terkait emisi. Kemarin kan saya menghimpun data. Sekarang saya mau wawancara. Jadi sebelum saya running datanya saya perlu memodelkan dalam bentuk sebuah sistem. Tapi ini terkait faktor-faktor yang mempengaruhi emisi CO₂nya. Disini saya melakukan in depth interview dengan beberapa stakeholders. salah satunya atau beberapa yang saya ambil itu dari dinas perindustrian, BLH, PU Cipta Karya, Bappeda, terus akademisi dari akademisi lingkungan dan akademisi perencanaan wilayah.

R : Emang yang lingkungan siapa?

P : Yang BLH ya pak?

R : Yang lingkungan, akademisi lingkungan.

P : Akademisi lingkungan ITS pak.

R : Oh. jauh. seharusnya aktivis sini.

P : Tapi ada pak satu lagi dari LSM lingkungan.

R : Lha itu, pakai apa?

P : Cuma saya belum tahu siapa pak. Ada rekomendasi ?

R : Ecoton. Ecoton nanti ketemu pak hmm.

P : Ada kontaknya pak?

R : Bentar, moga-moga sek onok. Haha

P : Ini nanti ketemu siapa pak?

R : Bentar, sing wingi mari nerimo prakarti.

P : Oh, yang penghargaan itu ya pak.

R : De'e konsennya di Kali Brantas. Penyelamatan Kali Brantas.

P : *Oh, begitu pak.*

R : Suami istri LSM semua

P : *Ada kantornya pak?*

R : Ada di Driyorejo, itu yang terakreditasi kementerian lingkungan.

P : *Hmm, berarti sudah benar-benar bagus pak?*

R : Itu pendanaan bisa sampai dari luar. Bilang dari pak Bambang. Insyaallah onok nomere. Oh iki, Prigi.

P : *Pak Prigi?*

R : Prigi Arisandi, 081xxxxxxx

P : *Baik pak. Terima Kasih. Lanjut ke tadi pak. Ini tadi kan sebenarnya saya mau wawancara Bu Aisyah. Tapi Bu Aisyahnya katanya hanya bagian perijinan saja. Kebetulan ini bapak pernah di BLH. Lha ini yang saya himpun dari kajian teori, itu faktor-faktornya ada 5 indikator. Dari indikator..*

R : Itu sampeyan anu ya?. Dari apa yang sampeyan, kesimpulannya ya?.

P : *Iya pak, kesimpulannya. Tapi ini kan mau konfirmasi ke bapak.*

R : Ada tambahan atau pengurangan gitu ya?

P : *Iya pak.*

R : Oke, monggo.

P : *Pertama mengenai ini pak, kegiatan industri. Ini dari segi kegiatan industri. Ini saya rangkum tingkat emisi itu bisa dipengaruhi oleh jumlah industrinya.*

R : Iya, benar (T1.35).

P : *Benar ya pak? Lha, jumlah industri ini yang berpengaruh itu industri apa pak? Menurut bapak?*

R : Industri yang terutama kegiatannya menggunakan bahan bakar ya (T1.36).
Yang pakai, kan ada industri itu. Jadi gini mas, industri itu untuk sumber penggeraknya ada yang memakai listrik, ada yang pakai gas, ada yang pakai batubara (T1.38). Kebanyakan yang potensi CO₂-nya itu tinggi itu yang di batubara (T1.39). Terutama industri baja (T1.40). Dia pembangkit listriknya memakai batubara (T1.41). Itu kemungkinan CO₂ nya lebih tinggi (T1.42).

P : *Jadi industri itu punya pembangkit sendiri gitu pak?*

R : Iya, dia punya sendiri, seperti di Jawapos (merupakan pabrik pengolahan baja). Dia kan punya itu Jawapos. Sekarang gak tau dia pakai gas atau tidak (T1.44). Karena kebutuhan gasnya tinggi namun *supply* gasnya kurang. Setahu saya, sebelum saya pindah kesini, dulu itu di jawapos yang itu pembangkitnya memakai batubara (T1.46).

P : *Jawapos?*

P : Iya Jawapos sini, untuk pembangkit listriknya. Terus ada lagi pabrik kertas (T1.48). Tapi tidak tahu sudah berjalan atau belum ya, *running* proyeknya sudah finis atau belum, itu ada. Waktu saya pindah kesini itu ada salah satu pabrik juga, dia rencana pakai batubara (T1.50).

P : *Itu sebagian besar industrinya itu industri baja?*

R : Yang pakai boiler (industri baja), dan pembangkit listriknya pakai batubara, itu potensi emisinya tinggi (T1.51). Karena belum tentu mas, penanganan satu industri dengan industri lainnya itu sama. Pembuangan cerobongnya itu.

P : *Iya pak.*

R : Terus yang pakai bahan bakar diesel seperti industri pupuk kebanyakan (T1.54). Itu pengaruh juga (T1.55).

P : *Kebanyakan industri apa pak?*

R : Kalau disini yang pakai boiler otomatis yang ada kegiatan *killen dry* yang untuk pengeringan kayu (T1.56). Itu kan bahan bakarnya ada yang pakai batubara, ada yang pakai kayu rijekan dari pabriknya sendiri (T1.57). Itu biasanya pakai kayu yang pakai boiler (T1.58). Mungkin bisa saya sebutkan begini mas, yang potensi (besar) itu industri baja, industri kayu (T1.59).

P : *Furniture gitu pak?*

R : Kayu, ya *moulding*, semacam itu lah (T1.60). Kalau *furniture* gak seberapa.

P : *Pengolahan kayu maksudnya pak?*

R : Iya, pengolahan kayu, industri pengolahan kayu gitu aja (T1.62). Jadi seperti itu. Tapi untuk yang lainnya, sekarang sudah banyak pakai listrik (T1.64). Kalau listrik kan emisinya secara tidak langsung (T1.65).

P : *Listrik saja ya pak?*

R : Iya, jadi penggerak pakai motor.

P : *Jadi yang spesifik punya pembangkit atau boiler sendiri itu kayu ?*

R : Sama logam, sama pabrik kertas, itu potensinya besar (T1.67). Karena dia harus memiliki listrik sendiri (T1.68).

P : *Kalau saya persempit wilayahnya pak, hanya di kecamatan kotanya saja pak.*

R : Di Manyar

P : *Gresik, Manyar, Kebomas dan Dudusampeyan.*

R : Manyar sama Kebomas mas. Karena itu industri yang ada di Gresik kota itu ya ada di Manyar dan Kebomas. Kalau Gresik ndak seberapa. Terutama Manyar ya, kalau sudah ada pelabuhan itu, lebih besar potensinya nanti, pengaruh ke peningkatan emisi CO₂-nya lebih tinggi. Karena kan volume kendaraan (di kawasan Manyar dan Kebomas) kan juga tinggi (T1.74). Kalau sumbernya kan dua mas CO₂ itu, Subyek bergerak sama subyek tidak bergerak (T1.75). Dipengaruhi oleh itu. Semakin meningkat jumlah industri volume kendaraan juga semakin tinggi, lha itu juga pengaruh. (T1.77).

P : *Terutama jenis-jenis industrinya ya pak?*

R : Iya, jenis industrinya terutama tadi (kertas, kayu, dan baja) yang sumber yang bergerak, dari yang bergerak (T1.78).

P : *Kendaraan maksudnya pak?*

R : Iya, kendaraan (T1.79).

P : *Ini di 4 kecamatan kota, industri-industri itu sudah banyak menggunakan gas pak ?*

R : Sudah (T1.80). Jadi untuk kawasan sekarang kan lagi gencar mas. Jadi PGN nyalurkan pipa-pipa transmisi gas. Untuk yang besar, seperti petro, itu pakai gas, sama PLTU, itu pakai gas (T1.83). Untuk yang kecil-kecil, untuk yang kayu, karena jalur gasnya kan masih terbatas (T1.84). Masih banyak yang pakai..hmm.

P : *Listrik pak?*

R : Bukan, pakai listrik sama ini, pakai batubara (T1.85).

P : *Bagaimana dengan industri semen pak ?*

R : Di Gresik ini sudah tidak lagi produksi semen mas (T1.86). Sudah pindah ke Tuban semua (T1.87). Disini cuma sekedar packing (T1.88). Nantinya mau jadi museum semen dan sekolah tinggi yang di Gresik.

P : *Sekolah tinggi manajemen itu y pak ?*

R : Iya.

P : *Bagaimana dengan perumahan sebagai penghasil emisi gas CO₂ pak?*

R : Pada aspek perumahan itu di Gresik kota ini tidak banyak jumlahnya jika dibandingkan dengan industri. Maksudnya kan kecil. Tapi bisa saja menjadi semakin besar seiring pertumbuhan penduduk (T1.92). Kalau bicara mengenai perumahan pastinya tidak terlepas dari energi seperti memasak, LPG, minyak tanah, gas alam (T1.93). Mungkin minyak tanah sudah ndak ada lagi mas (T1.94). Sejak konversi minyak tanah ke gas LPG (T1.95).

P : *Sudah ada gas alam pak ?*

R : Iya, seperti Gresik Kota Baru itu umumnya menggunakan gas alam itu (T1.96).

P : *Selain energi-energi yang bapak sebutkan tadi, apakah ada yang lain pak?*

R : Apa y? Oia, listrik juga pengaruh mas (T1.97). Jadi selain bahan bakar memasak tadi ditambah penggunaan listrik (T1.98). Permukiman memang kecil namun pertumbuhan penduduk nanti pasti menyangkut unit-unit rumah (T1.99). Otomatis ya penggunaan bahan bakar, energi tadi bertambah (T1.100).

P : *Mungkin tidak pak masih menggunakan kayu bakar ?*

R : Hmm, saya rasa ndak. Kalo gresik kotanya sudah ndak ada, ya (karena) konversi energi itu mas (T1.102). Lain lagi dengan pembakaran semak (T1.103). Seringnya, masyarakat ini kalau ada semak tinggi sedikit gitu dibakar (T1.104). Pembakaran sampah sudah dilarang tapi pemerintah kan tidak bisa mengawasi (T1.105).

P : *Jadi dari kesadaran masyarakatnya y pak ?*

R : Iya begitu.

P : *Baik pak, sekarang ke transportasi. Menurut bapak bagaimana?*

R : Maksudnya terkait emisi ?

P : *Iya pak.*

R : Pastinya kalau transportasi kan dari jumlah kendaraan dan jenisnya (T1.109). Bus, truk gitu kan pakai solar yang potensi emisinya lebih besar (T1.110).

P : *Jadi ada pengaruh dari jenis BBM yang digunakan y pak ?*

R : Iya, jenis truk, bus gitu kan penggunaan BBMnya lebih besar daripada cuma sepeda motor atau mobil (T1.111). Terlebih kendaraan industri yang intensitasnya semakin besar (T1.112).

P : *Iya pak. Jika tadi industri, perumahan dikaitkan dengan penggunaan lahan pak. Bagaimana menurut bapak ? bagaimana pengaruhnya ?*

R : Saya setuju, artinya industri dan perumahan yang bertambah otomatis lahan peruntukan kegiatan tersebut semakin besar (T1.113). Pastinya emisinya semakin besar (T1.114).

P : *Bagaimana dengan lahan terbuka hijau pak ?*

R : Di Gresik ini ada ketentuan RTH. Perda 10 Tahun 2010. Terutama untuk industri. Industri yang mau ijin harus menyediakan RTH sesuai ketentuan itu (T1.117). Kalau tidak salah harus menyediakan RTH diluar jalan sebesar 20%. RTH kan untuk menyerap emisi CO₂ nya (T1.119). Jadi pemerintah ini sudah berusaha menyediakan RTH itu (T1.120).

P : *Memang RTH sebagai penyerap emisi gas CO₂ pak. Tapi apakah bapak setuju jika perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan industri atau permukiman ini berpengaruh juga terhadap emisi tadi?*

R : Setuju (T1.121). Tadi yang saya jelaskan itu juga ada hubungannya.

P : *Bagaimana dengan tutupan vegetasinya pak. Mungkin bisa dibedakan antara pohon dan semak ?*

R : Memang efektifitas penyerapan emisinya berbeda antara pohon dan semak (T1.123). Tapi seperti yang saya ceritakan tadi di awal. Masyarakat itu seperti ndak suka dengan semak seperti di lahan kosong (T1.125). Dan kadang langsung dibakar. Yang ikut kebakaran juga pohon yang masih muda-muda, kan eman (T1.127).

P : *Terakhir pak, bagaimana dengan kebijakan pemerintah. Apakah ada yang berpengaruh terhadap emisi ini.*

R : Seperti perda tadi sebenarnya sudah cukup bagus. Sehingga industri-industri itu punya lahan hijau diluar lahan terbuka lain (T1.129). Beberapa program penghijauan yang dilakukan oleh dinas pariwisata juga pengaruh, seperti rehabilitasi mangrove (T1.130).

P : *Bagaimana dengan pembatasan kendaraan pribadi ?*

R : Saya rasa Gresik belum sepadat Surabaya. Tapi bisa saja diterapkan nantinya untuk mengurangi emisi dari transportasi (T1.132).

P : *Baik pak, saya rasa wawancaranya cukup sampai disini. Terimakasih atas bantuannya pak.*

R : Iya mas gak apa. Saya senang kalau diajak diskusi seperti ini. Ada pengetahuan baru. Kalaupun nanti masih ada yang perlu lagi silahkan sms saja y mas.

P : *Baik pak. Kalau begitu saya mohon pamit. Terima kasih pak.*

R : Iya mas, monggo.

2. TRANSKIP WAWANCARA BADAN LINGKUNGAN HIDUP

Responden : Bapak Iriyanto

Jabatan : Staf Bidang Pengendalian Lingkungan

Waktu Wawancara : Kamis, 14 Oktober 2014

Waktu dan Tempat : 10.00 WIB Di Gedung BLH Kab. Gresik Bidang PDL

T2

P : *Jadi pertama mengenai indikator kegiatan industri, kalo indikator pertama ini kan agregat dari beberapa sector. Dari beberapa sektor industri rumah dan transportasi, tapi yang pertama yang mau saya tanyakan mengenai kegiatan industrinya. kegiatan industrinya ini dari beberapa variabel ini apakah jumlah industri ini sangat dominan pak? berpengaruh pada produksinya?*

R : Di 4 kecamatan?

P : *Iya pak, Gresik, Kebomas, Manyar, Duduksampeyan.*

R : Kalo di 4 kecamatan itu yang dominan ada 3, maksudnya kecamatan Manyar, Gresik sama Kebomas. (Emisinya tinggi) Karena sebagian di Gresik itu ada petro (industri pupuk) ya dan dimana ada kawasan industri di Gresik itu sebagian masuk Gresik sebagian masuk Kebomas (T2.2).

P : *Menurut bapak jumlahnya berpengaruh pak? maksudnya semakin banyak industri berarti semakin besar ?*

R : Karena gini ya katakan dari berapa ppm dikalikan beberapa perusahaan kan semakin menumpuk ya, jadi ya menambah potensinya ya. (T2.3)

P : *Dari jumla industri itu, jenis industri apa pak yang bisa dikatakan penyumbang emisi kedua yang paling besar, terlepas dari, kalo kita bicara industri kan....*

R : Gini mas, kalo saya ditanya potensi yang paling besar itu kan kaitannya kan mungkin nanti untuk data pendukungnya nanti bisa lihat di laporan ya. Nanti kan bisa milah-milah, itu kan ada laporan dari perusahaan di kawasan itu. Kalo saya di suruh ngitung nanti data sampean nggak itu ya. Tapi yang jelas potensi itu ada (T2.7). Tapi dari data itu kan dari perusahaan yang punya

dokumen, kan ada pemantauan. Itu yang kita ndak hapal kalo satu potensinya berapa, tapi kalo emisi ini ada ketentuan baku mutunya sesuai pergub 10 tahun 2001 ya. Nah untuk emisi yang perumahan ini mungkin kecil ya, karena sekarang perumahan itu kan kebanyakan untuk kayak masak, atau apa gitu kan sudah mengguankan gas (T2.10). Nah yang sekarang yang menggunakan kompor itu kan uda nggak ada (T2.11). Tapi yang untuk transport ini kita juga pernah melakukan ini dari 230 itu hampir sekitar 20% nya nggak memenuhi baku mutu (T2.12). Enggak lolos.

P : *20% dari jumlah kendaraan?*

R : Iya. itu hampir 20% melebihi.

P : *itu semua kendaraan?*

R : Kebanyakan yang dari (penggunaan kendaraan terhadap jenis) solar itu (T2.14)

P : *nah ini ada jenis industri pak. ini kan dari beberapa literatur itu banyak yang menyebutkan industri semen, pupuk logam dan timah ini yang menghasilkan co2 ini mana pak?*

R : Ini semen di gresik ini uda nggak ada (T2.15). Ada tapi cuma kecil sekali (T2.16)

P : *cuma pengepakan pak?*

R : Nggak masih ada tapi nggak seberapa anu. Tapi sudah mungkin 50% itu ya. Jadi bahan2 sudah disana jadi tinggal mixer (T2.19). Terus pupuk ini sekarang banyak, yang terbesar ya petro ya itu, karena memang penghasilnya dan bahan bakarnya masih menggunakan batu bara (T2.20).

P : *Batu bara ini sebagai energi proses pengolahannya?*

R : iya, (penggunaan batubara oleh pabrik pupuk) pembakarnya (T2.21). Terus yang logam ini masih ada beberapa yang pake batu bara tapi ada yang sudah pake gas, kalo di kebomas yang PT apa itu sudah pake gas (T2.22).

P : *itu gasnya dikelola?*

R : PGN

P : *cabangnya di gresik?*

R : Di Gresik ada, PGN di Kebomas distribusinya itu. Industri kimia juga ada ini.

P : *Jadi industri yang pakai batu bara ya pak, yang pakai pengolahnya, sumber*

energinya kan berpotensi besar.

R : Iya (T2.24).

P : *Kalau listrik ini pak, ini mungkin karena industri yang besar mungkin punya pembangkit sendiri. kalo listrik itu kan secara tidak langsung artinya ini...*

R : Kalau listrik ini bahan bakarnya biasanya solar, jadi katakan saya punya industri yang mem-back up listrik itu mati atau apa itu biasanya ada tapi pake solar (T2.25).

P : *Seperti Genset pak?*

R : Kapasitasnya nggak besar iya, na itu kalo ngujinya juga ada. Cuma kalo kapasitasnya kecil kan kapasitas ngujinya nggak sering.

P : *Berarti BLH juuga menghimpun data juga pak?*

R : Menghimpunnya nggak, tapi kan dia melaporkan, per industri, kadang A B C itu melaporkan itu ke sini itu kan kalo emisi, cerobong atau apa gitu.

P : *Bisa diminta datanya ?*

R : Nanti kan ada di laporannya itu.

P : *Kalo kegiatan perumahan ini kan artinya kan kegiatan rumah seperti memasak kan pak ya? kalo menurut bapak ada penyebab emisi lain pak? di perumahan?*

R : Nggak ada ya,, yang umum kan itu ya, kalo dulu pake kompor itu kan (T2.30). Karena sekarang minyak tanah kan mahal, sudah beralih ke LPG atau kalo nggak dari gas alam (T2.31).

P : *gas alam itu perumahan pak?*

R : Itu sudah pake gas alam, panganan (sekitar gresik kota baru) itu sudah menggunakan, kalo itu kan nggak mungkin pelaksanaan uji (T2.32).

P : *Karena kebutuhannya kecil ya pak?*

R : Iya.

P : *Jadi ini menurut bapak lpg aja ya pak?*

R : Iya LPG (T2.34)

P : *kalo dari kegiatan transportasi in mungkin kare polusi CO2 kan ada yang bergerak dan tidak, nah ini dari pertumbuhan jumlah kendaraan, itu kan juga berperan dalam produksi emisi, menurut bapak gimna?*

R : Saya setuju, jadi dari uji emisi yang saya lakukan dari 230 kendaraan kan ada

20% yang tidak memenuhi baku mutu (T2.35). Itu faktor yang cukup besar yang mempengaruhi, itu baru kendaraan ya, yang lain2 belum (T2.36).

P : *Itu 230 itu acak pak?*

R : Iya itu acak, jadi kita ada sebagian kendaraan dari pemerintah, ada yang umum. Tapi karena kita tidak memenuhi target, jadi ya kita pake kendaraan yang lewat aja. Ini mungkin untuk lebih jelasnya ke perhubungan aja, itu lebih jelas itu, lebih lengkap. Yang di setelah jembatan layang itu, utaranya jalan, minta konfirmasi kesana.

P : *kalo pengguna lahan pak, lahan terbuka hijau menjadi lahan terbangun, itu kan otomatis daya serap alam terhadap emisi kan berkurang pak?*

R : Maksudnya setuju nggak?

P : *iya*

R : Iya setuju (T2.40). Makannya kita kan melakukan penghijauan, melakukan pengawasan juga (T2.41). Tapi kebanyakan karena Gresik ini kadang-kadang antara luasan dengan kebutuhan tanahnya nggak sesuai, akhirnya banyak lahan kosong itu terbangun (T2.42). Makanya fungsi RTH itu masih kurang (T2.43). Itu mungkin data RTH bisa tanya ke mbak jum aja sekalian ya.

P : *Kabarnya juga ada perda RTH pak?*

R : Iya makannya nanti sekaligus itu nanti juga tercantum.

P : *Apakah setelah itu industri baru yang bermunculan?*

R : Jadi gini orang indonesia ini kan jadi kalo nggak ada pengawasan nanti kan jadi formalitas itu kan (T2.45). Buktinya itu itu kan milik RTH dia, masjid, perusahaan itu kan untuk industri kan 60 40, 60 terbangun 40 terbuka, tapi kan prakteknya nggak gitu, karena tanahnya nggak memungkinkan, yang untuk pengembangan kan hampir semuanya kan terbangun (T2.46). Itu yang saya amati di lapangan.

P : *kalo dari 1-5 seberapa efektif.*

R : maksudnya gimana?

P : *maksunya dari perda itu sudah cukup efektif?*

R : Sebenarnya kalo perdanya ya sudah ya (T2.48). Mungkin kalo dari sisi implementasinya masih harus ditingkatkan lagi (T2.49) Mungkin dari segi pengawasan dari beberapa sektor bisa menertibkan ijin, mungkin

dipersyaratkan lebih ketat lagi (T2.50). Biasanya gitu, ini katakan suatu industri mengajukan ijin, setelah keluar itu nambah lagi (T2.51).

P : *Oo, jadi setelah ijin keluar, dipantau awal itu masih oke*

R : Iya, begitu berikutnya itu nambah lagi, itu biasanya yang kadang-kadang nggak terpantau (T2.52).

P : *Apa pemantauannya nggak berkala?*

R : Saya nggak bisa ngomong ya, karena melibatkan dinas yang lain, nanti saya ngomong takutnya saya mengintervensi dinas lain (T2.53).

P : *Oo.. iya iya pak.. selain faktor RTH sebagai faktor utama penyerap emisi CO₂ apa ada faktor penyerap lain.*

R : Nggak ada, rasanya yang efektif ya penghijauan itu (T2.54). Berarti kalo kita lihat secara umum ya dibanding dengan saya masuk dulu udah bertambah ya. Bekas galian itu kan dibiarkan terlantar, dibiarkan jadi lahan kosong, tapi sekarang mulai ditamani jadi hutan kota (T2.56). Jadi ex tambang semen itu sudah mulai ditanami (T2.57). Tapi sekarang yang menjadi saya prihatin ini semak2nya dibakar orang, akhirnya pohonnya ikut terbakar (T2.58).

P : *itu sengaja?*

R : *Kelihatannya disengaja.*

P : *untuk kebutuhan lahan lain?*

R : *Nggak mungkin untuk menghilangkan semaknya.*

P : *oo, biasanya orang kan semaknya uda tinggi gitu?*

R : Padahal kalo kayak gini kan apapun kalo dibakar kan pohonnya terbakar (T2.59). Kayak yang saya lihat kemaren itu sekarang ya kosong semua, karena pohonnya belum besar diobong akhirnya ikut terbakar (T2.60).

P : *sayang kan ya pak kalo gitu*

R : *Iya.*

P : *Ini selanjutnya pertumbuhan penduduk, itu kan otomatis berpengaruh ke kebutuhan unit rumah yang ada pak.*

R : Iya (T2.62).

P : *Jadi mau langsung saja ke serapan emisi gas CO₂. Ini kan ada , ada rumah, pohon, nah itu kan menurut bapak juga berpengaruh, jadi gini pak dalam mengembangkan RTH ada ketentuan pohonnya sehingga daya serapnya*

semakin tinggi aatau gimana pak?

R : Itu di perda sudah ada, tinggal implementasinya aja. Jadi orang mau tertib kalo ada yang ngawasi aja (T2.65). Kesadaran masyarakat kan masih belum. Mungkin karena faktor keterbatasan lahan kurang (T2.67). Mungkin kalo anda mengamati industri di daerah sini dengan daerah yang lain, mungkin lahannya masih murah disana kan ?. Mungkin daerah Malang itu kan masih lahannya luas, karena harga tanah masih murah, kalo di sini kan nggak. Kayak RTH kan nggak menghasilkan uang (T2.70).

P : *Jadi perlu kesadaran masyarakat?*

R : Iya, juga butuh pemantauan dan pengawasan juga (T2.71).

P : *Kalo saya skalakan, jadi bapak menilai 1-5 gitu pak untuk kalo pengawasan itu sudah mencapai nilai berapa? untuk saat ini, mungkin nanti bisa ditingkatkan sampai lima, yang tadi bapak katakan mungkin masih sangat sedikit*

R : Paling skala 2, maksudnya 2 itu dari bawah, bukan 2 dari nomer 1. Jadi katakan no 1 paling rendah, nah sekitar 2 lah.

P : *Iya jadi kan kalo kita ngomongin RTH perdanya seperti tadi nah itu langkah2nya itu*

R : Langkah2 sudah ada,, tapi....

P : *Pengawasannya?*

R : Iya yang ditingkatkan lagi pengawasannya (T2.75). Pengawasanya siapa? yakan nggak mungkin orang orang lain yang mengawasi, karena ini menyangkut dengan ijin. Kecuali kalo ijinnya secara umum. Kalo ini kayaknya nggak ada ya, kalo pengawasan pelanggaran ada satpol PP, kalo secara teknis ya yang melakukan ijin ya yang mengawasi (T2.78).

P : *Berati kurang 1 pak ini kebijakan dari pemerintah, pembatasan kendaraan pribadi, menurut bapak apa efektif mungkin nanti kalo misalnya diterapkan?*

R : Ya pasti efektif, dari uji itu kan sudah menyebutkan indikasi. Kan kalo kendaraan jumlahnya kendaraan pribadi dikurangi, kan bebannya bisa berkurang, tapi kembali lagi (tergantung pemerintah) (T2.80).

P : *Mungkin ada faktor lain selain itu perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat? maksudnya dengan uji berkala? sehingga dapat memantau*

kendaraannya

R : Itu yang sulit ya. Kita melakukan uji itu gratis, bahkan dapat souvenir itu orang sulit datang.

P : *Mungkin masyarakat masih menganggap itu sebuah hal privat pak.*

R : Nggak itu masyarakat itu malas gitu (T2.83). Padahal kan untuk mengetahui, kan untuk emisi itu nggak mesti untuk kendaraan yang tua aja, kendaraan yang masih baru pun juga nggak lolos uji. Kan dilihat dari setelan mesinnya. Kalo gas buang dan (penggunaan) bahan bakar nggak imbang kan juga nggak lolos (T2.86). Justru saya melihat ada kendaraan tua tapi perawatannya bagus itu lolos, malah kendaraan baru malah nggak lolos.

P : *Iya. ini sudah selesai pak*

R : Iya jadi barangkali informasi kurang pas bisa cari data pendukung yang lain yang bisa mendukung juga.

P : *Baik pak, terima kasih.*

3. TRANSKIP WAWANCARA AHLI LINGKUNGAN

T3

Responden : Bapak Rahmat

Jabatan : Dosen Teknik Lingkungan ITS

Waktu Wawancara : Rabu, 15 Oktober 2014

Waktu dan Tempat : 11.15 WIB Di Hotel Santika Primier Lt.3

R : Gimana mas?

P : *Intinya saya ini sudah merumuskan indikator dan variabel dari kajian literature. Dan maksud saya ini mau saya diskusikan dengan bapak tentang apakah variabel-variabel ini sudah cukup. Apakah perlu ada penambahan?*

R : Jadi disini ada sector industri, perumahan dan transportasi. Terus apa dulu yang mau ditanyakan?

P : *Baik pak, pertama, menurut bapak apa saja faktor emisi CO₂ dari kegiatan industri?*

R : Jadi gini, untuk industri, itu ada beberapa. Jadi kalo kita bicara mengenai CO₂, ini CO₂ atau CO₂e ?

P : CO₂ saja pak.

R : Oh, CO₂ saja y. Disini industri itu ada 2 yang bisa digambarkan (T3.6). Yang pertama dari proses pembakaran (T3.7). Proses pembakaran itu dari penggunaan bahan bakar di industri (T3.8). Seumpama dia menggunakan diesel, menggunakan bahan bakar batubara, dan sebagainya (T3.9). Ini kan diproses yang mengeluarkan emisi CO₂ (T3.10). Itu yang pertama. Kemudian yang kedua, ini dari proses produksi. Jadi kalau proses pembakaran lebih cenderung pada penggunaan bahan bakar (T3.13). Jadi kalau disini pembakaran adalah mulai dari jenis dan jumlah bahan bakarnya (T3.14). Jadi kalau semakin banyak penggunaan bahan bakarnya maka emisi akan semakin besar (T3.15). Kalau jenis tergantung nanti, apakah nanti yang digunakan adalah minyak bakar, gas, ataukah diesel, ataukah batubara (T3.16). Ya itu nanti yang pengaruh.

R : Kemudian kalau proses produksi, ini adalah yang membedakan adalah jenis industrinya kalau ini (T3.18). Ini banyak jenis-jenis industrinya (T3.19). Mungkin kalau lebih enak kalau kamu ngambil jenis berdasarkan ISIC (T3.20). ISIC itu *international Standart Industri Classifications*. Atau dari departemen perindustrian atau dari statistik terserah. Yang jelas ada dasar pengelompokannya. Kan macem-macam pengelompokannya itu. Ya mungkin yang penting adalah setiap jenis pengelompokan industri terdapat proses produksi kan disana (T3.25). Misalnya industri bahan kimia misalnya (T3.26). Kan dia (industri) mencampurkan antara bahan A dengan bahan B maka itu akan keluar, timbul emisi (T3.27). Lha, ada dua ini. Sebenarnya ada satu lagi. Jadi gini, emisi itu ada 2, emisi yang sifatnya itu adalah primer, dan yang sifatnya sekunder. Yang sifatnya primer itu adalah yang dihasilkan langsung disana, proses pembakaran, proses produksi itu langsung.

P : *Langsung ditempatnya ya pak?*

R : Iya, langsung ditempatnya keluar emisi. Ada juga sekunder. Sekunder itu penyebabnya disini, jadi misal penggunaan listrik, listrik itu kan penggunaannya disini tapi emisi tidak dihasilkan ditempat (T3.33).

P : *Dihasilkan di tempat pembangkitnya ya pak?*

R : Iya, mungkin dirimu lebih mengarah ke yang primer saja. Jadi bisa ini ya, jadi yang primer saja yang kita bicarakan.

P : *Mohon maaf pak, sebelum menginjak ke perumahan, kalau masih jenis industri, apakah jenis industri ini masih industri kimia saja?*

R : Nggak, jadi setiap jenis industri akan menghasilkan emisi yang berbeda-beda (T3.36). Lha ini kalau mau yang ISIC ini, kalau mau liat lagi namanya ada lagi di IPCC. IPCC ini memperkirakan jenis-jenis industri itu kan bagaimana dia itu diperkirakan emisi dari proses produksinya (T3.38).

R : Kalau emisi namanya adalah IPPU. Apa ya IPPU ya. Pokok dari proses produksi. Saya lupa singkatannya. Kita dari proses pembakaran sama proses produksinya. Jadi misalnya industri kapur, industri semen, kan dia tetap dia bakar dari proses produksinya ini keluar CO₂ (T3.44).

P : *Karena bahan bakunya ya pak?*

R : Iya bahan baku. Bahan baku, bahan penolong per jenis juga keluar. Kan sebenarnya CO₂ ini keluar karena proses produksi dari dalam reaksi. Dari dalam itu bisa jadi proses pembakaran, pembakaran itu sebenarnya merupakan proses oksidasi yang dipercepat (T3.48). Kalau dari yang ini (kapasitas produksi) itu ya bahan A dicampur bahan B, direaksikan dan rekasi keluarlah CO₂ (T3.49).

P : Oo. gitu ya. Jadi klasifikasinya bisa lihat dari ISIC atau IPCC ya pak?

R : Iya, IPCC itu ada penyelesaiannya, atau di Indonesia ini sudah ada namanya pedoman inventarisasi gas rumah kaca nasional. Inventarisasi itu kan pengumpulan dan perhitungan statistik itu di sini. Kemudian ke sector perumahan, itu yang primer itu yang saya tahu adalah pemnggunaan bahan bakar (T3.52). Soalnya untuk memasak, kompor ya, kalau mungkin sudah ada pemanas, LPG tapi yang digunakan (T3.53). Reaksi ndak itu ya?. Tapi intinya itu untuk bahan bakar aja (T3.55). Kemudian dari perumahan ini, untuk CO₂ ya? Ada dari septictank (T3.56). Tau septictank?

P : Apa itu bukan CH₄ ?

R : CH₄ keluar, CO₂ keluar juga, tapi CO₂ boleh diabaikan, boleh lah (T3.58). Karena sangat kecil jadi didrop saja. Berarti lebih banyak ke bahan bakar (bahan bakar memasak) (T3.60).

P : Berati lebih banyak bahan bakarnya saja y pak? sama emisi sekunder ya?

R : (Emisi) Sekunder itu pada (penggunaan) listrik (T3.61). Tapi ya nanti aja. Katanya tidak dianalisis?. Sekarang kamu kan keseimbangan di satu wilayah mestinya sekunder nggak perlu. Karena keluarnya daerah situ kan. Ditempat yang lain kan ?. Sebenarnya ada satu lagi, seandainya sampah yang dihasilkan rumah tangga itu (T3.67). Termasuk nggak kamu?

P : Dibakar pak ?

R : Bukan hanya dibakar (sampah) (T3.68). Bisa dibakar, ketika ditumpuk aja itu kan keluar gas metan sama CO₂ (T3.69). Apa itu juga mau diabaikan? Atau itu masuk ?

P : Itu ketika sampah ditimbun, menurut bapak berapa prosentase emisinya, antara pengeluaran CH₄ nya itu berapa juga prosentase CO₂ nya ?

R : Ya pasti lebih besar CH₄, itu sama dengan septictank tadi (T3.70). Kalau kita

bicara emisi CO₂, emisi CO₂ itu juga termasuk aktivitas biologi, misal septictank itu (T3.71). Septictank itu kan ada proses aerobik (T3.72). Sampah ada proses fermentasi (T3.73). Nah karena proses fermentasi yang dikeluarkan oleh mikroorganismenya itu proses biologi maka tidak dianggap sebagai emisi (T3.74). Jadi kalo septictank sama sampah lebih cenderung biologis (T3.75).

P : *Jadi bisa diabaikan pak ?*

R : Kalo kamu bicara CO₂ itu ya bisa diabaikan (T3.76). Jadi lebih banyak untuk perumahan, ada di lebih banyak bahan bakar (T3.77). Kalo ini dua-duanya (listrik dan energi memasak) (T3.78).

P : *Kalo sumber yang lain pak?*

R : Ini sebetulnya ini ada. Di sini (merefereasikan pedoman inventarisasi GRK), kemudian di IPCC itu ada. Tapi di sini menggunakan bahan bakar *stationary combustion* (T3.78). Jadi bahan bakar yang terkait industri itu sama perhitungannya (T3.79). Jadi tadi kalau bahan bakar yang beda itu jenisnya. Ada satu lagi y? *Transportasi* (T3.81).

P : *Iya pak.*

R : Sehingga kalo transportasi sebagian besar karena bahan bakar, penggunaan bahan bakar (T3.82). Bagaimana menghitungnya ini semua?, ketiga-tiganya ini (sektor industri, transportasi dan perumahan) (T3.83). Itu bisa lihat, perhitungan emisinya menggunakan ini (menunjuk pada IPCC), atau ini (menunjuk pada ISIC), atau pedoman inventasrisasi GRK nasional. Bedanya cuma ini (pedoman GRK) bahasa indonesia, itu (IPCC) bahasa inggris. Ada 4 buku seingat saya, itu lengkap. Sehingga kalau demikian, (sector industri) maka seperti ini misalnya, jumlah, jenis, kapasitas produksi, tingkat penggunaan BBM, tingkat penggunaan gas industri, tingkat penggunaan listrik berpengaruh (T3.87). Lha kalau listrik jadi diabaikan, mudah ini. Kemudian (sektor perumahan factor yang berpengaruh) jenis penggunaan LPG, minyak tanah, kayu bakar, penggunaan listrik dan sampah (dibakar) tergantung nanti (T3.88). Ada nggak yang dibakar (sampah)? kalo dibakar keluar CO₂ (T3.89). Pembakaran sampah boleh ada disini, kalau nanti survey lapangan ditemukan pembakaran sampah yang dilakukan di rumah-rumah itu

masuk (T3.90).

P : *Iya pak.*

R : Nah kalo transport nanti, selain bahan bakar tadi termasuk juga jenis kendaraan (T3.91). Kendaraan roda 4, truk, beda dengan kendaraan roda 4 taksi beda dengan kendaraan roda 4 pribadi (T3.92).

P : *Iya pak, berarti perlu diklasifikasikan gitu y pak?*

R : He'em, Jadi nanti perlu klasifikasi berdasarkan jenis industri, ini (perumahan) berdasarkan tipe rumah, ini (transportasi) berdasarkan atas jenis kendaraan (T3.93). ini mahasiswa TL ini pernah melakukan studi mengenai emisi yang berasal dari ini, coba lihat di TL.

P : *Industri pernah ada?*

R : Industri adanya di SBY tapi dilihat dari jenis industrinya (T3.95). Jadi nanti ada literatur di penelitian ada faktor emisi, ini adalah faktor yang dihasilkan oleh jenis industri tertentu, misalnya industri kimia itu berapa (T3.96). Itu sebenarnya emisi yang dihasilkan dari pembakaran (bahan bakar) dan dari proses produksi (T3.97).

P : *Bisa langsung pak?*

R : Bisa ini berdasarkan penelitian, faktor emisi misalnya transportasi penggunaan roda 2, penelitian, tapi bukan di Gresik (T3.98). Jadi ambil sample dari beberapa kendaraan, diukur emisinya, kemudian dibuatlah model akhirnya keluar namanya faktor emisi (T3.99). Faktor kalo roda 2 berbahan bakar bensin itu faktor emisinya dengan kecepatan sekian maka sekian ini CO₂ (T3.100). Nah carilah faktor emisi itu, jadi ini emisi per satuan kalo kendaraan ya persatuan menit kendaraan, kalo transportasi kan ada kecepatan, itu berdasarkan apa, kalo kecepatan 10 km itu sekian (T3.101). 10 km per jam emisinya sekian.

P : *Tapi penelitian saya nggak mengukur pergerakannya tapi berdasarkan jumlah.*

R : Ya silahkan kalo berdasarkan pergerakannya lebih ke bahan bakarnya (T3.103). Jadi sebetulnya paling gampang kalo transportasi survey ke SPBU ke pertamina, yang bahaan bakar yang bukan industri (T3.104). Jadi bahan bakar yang dipasok di Gresik ini berapa. Nah yang jadi masalah itu data yang

di pertamina itu biasanya wilayah Surabaya-Gresik. Tapi barang kali dari kita bisa jelaskan, nanti dari situ ada 2 yang ke SPBU, ada yang ke industri, nanti dipisah (T3.106). Kalo kamu pingin tau total ya bisa langsung tanya, kalo proses produksi per jenis industri itu berapa nanti (kapasitasnya) (T3.107).

P : *Jadi kalo yang memakai ini hanya mengetahui jumlah industrinya saja pak?*

R : Kapasitas (produksi), kan faktor emisi untuk industri, jenis nya mislanya tau CO₂ per ton (T3.108). Jadi faktor emisi ini bisa persatuan, jadi pabrik semen ini ya tau CO₂ per ton produk, biasanya industri gitu (T3.109). Titik-titik ton CO₂ per ton produk (T3.110). Sehingga kamu harus tau nanti jenis industri A yang ada di sana itu seberapa kapasitas produknya, tapi kamu harus cari dulu faktor emisinya (T3.111). Dari referensinya aja, kalo ke sini kan nggak mungkin. Nyari ke referensi, berapa sih faktor emisi untuk jenis industri logam dasar, kimia misalnya (T3.113). Kalo per ton produk, jadi harus tau berarti jumlah produksi, jenis-jenis X ini di gresik (T3.114). Misalnya 1 juta ton produksinya, nah itu dimasukkan, tinggal ngalikan (T3.115).

P : *Iya pak.*

R : Nanti bahan bakar juga gitu, nanti ada (T3.116). Tapi bahan bakar biasanya dikalikan dengan NCV-nya, yaitu *Nett Calori Value*-nya dia, nanti ada itu semuanya perhitungannya disini (pedoman inventarisasi GRK), cara menghitungnya itu ada di pedoman inventarisasi GRK atau IPCC itu ada (T3.117). Bagaimana cara menghitungnya dari bahan bakar, itu ada semua (T3.118). Cari dari situ, jadi perhitungan industri, permukiman, transportasi itu begitu (T3.119). Jadi misalnya untuk perumahan, ini kan menggunakan LPG, minyak tanah dengan bahan bakarnya misal kali berapa penggunaan (T3.120). Itu ada di IPCC ini ada nanti. Nanti dikalikan dengan faktor emisinya, NCV-nya, penggunaannya berapa (T3.122). Kalo bahan bakar sudah nggak perlu jenis perumahannya, sudah nggak perlu lagi (T3.123).

P : *Langsung bahan bakarnya saja y pak.*

R : He'e. Kalo transportasi, kalo memang mau nyari bahan bakarnya ya sudah, itu cukup bahan bakar sudah (T3.124). Jadi yang dipakai di perumahan itu LPG minyak tanah, apa lagi ? (T3.125)

P : *Gas alam ?*

R : Gas alam kalo ada, jadi tinggal dikalikan aja berapa jumlahnya (T3.126).
Yang transportasi juga gitu nanti (T3.127). Ditanyakan yang dikirim ke
SPBU berapa jumlahnya (T3.128). Industri juga ada juga berapa jumlahnya
(T3.129). Kecuali dari proses produksi, tinggal dicari faktor emisinya
(T3.130).

P : *Baik pak. Jadi itu tadi mengenai sumber energinya pak.*

R : He'em. Atau perhitungan dari faktor emisinya (T3.131). Sumber-sumber dan
bagaimana cara menghitungnya. itu paling enak kamu baca ini (IPCC) dan
atau ini (pedoman inventarisasi GRK). Gimana cara ngitungnya ini juga.

P : *Iya pak. Saya baru tau yang faktor emisi untuk proses produksi industri.*

R : Ada-ada, ada semua. Faktor emisi ada semua (T3.136). Tapi memang gini,
faktor emisi ini bukan untuk kondisi di Indonesia saja (T3.137).

P : *Bisa diluar negeri ya pak?*

R : Iya, karena kan kamu gak mungkin menghitung sendiri, ngukur sendiri
kemudian. Wah bisa satu tesis sendiri nanti.

P : *Iya pak*

R : Jadi lebih baik kamu cari datanya, kalo sudah terkumpul, kamu bisa langsung
pakai faktor emisi ini (industri), ini (kendaraan), dan ini (bahan bakar)
(T3.140). Nah yang lebih penting lagi adalah yang berkaitan dengan ini.

P : *Defisit ekologis ya pak ?*

R : Iya, defisit ekologis. faktor penyerapnya kan ?.

P : *Iya pak*

R : Penyerapnya kan pasti hubungannya pasti adalah dengan tanaman, tumbuhan
(T3.144). Nah itu yang efektif ya (T3.145).

P : *Selain teknologi ya pak. Mungkin ada penggunaan teknologi tertentu pak?*

R : Bisa, dengan di masukan ke laut (T3.146). Di ganti karbonat (T3.147).

P : *Heem.. ooh dengan langsung tanpa proses alami itu diserap oleh laut?*

R : Kalo perairan, kalau ada perbedaan temperatur, itu pasti ada masuk dan lepas
(T3.148). Karena perbedaan temperatur (T3.149). Tapi ada yang terpaksa
masuk ke laut (T3.150).

P : *Tapi ada ya pak teknologi seperti itu?*

R : Ada, sudah banyak sekarang (T3.151). Jadi emisi diambil tapi itu yang

terfokus, kayak di industri, diambil dari industri dimasukkan ke air, ke laut (T3.152).

P : *Itu tidak ada dampak di ekosistem laut?*

R : Nah itu nanti di laut terbentuk anu, karbonat lah (T3.153). Menjadi garam, kapur atau bagaimana lah (T3.154).

P : *Oo. begitu y pak.*

R : Yak, sekarang luas lahan, lahan terbangun, perubahan lahan hijau menjadi industri ya? (T3.155). Sebenarnya nanti enaknya dirimu juga mengacu ke RTRW atau RDTRKnya Gresik. Untuk mengetahui sampai tahun sekian yang masih menggunakan lahan hijau itu apa. Mungkin nanti ya gini, kalau bicara penyerapan, itu kan emisi yang keluar. Jadi maunya nanti juga terkait yang menyerap emisi yang keluar, erat kaitannya dengan jenis tanaman (T3.159). Dan penyerap itu juga bergantung dengan jenis tanaman (T3.160). Mungkin pohon A dengan pohon B bisa berbeda (T3.161). Prinsipnya jika itu diterapkan, pohon yang batangnya besar itu lebih besar itu kemampuan penyerapannya dari pada pohon yang batangnya kecil (T3.162).

P : *Atau seperti semak belukar gitu pak?*

R : Iya kalo pohon dan semak belukar ya beda jauh (T3.163). Yang namanya tumbuhan itu kan mulai dari rumput, semak, perdu, kemudian pohon (T3.164).

P : *Nah itu, saya memang ada batasan penelitian disana pak. Ketika saya mengklasifikasikan jenis vegetasi itu hanya pohon dan perdu begitu pak. Apakah itu bisa digunakan?*

R : Hemm, jadi memang kalau dalam penelitian, ada yang dibagi berdasarkan jenisnya, pohon, semak perdu begitu (T3.165). Atau berdasarkan yang satu lagi adalah berdasarkan rata-rata penyerapannya dari semuanya, atau berdasarkan luas area (T3.166). Seingat saya sudah ada yang melakukan penelitian seperti itu.

P : *Artinya luas area ini disana sudah, entah itu disana sudah kompleks antara perdu, pohon, semak begitu?*

R : Iya, jadi pohon, perdu, rumput (T3.168). Jadi kita ndak lagi melihat komposisinya, tapi sekian hektar ini mampu menyerap emisi CO₂ berapa

banyak (T3.169).

P : *Oh gitu..*

R : Ini pendekatan yaa. Jadi ada beberapa pendekatan yaitu berdasarkan jenis dan berdasarkan luas area (T3.171). Nah itu nanti tergantung yang lebih gampang yang mana. Yang gak terlalu ribet.

P : *Iya pak. Soalnya nanti maksud saya itu, saya hitung ulang luasan tutupan pohon atau semak itu berapa.*

R : Tapi nanti (ketemu luas RTH yang dibutuhkan) pasti lebih besar emisi lho. Karna emisi ini kan dilepaskan. Saat emisi ini dilepaskan kan itu akan terdispersikan namanya (T3.176). Sebenarnya yang lebih tepat kalau seandainya yang sudah terdispersi ini yang diserap oleh tumbuh-tumbuhan (T3.177). Jadi kalau ada tumbuhan, saat ada emisi yang dikeluarkan itu kan tidak langsung diserap (T3.178). Pasti nanti melewati suatu media perantara (T3.179). Nah ini namanya terdispersi itu tadi (T3.180). Sehingga kalo mau ada pendekatan lagi yang lebih mendekati adalah dari emisi ini dirubah ke dispersi (T3.181). Yaitu dari emisi ke embient lingkungan (T3.182). Nah ini ada beberapa model yang bisa dihitung. Atau bisa menggunakan model box. Itu yang paling sering digunakan. Model box itu artinya gini, jadi misal gini, semisal saya disini punya ruangan, seakan-akan ruangan ini, nah diruangan ini kan punya banyak pohon, emisi dimasukkan, eh, banyak kegiatan juga yang menghasilkan emisi ini yang dilepas. Nah emisi ini kan nantinya diserap oleh tumbuhan ini (T3.187). Tapi asumsinya dalam satu box. Sehingga emisi ini tidak langsung dari emisi ini (kegiatan) kesini (tumbuhan) tapi terdispersikan dulu (T3.189).

P : *Dalam satu box itu y pak ?*

R : Iya, satu box itu. Jadi seakan-akan, kalau namanya emisi keluar, terdispersikan, yang terdispersikan seakan-akan ada pengenceran dari kondisi sekitar (T3.191). Jadi itu dihitung nanti. Dengan proses terdispersi itu nanti maka konsentrasi emisinya 100, bisa jadi nanti lewat lingkungan, karena ada udara yang ada di sini jadi tinggal sepuluh (prosentase berkurang) (T3.193). Nah sepuluh itu nanti yang harus diserap tumbuhan ini (T3.194).

P : *Jadi emisi yang diserap seharusnya adalah emisi total, eh, emisi bersihnya y*

pak?

R : Bukan emisinya, tapi sudah berubah menjadi udara ambient (T3.195). Kualitas udara ambient (T3.196). Jadi kalau saya punya udara, ini ada emisi keluar begitu saja. Dia kan ke lingkungan. Ini adalah emisi kalau kelingkungan namanya adalah ambient (T3.199). Lha yang diserap itu udara ambient bukan emisinya (T3.200). Sehingga ini kalau lepas sekian, lalu menyebar, lalu konsentrasinya jadi berapa. Karena konsentrasi itu adalah massa per volume. Emisi besar dia, 10 ton, lepas juga masih 10 ton dia, tapi hanya bedanya kalau massa konsentrasi disini adalah volume kecil kalau disini volume besar (T3.203). Lah biasanya emisi itu satuannya ton per satuan waktu. Kalau disini adalah ton atau massa per satuan volume. Kalau massa per satuan waktu, sehari mengeluarkan 1.000 ton. Itu lepas ke lingkungan menjadi sekian massa per volume itu. Lha untuk menghubungkan emisi ke ambient tadi bisa menggunakan pendekatan (T3.208). Ada beberapa model, salah satunya yg biasa dipakai adalah box model. Itu gampang kok ngitungnya nanti. Asumsinya satu gresik, berapa luasannya gresik, ambil ketinggian, katakanlah 10 m, kalau emisinya setinggi ini menjadi berapa dia. Ya itu kemudian dibutuhkan berapa tanaman, berapa lahan hijau (T3.212).

P : *Jadi perhitungan kebutuhan lahan hijau itu bukan dari emisinya langsung y pak ?*

R : Oh, y pasti besar nanti ketemunya. Nanti pasti ruang terbuka hijaunya besar (T3.214).

P : *Pada umumnya penelitian yang saya baca itu langsung menghitung dari besar emisinya pak.*

R : Lha kalau dihitung seperti itu pasti nanti luas Gresik kurang dia (T3.215). Lha kalau diaturan berapa ? 20 atau 30 % ?

P : 30% pak.

R : Seharusnya kan 30 %, kalau dihitung seperti itu jatuhnya bisa lebih bahkan 100 hingga 200% gitu, karena menggunakan emisi (T3.217). Tau ya.

P : *Iya pak.*

R : Emisi ini yang dikeluarkan, tapi disini ada perhitungan dulu kan (T3.219). Lha ini yang seharusnya dihitung dulu (T3.220).

P : *Jadi ini seharusnya menjadi faktor penyerapnya pak?*

R : *Apanya ?*

P : *Yang kualitas udara ambient tadi pak.*

R : Kalau embient ini sebetulnya merubah dari produksi yaitu melalui model box tadi (T3.222).

P : *Jadi ketika bicara mengenai produksi emisi dan penyerap emisi seharusnya, artinya lebih bisa diterima ketika produksi emisinya ini sudah terkonversi menjadi embient tadi y pak?*

R : Iya, jadi dikonversikan dulu (T3.223). Yang paling gampang ya model box tadi.

P : *Ada referensi yang bias saya acu tidak pak?*

R : *Ke perpustakaan aja banyak. Mengenai air pollution. Model air pollution itu ada box model.*

P : *Kalau mengenai kebijakan pak, kebijakan pemerintah maksud saya. Artinya ini antara produksi dan penyerapan, apakah ada usaha dari pemerintah? Yang selama ini saya tau ada kebijakan penggunaan mobil pribadi.*

R : *Iya kalau menurut saya ini masuk upaya mitigasi. Bisa di sektor permukiman, transportasi, misal dengan adanya car free day. Sebenarnya ujung-ujungnya nanti pada pertumbuhan jumlah penduduk, jadinya kebutuhan rumah, permukiman, transportasi itu meningkat (T3.230).*

P : *Jadi fokusnya ke penduduk ya pak*

R : Iya, jadi kalau penduduk semakin banyak kan kebutuhan rumah tangga, (lahan) permukiman kan besar (T3.231). Jadi kalau berbicara rumah tangga nanti ada emisinya. Ini nanti dimodelkan y ? menggunakan apa?

P : *system dinamik pak*

R : *pakai program apa?*

P : *Stella pak.*

R : *Iya, stella aja cukup. Ini nanti keluarnya kebijakan ?*

P : *Iya pak. Jadi ada kebijakan apa yang menghasilkan deficit paling kecil.*

R : *Jadi nanti diranking y ?*

P : *Iya pak. Kalau begitu saya berterimakasih banyak atas waktunya pak.*

R : *Iya gak apa.*

4. TRANSKIP WAWANCARA AHLI PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

Responden : Ibu Ruli Pratiwi S., S.T., M.Sc.

Jabatan : Dosen Perencanaan Wilayah dan Kota ITS

Waktu Wawancara : Rabu, 16 Oktober 2014

Waktu dan Tempat : 14.15 WIB Di Gedung PWK Lt.2

T4

P : *Jadi begini bu, saya sudah menulis beberapa indikator, terutama yang saya batasi adalah perumahan, industri dan transportasi. Pertama, saya mulai dari kegiatan industri. Menurut ibu kegiatan-kegiatan industri dipengaruhi faktor penghasilnya apa saja?*

R : *Itu dilihat dari segi emisi primer atau sekunder?. Karena ada emisi primer dan sekunder.*

P : *Kedua-duanya bu.*

R : Dua-duanya, ehm kalo dari industri ya dari bahan bakar nya, bahan bakar fosil terutama (T4.3). Karena industri menggunakan bahan bakar fosil seperti solar atau diesel (T4.4). Walaupun ada beberapa bahan bakar lain yang digunakan. Kalau dari studi saya kemarin, dengan ketetapan PPLH di inventarisasi industri Surabaya, itu ada yang menggunakan serbuk kayu, itu masih ada (T4.6). Kemudian menggunakan gas alam, itu juga ada baik yang cair maupun yang gas (T4.7). Dan masing-masing bahan bakar itu kan punya faktor emisi sendiri-sendiri yaa, seperti itu (T4.8). Jadi yang paling besar dari bahan bakarnya kalau untuk produksi emisi CO₂ (T4.9).

P : *Dari beberapa literatur yang saya baca, dari industri yang juga mempengaruhi adalah proses pengolahannya?*

R : Iya betul (T4.10).

P : *Nah, bisa ibu jelaskan ndak proses pengolahan industri apa saja yang bisa dikatakan pengolahan menimbulkan emisi?*

R : He'em-he'em, jadi seperti di Surabaya ada beberapa jenis industri ya, seperti

industri kimia, industri logam seperti itu ya (T4.11). Kemudian industri kerajinan, industri yang lain-lain, industri kertas itu juga (T4.13). Nah mungkin yang banyak menimbulkan emisi itu, industri-industri yang bahannya itu di logam seperti itu (T4.14). Kemudian industri kimia, karena bahan bakunya (T4.15). Kebetulan saat kita menghitung kita tidak sekedar melihat ke penggunaan energinya saja atau bahan bakarnya, tetapi kita juga mengidentifikasi industrinya ini jenisnya apa, produksinya apa, dan bahan penolongnya apa, artinya bahan bakunya apa (T4.16). Kemudian alat yang digunakan untuk mengolah itu apa saja, seperti itu, karena dari alat itu, kita bisa tahu kira-kira apakah alat ini mengonsumsi bahan bakar fosil yang seperti ini, gitu yaah (T4.17). Nah kemarin itu yang rata-rata agak tinggi itu di (industri) logam dan kimia yang seperti itu (T4.18).

P : *Dari logam dan kimia?*

R : Iya, He'e (T4.19)

P : *Eh, kalo di gresik kan ini ya bu, kebanyakan pupuk. Nah itu apakah bisa dikatakan prosesnya mempengaruhi tidak bu?*

R : Ooh. Bisa iya bisa (T4.20). Sebenarnya semua jenis industri. Pertama dari bahan bakar itu tadi sudah mempengaruhi kontribusi emisinya (T4.21). Walaupun sebenarnya kalau kita mau menghitung secara detail, karna dalam perhitungan itu ada tier-tiernya yaa. Tier 1, tier 2, tier 4. Ehm, kalau kita mau menghitung ya tidak bisa kita menghitung tier 1, yang artinya semua bahan bakar yang dipakai, ya itu yang dihitung (T4.23). Karna misalnya industri juga punya alat pengendali. Cerobong itu kan termasuk salah satu alat pengendali. Artinya, sesungguhnya kalau di hitung secara tier 1 mungkin, emisinya 100, tetapi karena ada alat pengendali emisinya menjadi 75, seperti itu.

P : *Berarti secara keseluruhan ada dua yang mempengaruhi, energi yang digunakan dan proses pengelolannya ya bu?*

R : He'eh, he'eh (T4.27)

P : *Trus ini bu, sekarang menginjak ke kegiatan permukiman, tetapi sebelumnya, berarti jenis dan jumlah industri itu juga berpengaruh?*

R : Iyaa jelas, skala industrinya itu juga berpengaruh (terhadap produksinya) (T4.28). Ndak hanya ke jenis tapi juga skalanya, skala industri (T4.29). Apakah industri besar, industri sedang, atau industri kecil kan berbeda satu sama lain (kapasitas produksinya) (T4.30).

P : *Baik bu. Selanjutnya dari segi perumahan ibu. Faktor apa saja yang mempengaruhi produksi emisi di perumahan?*

R : Kegiatan perumahan sama. Emisi ada primer ada skunder. Yang kita tahu dari penggunaan listrik, tapi itu kan secara tidak langsung (T4.33). Kalo primer itu semua yang sifatnya pembakaran. Jadi antara lain penggunaan minyak tanah, kalau masih ada rumah tangga-rumah tangga yang mengonsumsi minyak tanah untuk memasak (T4.35). Atau bisa juga dari penggunaan LPG itu juga primernya (T4.36). Dan faktor emisi LPG dan minyak tanah ini, jauh lebih tinggi minyak tanah (T4.37). Jadi untuk penelitian yang beberapa tahun lalu, jumlah RT memang kecil yang menggunakan minyak tanah walaupun secara kebijakan saat ini minyak tanah sudah ditiadakan ya (T4.38). Di beberapa kabupaten kota juga sudah susah mendapatkannya karena tidak available gitu yaa. Tapi pada saat kita jalan ke lapangan, masih ada sebenarnya yang menggunakan (T4.40). Di GKS juga sebenarnya masih ada, meski mungkin jumlah nya tidak signifikan seperti yang menggunakan LPG (T4.41). Tetapi karena faktor emisi minyak tanah ini tinggi, akibatnya total emisinya jadi tinggi juga (T4.42). Jadi kalau dari rumah tangga yang dari situ (T4.43). Atau dari misalnya pembakaran sampah (T4.44). Walaupun sebenarnya seperti di Surabaya itu pembakaran sampah dilarang (T4.45). Saya tidak tahu lagi ya di gresik seperti apa, kalau di surabaya sudah dilarang. Terus pada saat kita terjun ke lapangan, ternyata masih ada yang membakar sampah (T4.47). Jadi dari tiga kegiatan itu, pembakaran tidak langsung, langsung dan pembakaran sampah (T4.48). Itu jelas menghasilkan CO₂ nya (T4.49).

P : *Jadi meskipun prosentasenya kecil, karena faktor emisi jadi hasilnya juga besar begitu ya bu?*

R : Iya benar (T4.50). Jadi tetap harus dilihat. Karena faktor emisi minyak tanah ini jauh lebih besar ketimbang LPG, begitu (T4.52).

P : *Ehm, selain pembakaran sampah, penggunaan listrik, dll. apakah ada*

kegiatan yang lain yang mempengaruhi?

R : Untuk di rumah tangga ya, eh..

P : *Untuk CO₂ nya saja ibu tidak GRK secara keseluruhan.*

R : Eeh, GRK yang CO₂ saja brarti kan ya. Kalo GRK yang CO₂ saja biasanya hasil pembakaran saja. (emisi perumahan) Biasanya di pembakaran masak atau di pembakaran sampah (T4.56). Kalau rumah tangga yang memiliki ternak itu bisa, tapi bukan penghasil CO₂. Atau mungkin bisa mobile gitu ya kepemilikan kendaraan (T4.58).

P : *Oh iya itu masuk yang transportasi*

R : Oh, iya he'e (T4.59). Bagi kami, kami menghitungnya masuk ke transportasi (T4.60). Karena kami menghitungnya melihat dari berapa kendaraan yang melintasi 1 ruas jalan itu, tidak dihitung ditempat. Karena kan kendaraan ini berjalan. Tidak *fair* apabila kita menghitung produksi CO₂ yang dihasilkan dilingkungan itu. Karena itu mengapa kita pada saat menghitung emisi CO₂ dari transportasi kita menggunakan software *mobile*, seperti itu. Jadi membandingkan panjang luas jalan berapa, volume ruas jalan bagaimana, jalan itu dua arah atau tidak.

P : *Berarti itu dipisahkan juga?*

R : Iya dipisahkan betul. Jadi dipisahkan itu, kita menghitung yang pertama ininya *ghoz*, mobil dan non mobil. Mobil kita bedakan lagi antara *On road* itu seperti yang truk, bis, mobil, sedangkan yang *offroad* itu seperti kapal, pesawat, seperti itu ya (T4.68). Nah itu dinamakan dari *mobile sorted* (emisi yang dihasilkan dari barang yang bergerak) yang non mobile itu yang seperti tadi. Kita harus mengelompokkan berdasarkan area. Jadi ada area sorted, point sorted. Itu yang kecil-kecil kita kelompokkan saja perhitungannya jadi satu.

P : *Itu dipisahkan per jenis kendaraannya tidak bu?*

R : Iya betul-betul dipisah per jenis kendaraan (T4.73). Jadi vehicles, LDP, kemudian MPV, ya mobil penumpang lah ya, lalu sama sepeda motor (T4.74).

P : *Saya tertarik dengan bahasan ini bu. Di gresik kan memang ada banyak pelabuhan. Apakah itu bisa dikatakan mempengaruhi emisi wilayah ketika pada saat kapal berlayar intensitasnya besar tetapi emisi lebih banyak*

dihasilkan di tengah laut?

R : Kalo terkait masalah emisi di udara memang agak abstrak ya, kecuali di darat sangat jelas ya. Jadi kalo di udara tidak mengenal batas. Misal suhu di kecamatan A sekian, kita tidak bisa menetapkan di kecamatan B sekian, karena ada arah angin. Jadi tidak mengenal batas ya. Misal pelabuhannya di Kota A, kita lihat semestinya pelabuhan ini tidak dihitung kan, tapi sebenarnya kalau arah angin ini meniupnya ke arah perkotaan B seharusnya kan ini dirasakan berpengaruh terhadap emisi disini, begitu yaa. Nah itu juga yang terjadi saat kita penyusunan studi emisi ini. Kita berpegangan bahwa bandara juanda tidak ada di Surabaya, adanya di sidoarjo, haha. Awalnya tidak kami hitung. Tapi diingatkan oleh KLH bahwa tidak dapat dipungkiri pesawat-pesawatnya banyak ada yang lewat di atas langit-langit Surabaya. Nah ini kan seharusnya semuanya terhitung, dan ini juga berlaku untuk kapal laut (T4.84). Karna kita juga punya pelabuhan yaa Tanjung Perak itu. Akhirnya kita mengidentifikasi berapa banyak kapal yang lewat di Tanjung perak itu (T4.86). Jenis motor penggerak itu yang menjandi justifikasi berapa faktor emisi yang mau digunakan (T4.87). Peti kemas itu diidentifikasi berapa jumlah kapal dan dari GT nya itu ya bisa diketui kira-kira kapal ini mesinnya pake mesin apa, gitu yaa (T4.88). Trus bahan bakarnya menunjukan apa (T4.89). Ini kita dapat dari pelindo, sehingga bisa dikalkulasikan. Ini hasil rekap akhirnya, bisa dilihat bahwa hasil CO₂ nya tinggi. Nah ini kita lihat rute, kita dulu membagi grid.

P : *Itu grid yang 50x50 ya bu?*

R : Ehm, ndak, itu untuk yang 1kilo x 1 kilo untuk yang luasnya diatas 300 km² atau hektar yaa seperti itu. Jadi nanti kita juga melihatnya ke rute. Jadi yang kita hitung kapal yang masih melewati alurnya di Laut Surabaya.

P : *Berdasarkan literatur yang saya jumpai, di laut juga bisa menyerap emisi kan ya bu? Dan kalau terkait angin kan bisa hari ini mengarah ke perkotaan dan hari lain tidak. Itu bagaimana menurut ibu? dan apakah emisi di laut bisa diserap perairannya?*

R : Emisi laut bisa diserap gitu ya (T4.96). Kalupun bisa menyerap saya koq tidak yakin ya bisa terserap (T4.97). Seperti halnya didarat kita juga

mengenali jenis elemen-elemen yang bisa menyerap kita mengarahnya ke RTH seperti daun atau pohon yang jelas bisa menyerap emisi (T4.98). Tapi kan tetep ada asumsi yang digunakan disana, artinya emisi yang dikeluarkan tidak mungkin 100% diserap (T4.99). Sehingga seandainya perairan bisa menjadi media penyerap pun, pasti tidak akan bisa menyerap seratus persen (T4.100). Itu gitu, kalo menurut pendapat saya yaa.

P : *Iya, soalnya tadi juga saya dapat informasi bahwa ada teknologi yang bisa membuat perairan menyerap CO₂. Jadi CO₂ dibawah ke perairan dan diubah menjadi kalsinasi atau apa gitu.*

R : Ehhm teknologi yaa. Iya berarti harus ada teknologi yang diinstallkan, tidak secara alami (T4.103).

P : *Ehm, perairan sendiri bisa itu tapi ketika suhu di laur lebih tinggi dari suhu di darat*

R : Ohh iya iya iya, tapi penyerapan tidak akan menyerap optimal kalo tidak ada teknologi tadi (T4.104).

P : *Berarti ini bisa berpengaruh ya bu?*

R : Yang pelabuhan tadi?

P : *Iya bu.*

R : Bisa iya bisa tidak, tergantung jarak kalau sangat dekat ya jelas. Kita menatap saja sudah terpengaruh. Walaupun arah kapalnya meninggalkan kabupaten tersebut. Tapi tadi itu, arah anginnya ke kota, seperti itu. Apalagi kalau jaraknya dekat itu tadi. Yahkan udara tidak bisa dikawal. Haha

P : *Hehe iyaa bu tidak bisa juga diminta hehe. Sekarang ke faktor penyerapnya emisi CO₂ bisa dari sumber apa saja bu?*

R : Penyerap ya bukan pengendali?

P : *Bisa dua-duanya bu*

R : Untuk perumahan industri atau transportasi?

P : *Semuanya itu, semuanya.*

R : Untuk di perkotaan yang paling efektif tetep dari vegetasi ya, dengan adanya hutan kota (T4.112) Kalau yang ruang terbuka saja masih kurang karena ada kerapatan vegetasi, jarak tajuk itu kan juga menjadi faktor ya (T4.113). Jadi yang paling tepat masih Hutan Kota (T4.114). Sayangnya hutan kota di

beberapa kabupaten kota hanya sedikit ya dan lebih banyak RTH nya (T4.115). Dan tidak semua RTH adalah hutan kota (T4.116). Kalo penyerap yang saya tau ini saja ya yang paling utama (T4.117).

P : *Luas RTH itu tadi ya bu?*

R : Iya benar (T4.118). Kalau pengendali kembali lagi ke skala industri, mereka bisa menggunakan yang cerobong. Dengan adanya cerobong tadi bisa mengurangi emisi yang dihasilkan industri tersebut.

P : *Berarti secara tidak langsung proporsi lahan antara RTH dengan lahan terbangun itu berpengaruh ibu?*

R : He,eh-he'eeh, berpengaruh betul (T4.121). Jadi dengan adanya pembangunan seperti industri kalau tidak diredam dengan adanya RTH akan berpengaruh menurut saya, seperti itu (T4.122).

P : *Kalau ke pengendali, kebijakan-kebijakan apa yang bisa diterapkan sebagai pengendali? Mungkin bisa dari hasil temuan-temuan di penelitian ibu.*

R : Pengendali ya. Ini masih per sektor atau keseluruhan?

P : *Bisa saja keseluruhan ibu. Jadi ndak per masing-masing sektor*

R : Kebijakan yang sudah di lakukan atau yang dari rekomendasi penelitian saya?

P : *Dari penelitian ibu*

R : Kalau dari penelitian saya, saya hanya ambil untuk permukiman dan pertanian. Salah satunya kalau dari rumah tangga kebijakan mengenai penggunaan alat-alat listrik (T4.127). Mungkin kebijakannya tidak spasial ya. Tapi itu terserah nanti bisa jadi masukan atau tidak ya. Jadi untuk rumah tangga kita juga menghitung emisi skunder dan di kuisioner saya juga menanyakan mengenai perilaku penggunaan listrik, apakah dicolok terus apakah hanya saat butuh saja (T4.129).

P : *Oh mengenai kesadaran perilakunya ya?*

R : Iya betul (T4.130). Kalo untuk kebijakan spasial kita memberitahukan daerah yang kepadatan (emisi) tinggi, yang produksi emisi yang tinggi. Sehingga kalau ada rencana pembangunan jangan diarahkan ke wilayah (terbangun) yang seperti itu (T4.132)

P : *Iya bu, Saya kembali ke penyerapan ya bu, mohon maaf bila lompat-lompat. Kan salah satunya pohon ya bu. Dan masing msaing pohon memiliki daya*

serap.

R : Ooh iya benar daya serapnya masing-masing pohon berbeda-beda (T4.133).

Disalah satu penelitian itu sudah ada, misalnya jenis pohon ini mampu menyerap sebesar berapa (T4.134). Itu sudah ada dan saya tidak hafal. Ya itu jadi jenis pohon mempengaruhi, lalu kerapatan tajuk dari pohon itu juga mempengaruhi, kerapatan penanaman juga (T4.136). Sudah ada ketentuannya yang dikatakan efektif penyerapan. Gampangnya bisa mengacu permen nomor 2 tahun 2008 atau bisa juga jadi dari jurnal luar.

P : *Iyaa bu. Ini terakhir dari saya bagaimana dengan jumlah penduduk apakah itu mempengaruhi?*

R : Itu dari permukiman ya?

P : *Iya bu.*

R : Ehm iya menurut saya pertumbuhan penduduk mempengaruhi karena mempengaruhi produksi emisi (T4.140). Sekalipun tidak mengokupasi lahan tetap mempengaruhi menurut saya (T4.141). Misal rata-rata jumlah keluarga 4 orang (T4.143). Nah dari hasil perhitungan tahun 2012, penggunaan bahan bakar LPG tiap bulannya menghabiskan 15 kilogram (T4.143). Kalau misalnya kita ketahui karena pertumbuhan jumlah penduduk berubah menjadi 5 orang per keluarga (T4.144). Saya rasa penggunaan LPG akan meningkatnya (T4.145). Bisa dibayangkan apabila peningkatan terjadi di seluruh rumah tangga di surabaya yang seluruhnya melakukan kegiatan memasak (T4.146). Jadi sudah pasti mempengaruhi (T4.147).

P : *Oh iya ibu jadi saling mempengaruhi ya bu.*

R : Iya benar (T4.148)

P : *Baik ibu. Cukup dari saya ibu. Terima kasih.*

5. TRANSKIP WAWAANCARA DINAS PEKERJAAN UMUM BIDANG CIPTA KARYA KAB. GRESIK

Responden : Bapak Hendri.

Jabatan : Staff Bidang Cipta Karya

Waktu Wawancara : 22 Oktober 2014

Waktu dan Tempat : 11.00 WIB Di Dinas Pekerjaan Umum Bidang
Cipta Karya Lt 2

T5

P : *Mohon maaf, dengan bapak siapa ?*

R : Hendri

P : *Jadi begini pak, penilitan saya mengenai permodelan emsi CO2. Jadi ini terkait penggunaan lahan dan kegiatannya yang ada di kabupaten gresik. Nah ini ada beberapa variabel penelitian yang sudah saya rangkum menjadi beberapa indikator penelitian. Ada indikator produksi emisi, kegiatan industri, perumahan, transportasi dan penggunaan lahan, trus ada pertumbuhan penduduk dan serapannya. Jadi ini terkait penyeimbangan produksi emisi dengan penyerapannya. Jadi yang akan saya tanyakan nanti adalah tiap-tiap indikatornya.*

R : *Saya agak kurang yakin bisa bantu, karena kita tidak sejauh itu mengelola emisi ya.*

P : *Iya tidak apa-apa pak. Jadi menurut yang saya rangkum dari 3 sektor: industri, perumahan dan transportasi. Kita masuk ke sektor yang pertama dulu pak sektor industri itu menurut bapak apa saja faktornya?*

R : Di CO2 ya fokusnya ya, jadi untuk di gresik, karena ini kota industri jadi polutan itu tinggi sekali, sejauh ini dari kegiatan industri (T5.3). Saya ambil dari segi ke-PU-annya saja yaa saya gak bisa jawab semuanya.

P : *Hehe, iya pak tidak apa-apa.*

R : *Jadi gini dalam penentuan emisi di suatu wilayah tinggi atau tidak dilihat dari faktor tata guna lahan yang di tuangkan dalam RTRW. Sehingga ada plotting*

daerah ini kawasan permukiman, daerah ini industri dan daerah yang lain pertokoan, itu telah ditetapkan di RTRW di sah kan oleh DPR berupa perda dan perbup (T5.6). Jadi RTRW itu ditetapkan sebagai perda, sedangkan teknis dilapangan kita tetapkan melalui perbup. Begitu yang kita kelola terkait tata guna lahan dahulu ya. Baru nanti akan menimbulkan plotingan area-area permukiman, industri dll (T5.9). Jadi wilayah yang memiliki emisi tinggi pastinya diwilayah industri (penggunaan lahan industri) (T5.10). Tapi efeknya dapat banyak di kawasan permukiman yang kebetulan plotingannya tidak jauh dari kawasan industri. Seperti terimbas. Sejauh itu yang saya tau. Itu yang pertama.

P : *Saya ingin tahu kegiatannya pak. Mulai dari industri dulu. Menurut bapak industri-industri apa yang menghasilkan emisi tinggi?*

R : Nah ini kalo saya ditanya teknis...

P : *Ehm begini pak, Gresik ini kan kota industri, ketika industri itu semakin tumbuh semakin tinggi, itu apakah mengikuti emisinya?*

R : Ya, secara logika itu pasti ya (T5.16). Khusus dari sektor industri ya (T5.17). Sejauh ini sektor industri memang menghasilkan emisi yang tinggi, sehingga menurut saya ya itulah yang paling dominan menghasilkan emisi (T5.18). Itu yang paling besar (T5.19).

(jeda mendengar suara adzan)

R : Saya tambahkan ya, dari sektor ke-PU-an. Kawasan-kawasan industri kategori tinggi itukan terkait dengan ijin-ijin yang di ajukan pengusaha atau inverteor yang dikelola di badan perijinan dan penanaman modal (T5.21). Merekalah yang menilai layak tidaknya usaha ini berdiri. Nanti kalau sudah layak dalam segi dokumin UKL, UPL, amdal dan sebagainya. Nanti akan diterbitkan rekomendasi teknis yang nantinya akan kita akomodasi di RTRW, RTBL. Itu yang kita kaji. Nanti hasilnya timbul bagaimana kita tidak mengelola itu. Kita hanya terkait dengan rekomendasi teknis berdirinya suatu pabrik itu, itu yang kami kelola. Sehingga banyak komponen dari variabel ini yang tidak bisa saya jawab.

P : Kalo begitu saya eksplorasi di penggunaan lahan saja pak. Pada beberapa dekade ini , pertumbuhan industri di Gresik ini seperti apa pak?

R : Kalo menurut saya pribadi, kita melihat dari tata guna lahan yang ada, memang investor yang masuk itu cukup banyak sekali. Industri cukup banyak (T5.31). Itu bisa kita lihat dari kerujakan infrastruktur khususnya jalan. Kita banyak mengeluarkan biaya untuk perbaikan jalan diakibatkan kendaraan industri banyak sekali. Yang mana kendaraan mereka melebihi tonase. Jadi kita melihatnya dari situ. Semakin banyak industri semakin banyak jalan yang rusak. Itu asal filosofis dari kita, seperti itu. Jadi ketika suatu kawasan ditetapkan sebagai kawasan industri, lalu ada investor ijin mendirikan suatu pabrik. Nah dalam proses pembangunan itu kan dibutuhkan alat berat dan truk pengangkut bahan bangunan. Nah ketika itu semakin banyak lewat, semakin cepat jalan itu rusak.

P : Kalau dari segi lingkungan bagaimana?

R : Nah dari segi lingkungan itu yang sulit. Karna sudah ada di amdal, UKL UPL.

P : Oh jadi kalau sudah memenuhi syarat disitu ya sudah?

R : Ya, tapinya bukan habis sudah gitu aja. Nanti coba cari tau hirarki perijinan suatu industri apa saja sih. Biar tahu dulu awal mula industri itu berdiri itu bagaimana. Produksi emisi itu tinggi karena industri berdiri kan?, nah coba cari tau itu dulu (T5.45). Udah sampe situ belum?

P : Yang saya tahu itu ijin tata ruang, ijin prinsip,, trus amdal UKL, UPL baru ke ijin HO. Seperti itu.

R : Nah maka selama dokumen-dokumen itu dipenuhi. Kita tidak akan mempersulit. Meskipun untuk dokumen UKL dan UPL bukan dari kita yang mengkaji, tapi BLH. Lalu BLH yang mengeluarkan rekomendasi terkait kelayakan dari segi lingkungan. Jadi disitu rantai putusnya. Saat mereka berjalan dan tidak sesuai dengan dokumen UKL dan UPL nya itu bukan wewenang kita. Karena bisa saja suatu industri karena permintaan pasar, industri jadi meningkatkan produksi sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar (T5.53). Bila seperti itu, apakah kita berhak menutup. Tapi mungkin ada dinas yang lain seperti perindustrian yang berwewenang akan itu, saya

tidak tahu persis yaa.tapi saya rasa ndak mungkin.

P : *Iya pak, mungkin kapasitas produksi itu lambat laun meningkatkat, sehingga konsumsi energi juga meningkat. Ehm, mungkin dokumen UKL UPL itu berlanjut kan pak, mungkin setiap 3 bulan atau bagaimana?*

R : Hehe, iya emang seperti itu. Tapi kembali lagi, itu bukan kewenangan kita, tapi BLH.

P : *Trus ini pak, kalau di perkotaan gresik, plotting-ploting kawasannya itu sudah berdasarkan RTRW yang terbaru 2011 itu pak?*

R : Iya itu sudah sampe 2025 atau brapa saya lupa. Itu sudah direvisi. Kajian tentang RTRW itu teknis yang berwenang adalah Bappeda dan telah dikomunikasikan dengan pusat. Nah jadi sudah ada persetujuan dari pusat bahwa itu layak untuk diterapkan. Itu dari saya.

P : *Kalau ke tingkat yang lebih teknis, RDTR nya bagaimana pak?*

R : Itu juga wewenangnya Bappeda. Yang kita kelola hanya RTBL. Permasalahan RTBL ini juga, permasalahan koridor. Sejauh ini yang kita kelola memang masih koridor dan kawasan permukiman. Karena plottingan kawasan industri itu sejauh yang kita tangani RTBL di kawasan permukiman tidak di industri. Itu yang sudah kami lakukan. Karena apa? Kalau sampai kita mengatur sampe RTBL industri, itu rawan. Rawannya karena industri telah memiliki dokumen pendukung sendiri. Kita tidak sampe masuk utak-atik sejauh itu.

P : *Kalau jenis penggunaan lahan lain pak. Saat industri dibangun ada konversi lahan. Itu kebanyakan dari konversi lahan apa pak?*

R : Sekarang itu, yang terjadi untuk menambah pesatnya industri, terjadi reklamasi. Kan butuh lahan, sedangkan lahan kita ini terbatas dan sudah padat (T5.71). Akhirnya cenderung kita ke arah pesisir untuk kawasan perkotaan. Perkotaan gresik itu Manyar, Kebomas, Gresik.

P : *Kalau lahan-lahan tambak?*

R : Tambak itu memungkinkan tapi khususnya di wilayah Kecamatan Manyar.

P : *Iya memang tambaknya besar disana.*

R : He'em, nah kalo di kecamatan gresik itu ke kawasan Gresik itu betul-betul kawasan pantai. Kalau di Kebomas tidak terlalu banyak. Nah itu dari tata

guna lahan yang peruntukannya kemana. Kadang lahan itu habis, tapi industri itu terus berkembang, karena investor banyak yang minat (T5.77). Sementara ini juga diarahkan industri ke Gresik Selatan, Driyorejo sampai Cerme. Itu yang sedang diarahkan juga sekarang. Jadi kembali ke semangat daerahnya. Ada investor masuk lalu bagaimana mengarahkan lahanya. Kita di PU biasanya diundang untuk penentuan kawasan industri dalam penentuan seperti saluran pembuangannya bagaimana. Misal jangan sampai saluran pembuangannya dekat dengan saluran irigasi. Nah itu yang kita larang. Kita akan kasih *warning*. Nah seperti itu, kita yang memberikan rekomendasi teknisnya.

P : *Iya pak. Kan kalau berbicara industri ini berkembang pesat, kan seharusnya ada lahan-lahan penyerapnya seperti RTH atau lahan-lahan hijau. Itu kondisinya gimana pak?*

R : Prihatin (T5.86).

P : *Prihatin ya pak. Artinya apakah bapak memandang bahwa lahan-lahan itu yang seharusnya dipertahankan untuk menjaga kondisi lingkungan?*

R : Ya, saya rasa begitu (T5.87). Karena begini, di RTRW kan semua sudah diatur sekarang. Saya juga belum pernah lihat hasilnya. Disana kan sudah ditetapkan semua plotingannya perumahan RTH dan terbangun (T5.90). Keberadaan RTH inikan untuk menyerap emisi ya (T5.91). Ya kembali lagi apakah UKL UPLnya sudah mengatur tentang itu.

P : *Berdasarkan informasi yang saya dapat ada perda No10 Tahun 2010 yang mengatur tentang RTH kawasan industri. Apa bapak pernah mendengar itu?*

R : Saya kebetulan karena tidak terlalu jauh berhubungan dengan itu, saya tidak tahu. Karena sebenarnya itu lintas sektor dan lintas fungsi. Tapi kembali lagi karena itu peraturan daerah dan peraturan bupati, jadi idealnya itu menjadi acuan. Itu nanti BLH yang mengimplemnetasikan.

P : *Itu tadi dari industri pak. Sekarang kita berlanjut ke sektor perumahan. Seperti kata bapak, tadi sektor perumahan menjadi kegiatan yang terdampak dari emisi industri, tetapi perumahan sendiri juga menghasilkan industri dari kegiatan memasak. Apakah bapak setuju?*

R : Setuju, tapi sejauh ini ada dampak tapi kalah dengan industri (T5.97). Tapi

karena sifatnya kecil ya jadi sedikit diabaikan.

P : *Di Gresik ini penggunaan bahan bakarnya LPG atau masih ada yang kayu bakar pak?*

R : Kalo perkotaan semua sudah LPG (T5.98). Dari segi ekonomi lebih murah dari pada kayu bakar (T5.99). Sekarang juga mau cari kayu bakar kemana di kota, kalau di desa masih memungkinkan (T5.100).

P : *Kalau minyak tanah apakah masih ada juga pak?*

R : Kalau minyak tanah saya rasa masih ada (T5.101). Tapi kita tidak pernah mendata sampai sejauh itu ya.

P : *Kalau dari Dinas PU yang bidang perumahan, apakah sampai mendata perkembangan unit rumah?*

R : Harusnya begitu. Nah, sekarang tugas bidang perumahan itu menangani infrastrukturnya.

P : *Oh hanya infrastrukturnya?*

R : Iya, contoh jalan lingkungannya, salurannya, seperti rumah tidak layak huni kita tingkatkan menjadi layak huni, lalu pelayanan air bersihnya.

P : *Pertumbuhan permukiman di kabupaten gresik ini dipengaruhi oleh apa pak?*

R : Untuk 2-3 tahun ini, saya berbicara soal kabupaten ya. Ini berkaitan dengan terjadinya bencana lapindo.

P : *Oh jadi migrasi?*

R : Iya migrasi (T5.108). Tapi migrasinya di wilayah perbatasan Surabaya dan Gresik, contohnya di Driyorejo, tapi kalau Manyar sedikit sekali (T5.109). Lebih banyak di Gresik selatan (T5.110). Kalau di kota dipengaruhi pertumbuhan industri yang menyerap tenaga kerja, sehingga pendatangnya jadi banyak (T5.111). Akibat itu, banyak kawasan perumahan yang dikelola oleh developer kemudian membentuk kawasan perumahan yang banyak berasal dari pekerja industri (T5.112). Dari pemerintah, kami juga menyediakan Rusunawa. Itu di perkotaan, di Kelurahan Karangpuri ada 1, kelurahan Kebomas itu satu, lalu kelurahan Balongpanggang 1.

P : *Itu masih baru semua pak?*

R : Sudah lama dari 2005. Sekarang kita sedang melakukan pembangunan satu lagi di daerah Kinomantung kecamatan Kebomas. Akhirnya kita menyiapkan

untuk MBR, dari pada mereka membentuk permukiman kumuh, kita siapkan unit-unit rusunawa yang lebih sehat. Dan rata-rata mereka adalah pegawai dan buruh industri berkembang (T5.117). Jadi jika dikembalikan lagi ke emisi, kecil sekali dampaknya, meski tetap ada (T5.118). Karena tertutup oleh emisi industrinya (T5.119).

P : *Kalau ditimbang, mungkin timpang ya pak?*

R : Timpang sekali, jauh sekali (T5.120).

P : *Terkait kebutuhan permukiman tidak menutup kemungkinan dari angka pertumbuhan penduduk seperti kelahiran?*

R : Iya itu pasti (T5.121). Selain itu akibat adanya perpindahan penduduk dari kawasan Sidoarjo dan sekitarnya (T5.122). Sehingga terbentuk kawasan perumahan baru (T5.123). Itu juga mempengaruhi (T5.124).

P : *Kebanyakan masih dibangun secara swadaya atau oleh developer?*

R : Untuk di kawasan perkotaan tidak banyak. Karena kawasan industri langsung membentuk kawasan permukimannya tapi untuk level jajaran atas lah. Bukan buruh. Yang buruh, kita coba mewadahi melalui Rusunawa.

P : *Kita memasuki sektor terakhir pak. Sektor transportasi. seperti kata bapak tadi, sektor transportasi industri. Nah bagaimana dengan penggunaan kendaraan pribadi?*

R : Melihat kondisi saat ini, yang mayoritas bukan roda 4 melainkan roda 2 (T5.128). R2 itu gila-gilaan (T5.129). Karena ada statement seperti ini, seorang buruh dari pada harus keluar uang untuk naik angkot bolak balik, lebih baik dia membeli motor apalagi dengan uang muka yang kecil (T5.130). Itu mempengaruhi (T5.131). Akibatnya transportasi di penuh oleh roda 2 (T5.132). Itu bisa kita lihat saat jam-jam sibuk sekitar jam 4 sore, disitu akan kelihatan dominanya (T5.133). Dan rata-ratanya memang faktornya dari tenaga kerja industri (T5.134). Dengan adanya pabrik butuh pekerja banyak, sehingga menarik pergerakan dan itu bisa dari mana-mana dariorejo, cerme, tapi kerjanya disini (T5.135). Itu menyebabkan emisinya (transportasi) disini (T5.136). Kita pernah mencoba kebijakan tapi ini untuk mobil (T5.137). Kita pernah tes emisi buang oleh mobil (T5.138).

P : *Uji KIR itu pak?*

R : Bukan. Uji KIR iya, mereka dikelola dishub. Kalo ini dikelola oleh bappeda bagian SDA. Nah mereka melakukan uji emisi tapi masih difokuskan kepada kendaraan pemerintah yang plat merah. Itu yang sebagai faktor pengendalian lah. Nanti akan keliatan unit mana yang gas buangnya cukup tinggi itu yang akan dimusiumkan atau dilelang. Nah kuatirnya kalau dilelang tidak keluar dari Gresik. Sama aja bohong, hehe. Ini khusus pemerintahan. Kalau untuk masyarakat umum saya kurang tahu.

P : *Kalau menurut bapak, untuk kebijakan uji-uji seperti itu apakah bisa menekan angka emisi?*

R : Harusnya bisa (T5.149). Namun dikembalikan kepada pemiliknya. Saya pernah tau kejadian, pemilik mobil ketilang, karena asap mobilnya berlebihan. Jadi polisi itu khusus melakukan operasi khusus untuk gas buang dari kendaraan. Jadi polisinya bawa alat khusus yang saya kurang tahu apa. Jadi bisa saja faktornya adalah perawatan mobil atau mobilnya yang sudah tidak layak jalan tapi tetap di pakai (T5.154). Tapi kita juga tidak bisa menyalahkan. Nanti kita kembali diprotes bapak bisa nambahin duit buat kita ganti mobil. Tapi setidaknya dengan ketilangnya dia bisa lebih sadar. Itu yang pernah terjadi. Dan juga tren penggunaan motor paling hanya 5 tahun lalu dijual lagi. Karena biaya perawatannya juga pasti lebih mahal. Kalau mobil saya rasa tidak sebanyak sepeda motor (T5.161).

P : *Bagaimana dengan pembatasan kendaraan pribadi. ?*

R : Sebenarnya tidak ada batasan. Tapi pernah kita terapkan untuk lingkungan pegawai negeri. Pernah diterapkan hari jumat tidak membawa kendaraan bermotor. Tapi tidak bisa bertahan lama. Ada juga pola *car free day*. Tapi itu juga tidak efektif karena masyarakat menuju area CFD dengan membawa kendaraan lalu diparkir di dekat CFD. Jadi sama aja, hehe. Harapannya kan CFD dari rumah kan sudah bersepeda. Saya pribadi merasa begitu.

P : *Berarti kembali lagi ke RTH sebagai penyerapnya ya pak?*

R : Nah, syukur-syukur RTH menjadi lahan parkir, tapi kembali lagi tidak boleh merusak fungsinya (T5.171). Kan sama halnya seperti di singapore, orang tidak boleh merokok kalau diatasnya tidak ada langit atau pohon.

P : *Jadi langsung terserap gitu ya pak?*

R : Iya itu (T5.173). Jadi orang kalau di singapore itu merokok harus di taman (T5.174).

P : *Tapi apakah tidak dipengaruhi jenis tanaman?*

R : Nah itu kembali kepada teknis pertaniannya ya, jenis tanaman apa sih yang bisa menyerap nikotin (T5.175). Jelasnya jenis tanaman apa, saya tidak tahu, karena yang mengelolah ada di BLH atau dinas pertamanan (T5.176). Jadi untuk di Gresik mereka yang berwenang.

P : *Kalau terkait sanitasi pak, itu dikelola PU juga?*

R : Sanitasi apa dulu?

P : *Persampahan*

R : Oh kebetulan persampahan di BLH bukan disini. Tapi kalau sifatnya sanitasi limbah permukiman itu bisa disini bisa di Dinas Kesehatan.

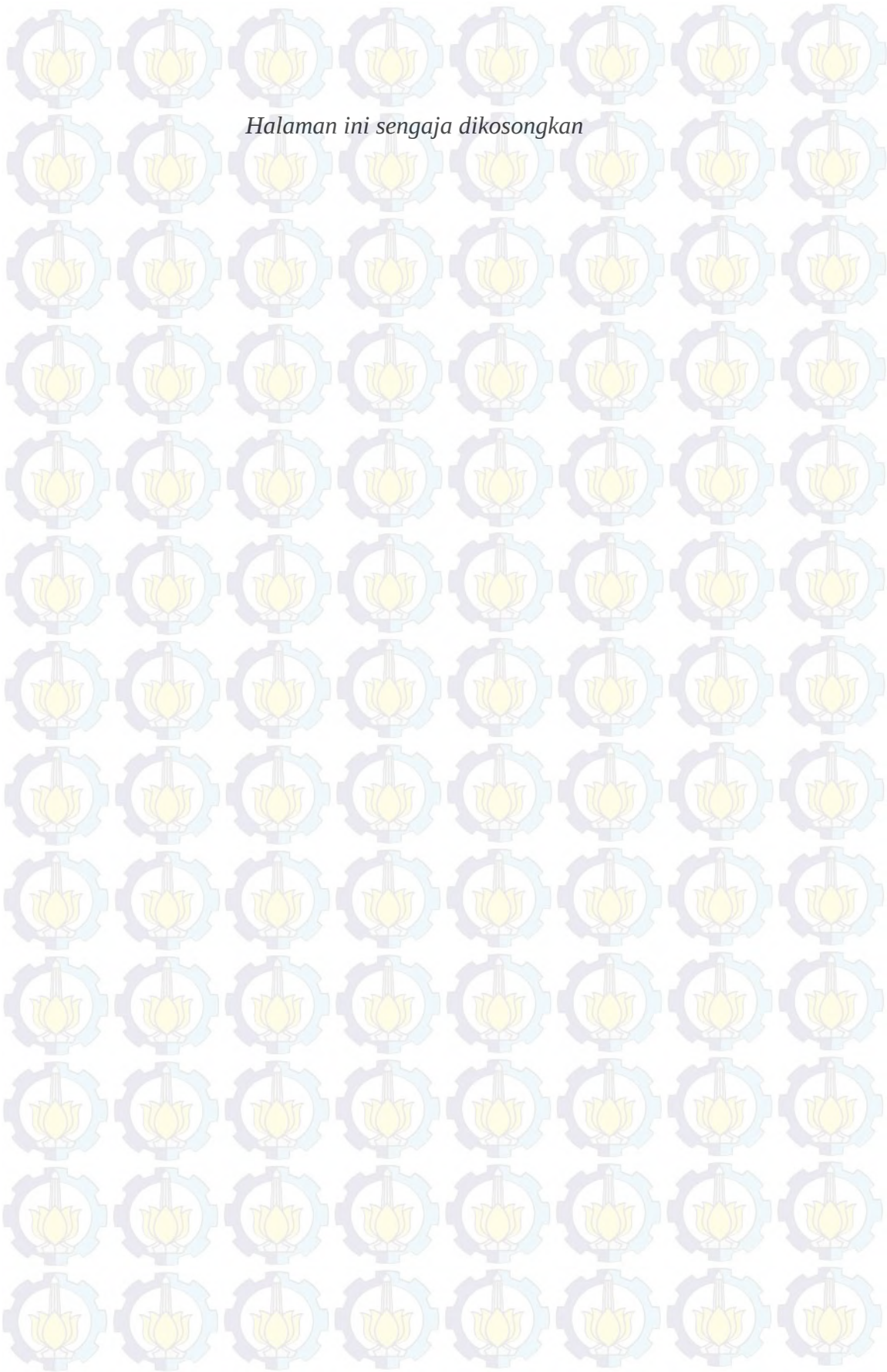
P : *Sepertinya sudah cukup dari saya pak.*

R : Puas ndak? saya khawatir kurang puas.

P : *Yah, saya olah dulu hasilnya pak, nanti kalau ada yang kurang saya kembali ke sini.*

R : Yah tidak apa-apa.

P : *Terima kasih pak*



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN G

HASIL KODIFIKASI KONTEN ANALISIS FAKTOR KESEIMBANGAN EMISI GAS CO₂

No.	Faktor	Koding	Nodes	Prosentase	Keterangan
A	Indikator Kegiatan industri penghasil emisi gas CO₂				
1	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor industri	T1.114, T2.2, T2.7, T3.6, T3.7, T3.10, T3.83, T4.132, T5.3, T5.17, T5.18, T5.19, T5.119, T5.120.	14	3.27	Terkonfirmasi
2	Jumlah industri	T1.35, T1.77, T2.2, T2.3, T3.87, T5.16, T5.31, T5.45	8	1.87	Terkonfirmasi
3	Jenis industri	T3.18, T3.19, T3.20, T3.25, T3.36, T3.38, T3.87, T3.93, T3.95, T4.10.	10	2.34	Terkonfirmasi
4	Jenis industri semen	T1.86, T1.87, T1.88, T3.44, T3.109.	5	1.17	Baru namun kondisi dilapangan menunjukkan bahwa industri semen sudah tidak memproduksi semen dan sekedar pengantongan.
5	Jenis industri pupuk	T2.2, T2.20, T3.44, T4.20,	4	0.93	Baru
6	Jenis industri logam	T1.40, T1.51, T1.59, T1.67, T1.78, T2.22, T3.113, T4.11, T4.14, T4.18, T4.19	11	2.57	Baru
7	Jenis industri kimia	T3.26, T3.27, T3.96, T3.113 T4.11, T4.15, T4.18, T4.19	8	1.87	Baru
8	Jenis industri kertas	T1.48, T1.67, T4.13,	3	0.70	Baru
9	Jenis industri kayu	T1.56, T1.59, T1.60, T1.62, T1.84,	5	1.17	Baru

No.	Faktor	Koding	Nodes	Prosentase	Keterangan
10	Kapasitas produksi	T3.49, T3.87, T3.97, T3.107, T3.108, T3.109, T3.110, T3.111, T3.114, T3.130, T4.16, T4.27, T4.28, T4.29, T4.30, T5.53,	16	3.74	Terkonfirmasi
11	Jumlah penggunaan BBM industri	T1.36, T1.54, T1.55, T2.25, T3.8, T3.9, T3.13, T3.14, T3.48, T3.78, T3.79, T3.87, T3.97, T3.104, T3.106, T3.129, T4.3, T4.4, T4.9, T4.17, T4.21, T4.23	22	5.14	Terkonfirmasi
12	Jumlah penggunaan gas industri	T1.38, T1.44, T1.80, T1.83, T2.22, T3.14, T4.7, T4.9, T4.23	9	2.10	Terkonfirmasi
13	Jumlah penggunaan listrik industri	T1.38, T1.64, T1.65, T1.68, T1.85, T2.25, T3.33, T3.87	8	1.87	Terkonfirmasi
14	Jumlah penggunaan batu bara industri	T1.38, T1.39, T1.41, T1.42, T1.46, T1.50, T1.51, T1.57, T1.85, T2.20, T2.21, T2.22, T2.24, T3.9, T3.14, T3.48, T4.9, T4.23	18	4.21	Baru
15	Jumlah penggunaan kayu bakar industri	T1.57, T1.58, T3.14, T4.6, T4.9, T4.23,	6	1.40	Baru
Total Pembahasan Indikator A			147	34.35	
B	Indikator Kegiatan Perumahan penghasil emisi gas CO₂				
1	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor perumahan	T1.114, T3.83, T4.132, T5.97, T5.118, T5.119, T5.120,	7	1.64	Terkonfirmasi
2	Jumlah unit rumah	T1.99	1	0.23	Tidak Terkonfirmasi
3	Jumlah rumah tangga	T3.231, T4.35, T4.37, T4.38, T4.43, T4.127, T4.129, T4.143, T4.146,	9	2.10	Baru

No.	Faktor	Koding	Nodes	Prosentase	Keterangan
4	Jumlah penggunaan LPG rumah tangga	T1.93, T1.100, T2.10, T2.31, T2.34, T3.52, T3.53, T3.55, T3.60, T3.77, T3.88, T3.120, T3.125, T4.36, T4.37, T4.41, T4.52, T4.144, T4.145, T5.98,	20	4.67	Terkonfirmasi
5	Jumlah penggunaan minyak tanah rumah tangga	T1.93, T1.94, T1.100, T2.11, T2.15, T2.16, T2.19, T2.30, T3.60, T3.77, T3.88, T3.120, T3.125, T4.35, T4.37, T4.38, T4.40, T4.41, T4.42, T4.52, T5.101,	22	5.14	Terkonfirmasi
6	Jumlah penggunaan kayu bakar rumah tangga	T3.88, T5.99, T5.100,	3	0.70	Tidak Terkonfirmasi
7	Jumlah pemakaian energi listrik rumah tangga	T1.97, T1.98, T1.100, T3.61, T3.78, T3.88, T4.33,	7	1.64	Terkonfirmasi
8	Septictank / limbah padat	T3.56, T3.58, T3.70, T3.71, T3.72, T3.74, T3.75, T3.76	8	1.87	Baru
9	Timbunan sampah	T3.67, T3.69, T3.70, T3.73, T3.74, T3.75, T3.76	7	1.64	Baru
10	Jumlah sampah rumah tangga yang dibakar	T3.68, T3.88, T3.89, T3.90, T4.44, T4.45, T4.47, T4.48, T4.49, T4.50, T4.56,	11	2.57	Baru
11	Jumlah penggunaan gas alam	T1.93, T1.96, T1.100, T2.31, T2.32, T3.127	6	1.40	Baru namun diabaikan karena hanya melayani sedikit wilayah perumahan dan memiliki faktor emisi yang kecil.
12	Pembakaran semak	T1.104, T1.105, T1.125, T2.58, T2.59, T2.60,	6	1.40	Baru namun diabaikan karena bersifat situasional / tidak dapat diperkirakan intensitasnya.
	Total Pembahasan Indikator B		107	25.00	

No.	Faktor	Koding	Nodes	Prosentase	Keterangan
C	Indikator Kegiatan Transportasi penghasil emisi gas CO₂				
1	Total produksi emisi gas CO ₂ sektor transportasi	T1.75, T2.12, T3.81, T3.82, T3.83, T4.59, T4.60, T5.136,	8	1.87	Terkonfirmasi
2	Jumlah kendaraan sepeda motor	T1.109, T1.111, T2.80, T3.91, T3.98, T3.100, T4.58, T4.73, T4.74, T5.128, T5.129, T5.130, T5.132, T5.133, T5.161,	15	3.50	Terkonfirmasi
3	Jumlah kendaraan Roda 4	T1.111, T2.80, T3.91, T4.58, T4.68, T4.73, T4.74, T5.137, T5.138, T5.161,	10	2.34	Terkonfirmasi
4	Jumlah kendaraan roda > 4	T1.74, T1.77, T1.78, T1.79, T1.110, T1.111, T1.112, T3.91, T3.92, T4.68, T4.73, T4.74	12	2.80	Terkonfirmasi
5	Pertumbuhan jumlah kendaraan	T2.35, T2.36	2	0.47	Terkonfirmasi
6	Jumlah penggunaan BBM kendaraan	T2.14, T2.86, T3.82, T3.103, T3.104, T3.106, T3.124, T3.128,	8	1.87	Terkonfirmasi
	Total Pembahasan Indikator C		55	12.85	
D	Indikator Pertumbuhan Penduduk				
1	Jumlah penduduk	T5.109, T5.110, T5.111, T5.112, T5.117, T5.122, T5.124, T5.130, T5.131, T5.134, T5.135.	11	2.57	Tidak Terkonfirmasi
2	Pertumbuhan penduduk	T1.92, T1.99, T2.62, T3.230, T3.231, T4.140, T4.147, T4.148.	8	1.87	Baru
3	Angka migrasi	T5.108.	1	0.23	Tidak Terkonfirmasi
4	Angka emigrasi	-	0	0.00	Tidak Terkonfirmasi

No.	Faktor	Koding	Nodes	Prosentase	Keterangan
5	Angka mortalitas	-	0	0.00	Tidak Terkonfirmasi
6	Angka kelahiran	T5.121	1	0.23	Tidak Terkonfirmasi
Total Pembahasan Indikator D			21	4.91	
E	Indikator Penggunaan Lahan				
1	Luas lahan sawah	-	0	0.00	Tidak Terkonfirmasi
2	Luas lahan tambak	-	0	0.00	Tidak Terkonfirmasi
3	Luas lahan ruang terbuka hijau (RTH)	T1.117, T1.119, T1.120, T1.129, T2.43, T2.54, T2.56, T2.57, T2.70, T3.177, T3.212, T3.214, T3.215, T3.217, T4.98, T4.114, T4.115, T4.118, T4.121, T4.122, T5.86, T5.87, T5.90, T5.91, T5.171, T5.173, T5.174.	27	6.31	Terkonfirmasi
4	Luas lahan terbangun	T1.113, T1.121, T2.40, T2.42, T2.46, T3.155, T3.231, T4.121, T4.122, T5.6, T5.9, T5.10, T5.21, T5.90, T5.112, T5.124.	16	3.74	Terkonfirmasi
5	Luas wilayah	T2.67, T3.212, T5.71, T5.77, T5.90,	5	1.17	Terkonfirmasi
6	Perubahan penggunaan lahan hijau menjadi lahan terbangun	T1.121, T2.40, T2.42, T2.46, T3.155, T5.77, T5.87,	7	1.64	Terkonfirmasi
Total Pembahasan Indikator E			55	12.85	
F	Indikator Serapan Emisi Gas CO₂				

No.	Faktor	Koding	Nodes	Prosentase	Keterangan
1	Jenis tutupan vegetasi	T1.123, T1.127, T3.144, T3.145, T3.159, T3.160, T3.161, T3.162, T3.163, T3.164, T3.165, T3.168, T3.171, T3.187, T4.112, T4.116, T4.117, T4.133, T4.134, T4.136, T5.175, T5.176,	22	5.14	Terkonfirmasi
2	Daya serap CO ₂ rata-rata ruang terbuka	T3.166, T3.169, T3.171,	3	0.70	Terkonfirmasi
Total Pembahasan Indikator F			25	5.84	
G	Indikator Kebijakan Pemerintah				
1	Kebijakan pemerintah mengurangi emisi gas CO ₂	T1.130, T2.48.	2	0.47	Terkonfirmasi
2	Pengawasan ketentuan RTH	T2.41, T2.45, T2.46, T2.49, T2.50, T2.51, T2.52, T2.53, T2.65, T2.71, T2.75, T2.78,	12	2.80	Baru
3	Kebijakan pembatasan kendaraan pribadi	T1.132, T2.80.	2	0.47	Terkonfirmasi
4	Konversi minyak tanah ke LPG	T1.95, T1.102.	2	0.47	Terkonfirmasi
Total Pembahasan Indikator G			18	4.21	
Total Pembahasan Keseluruhan			428	100.00	

Sumber : Hasil Analisa, 2014

LAMPIRAN H

HASIL REGRESI INDUSTRI

DESCRIPTIVES VARIABLES=Pertum_Kayu Pertum_Logam Pertum_Kimia Pertumb_Pupuk
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Descriptives

Notes

Input	Output Created	29-Dec-2014 05:05:26
	Comments	
	Data	D:\INDUSTRI FIX.sav
	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
Missing Value Handling	N of Rows in Working Data File	7
	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	All non-missing data are used.
	Syntax	DESCRIPTIVES VARIABLES=Pertum_Kayu Pertum_Logam Pertum_Kimia Pertumb_Pupuk /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
Resources	Processor Time	0:00:00.000
	Elapsed Time	0:00:00.329

[DataSet0] D:\INDUSTRI FIX.sav

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pertum_Kayu	7	3.57	14.08	6.8529	3.71799
Pertum_Logam	7	.00	21.74	10.2543	7.04595
Pertum_Kimia	7	.00	22.22	7.0771	7.99237
Pertumb_Pupuk	7	5.00	35.29	17.4343	11.08949
Valid N (listwise)	7				

1. Industri Kayu

REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Kayu
/METHOD=ENTER Jumlah_Kayu.

Regression

Notes	
Output Created	29-Dec-2014 05:06:38
Comments	
Input	
Data	D:\INDUSTRI FIX.sav
Active Dataset	DataSet0
Filter	<none>
Weight	<none>
Split File	<none>
N of Rows in Working Data File	8
Missing Value Handling	
Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Kayu /METHOD=ENTER Jumlah_Kayu.
Resources	
Processor Time	0:00:00.047
Elapsed Time	0:00:00.281
Memory Required	1580 bytes
Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

[DataSet0] D:\INDUSTRI FIX.sav

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah_Kayu ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Kapasitas_Kayu

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.993 ^a	.985	.983	16083.48824

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Kayu

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.024E11	1	1.024E11	395.697	.000 ^a
	Residual	1.552E9	6	2.587E8		
	Total	1.039E11	7			

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Kayu

b. Dependent Variable: Kapasitas_Kayu

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	200840.049	35281.689		5.692	.001
	Jumlah_Kayu	10474.903	526.585	.993	19.892	.000

a. Dependent Variable: Kapasitas_Kayu

Coefficients^a

Model		95.0% Confidence Interval for B	
		Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	114508.866	287171.232
	Jumlah_Kayu	9186.396	11763.410

a. Dependent Variable: Kapasitas_Kayu

2. Industri Logam

REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Logam
/METHOD=ENTER Jumlah_Logam.

Regression

Notes	
Output Created	29-Dec-2014 05:26:12
Comments	
Input	
Data	D:\INDUSTRI FIX.sav
Active Dataset	DataSet0
Filter	<none>
Weight	<none>
Split File	<none>
N of Rows in Working Data File	8
Missing Value Handling	
Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Logam /METHOD=ENTER Jumlah_Logam.
Resources	
Processor Time	0:00:00.000
Elapsed Time	0:00:00.000
Memory Required	1580 bytes
Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

[DataSet0] D:\INDUSTRI FIX.sav

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah_Logam ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Kapasitas_Logam

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah_Logam ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.928 ^a	.862	.838	2.85533E5

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Logam

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.043E12	1	3.043E12	37.328	.001 ^a
	Residual	4.892E11	6	8.153E10		
	Total	3.533E12	7			

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Logam

b. Dependent Variable: Kapasitas_Logam

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1367009.796	482155.577		2.835	.030
	Jumlah_Logam	84721.547	13866.730	.928	6.110	.001

a. Dependent Variable: Kapasitas_Logam

Coefficients ^a		
Model	95.0% Confidence Interval for B	
	Lower Bound	Upper Bound
1 (Constant)	187217.601	2546801.992
Jumlah_Logam	50790.882	118652.212

a. Dependent Variable: Kapasitas_Logam

3. Industri Kimia

REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Kimia
/METHOD=ENTER Jumlah_Kimia.

Regression

Notes		
Input	Output Created	29-Dec-2014 05:27:02
	Comments	
	Data	D:\INDUSTRI FIX.sav
	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
Missing Value Handling	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	8
	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
Resources	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
	Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Kimia /METHOD=ENTER Jumlah_Kimia.
	Processor Time	0:00:00.015
	Elapsed Time	0:00:00.015
	Memory Required	1580 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

[DataSet0] D:\INDUSTRI FIX.sav

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah_Kimia ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Kapasitas_Kimia

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.867 ^a	.752	.711	2.39136E5

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Kimia

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.041E12	1	1.041E12	18.202	.005 ^a
	Residual	3.431E11	6	5.719E10		
	Total	1.384E12	7			

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Kimia

b. Dependent Variable: Kapasitas_Kimia

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	129042.889	528236.797		.244	.815
	Jumlah_Kimia	102279.925	23973.643	.867	4.266	.005

a. Dependent Variable: Kapasitas_Kimia

Coefficients^a

Model		95.0% Confidence Interval for B	
		Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	-1163505.989	1421591.767
	Jumlah_Kimia	43618.533	160941.316

a. Dependent Variable: Kapasitas_Kimia

4. Industri Pupuk

REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Pupuk
/METHOD=ENTER Jumlah_Pupuk.

Regression

Notes			
Input	Output Created	29-Dec-2014 05:28:47	
	Comments		
	Data	D:\INDUSTRI FIX.sav	
	Active Dataset	DataSet0	
	Filter	<none>	
Missing Value Handling	Weight	<none>	
	Split File	<none>	
	N of Rows in Working Data File	8	
	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.	
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.	
Resources	Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Kapasitas_Pupuk /METHOD=ENTER Jumlah_Pupuk.	
	Processor Time	0:00:00.000	
	Elapsed Time	0:00:00.000	
	Memory Required	1580 bytes	
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes	

[DataSet0] D:\INDUSTRI FIX.sav

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah_Pupuk ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Kapasitas_Pupuk

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.965 ^a	.931	.920	1.19009E5

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Pupuk

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.149E12	1	1.149E12	81.135	.000 ^a
	Residual	8.498E10	6	1.416E10		
	Total	1.234E12	7			

a. Predictors: (Constant), Jumlah_Pupuk

b. Dependent Variable: Kapasitas_Pupuk

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1343083.834	132989.055		10.099	.000
	Jumlah_Pupuk	38684.652	4294.720	.965	9.007	.000

a. Dependent Variable: Kapasitas_Pupuk

Coefficients^a

Model		95.0% Confidence Interval for B	
		Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	1017671.339	1668496.329
	Jumlah_Pupuk	28175.850	49193.455

a. Dependent Variable: Kapasitas_Pupuk

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN I

FORMULASI MODEL

```

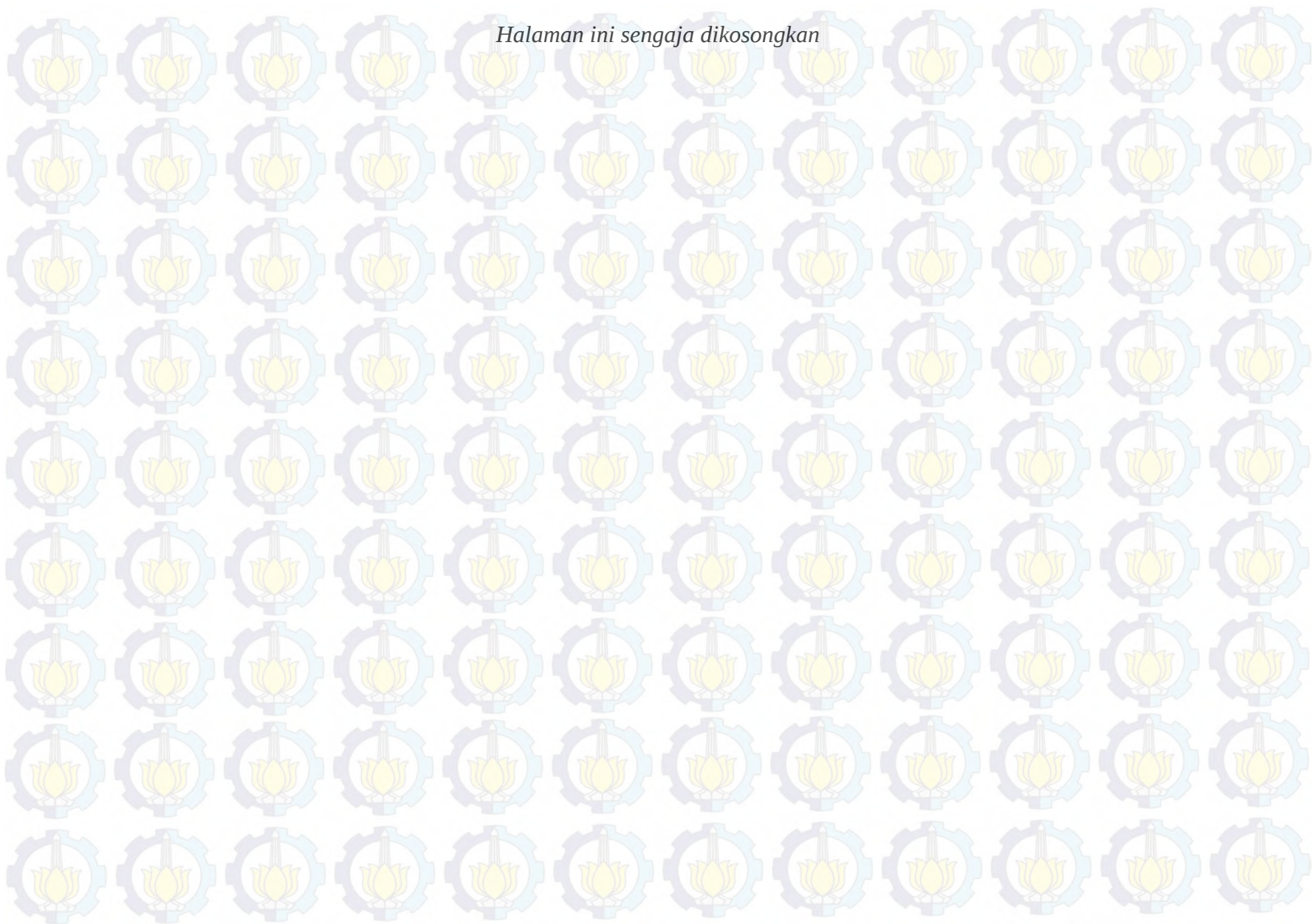
Jumlah_Industri_Kayu(t) = Jumlah_Industri_Kayu(t - dt) + (Penambahan_Industri_Kayu) * dt
INIT Jumlah_Industri_Kayu = 31
INFLOWS:
    <= Penambahan_Industri_Kayu = Jumlah_Industri_Kayu*Laju_Pertumbuhan_Industri_Kayu
Jumlah_Industri_Kimia(t) = Jumlah_Industri_Kimia(t - dt) + (Penambahan_Industri_Kimia) * dt
INIT Jumlah_Industri_Kimia = 25
INFLOWS:
    <= Penambahan_Industri_Kimia = Jumlah_Industri_Kimia*Laju_Pertumbuhan_Industri_Kimia
Jumlah_Industri_Logam(t) = Jumlah_Industri_Logam(t - dt) + (Penambahan_Industri_Logam) * dt
INIT Jumlah_Industri_Logam = 42
INFLOWS:
    <= Penambahan_Industri_Logam = Laju_Pertumbuhan_Industri_Logam*Jumlah_Industri_Logam
Jumlah_Industri_Pupuk(t) = Jumlah_Industri_Pupuk(t - dt) + (Penambahan_Industri_Pupuk) * dt
INIT Jumlah_Industri_Pupuk = 40
INFLOWS:
    <= Penambahan_Industri_Pupuk = Jumlah_Industri_Pupuk*Laju_Pertumbuhan_Industri_Pupuk
Jumlah_Pemakaian_Listrik_RT(t) = Jumlah_Pemakaian_Listrik_RT(t - dt) + (Penambahan_Pemakaian_Listrik_RT) * dt
INIT Jumlah_Pemakaian_Listrik_RT = 13049571
INFLOWS:
    <= Penambahan_Pemakaian_Listrik_RT = Laju_Pertumbuhan_Pemakaian_Listrik_RT*Jumlah_Pemakaian_Listrik_RT
Jumlah_Penduduk(t) = Jumlah_Penduduk(t - dt) + (Penambahan_Jumlah_Penduduk) * dt
INIT Jumlah_Penduduk = 355226
INFLOWS:
    <= Penambahan_Jumlah_Penduduk = Jumlah_Penduduk*Laju_Pertumbuhan_Penduduk
Jumlah_Roda_4(t) = Jumlah_Roda_4(t - dt) + (Penambahan_Roda_4) * dt
INIT Jumlah_Roda_4 = 17619
INFLOWS:
    <= Penambahan_Roda_4 = Jumlah_Roda_4*Laju_Pertumbuhan_Jumlah_Roda_4
Jumlah_Roda_4_Lebih(t) = Jumlah_Roda_4_Lebih(t - dt) + (Penambahan_Roda_4_Lebih) * dt
INIT Jumlah_Roda_4_Lebih = 3798
INFLOWS:
    <= Penambahan_Roda_4_Lebih = Jumlah_Roda_4_Lebih*Laju_Pertumbuhan_Jumlah_Roda_4_Lebih
Jumlah_Sepeda_Motor(t) = Jumlah_Sepeda_Motor(t - dt) + (Penambahan_Sepeda_Motor) * dt
INIT Jumlah_Sepeda_Motor = 168385
INFLOWS:
    <= Penambahan_Sepeda_Motor = Jumlah_Sepeda_Motor*Laju_Pertumbuhan_Jumlah_Sepeda_Motor
Luas_Lahan_Non_Terbangun(t) = Luas_Lahan_Non_Terbangun(t - dt) + (Penambahan_Luas_Lahan_Terbangun) * dt
INIT Luas_Lahan_Non_Terbangun = 18077.64
OUTFLOWS:
    <= Penambahan_Luas_Lahan_Terbangun = IF(time < 2008) THEN 0 ELSE (Luas_Lahan_Non_Terbangun*Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun)
Luas_Lahan_Terbangun(t) = Luas_Lahan_Terbangun(t - dt) + (Penambahan_Luas_Lahan_Terbangun) * dt
INIT Luas_Lahan_Terbangun = 3720.29
INFLOWS:
    <= Penambahan_Luas_Lahan_Terbangun = IF(time < 2008) THEN 0 ELSE (Luas_Lahan_Non_Terbangun*Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun)
Prosentase_RT_Pengguna LPG(t) = Prosentase_RT_Pengguna LPG(t - dt) + (Perubahan_RT_Pengguna Minyak Tanah ke LPG) * dt
INIT Prosentase_RT_Pengguna LPG = 0.78
INFLOWS:
    <= Perubahan_RT_Pengguna Minyak Tanah ke LPG = Prosentase_RT_Pengguna Minyak Tanah*Laju_Penambahan_RT_Pengguna Minyak Tanah ke LPG
  
```

```

Presentase_RT_Pengguna_Minyak_Tanah(t) = Presentase_RT_Pengguna_Minyak_Tanah(t - dt) + (Perubahan_RT_Pengguna_Minyak_Tanah_ke_LPG) * dt
INIT Presentase_RT_Pengguna_Minyak_Tanah = 0.22
OUTFLDWS:
    *Perubahan_RT_Pengguna_Minyak_Tanah_ke_LPG = Presentase_RT_Pengguna_Minyak_Tanah*Laju_Perubahan_RT_Pengguna_Minyak_Tanah_ke_LPG
Alokasi_Luas_Lahan_Terbangun_RTRW = 0.492*Luas_Wilayah
Biokapasitas = Equivalence_Factor_Lahan_Penyerpap_Karbon*Lahan_Biokapasitas*Yield_Factor_Lahan_Penyerpap_Karbon
Biokapasitas_Per_Kapita = Biokapasitas/Jumlah_Penduduk
Equivalence_Factor_Lahan_Penyerpap_Karbon = 1.28
Faktor_Emisi_Bensin = 88.3/1000
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Kayu = 1.09
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Kimia = 2.972
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Logam = 3.6
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Pupuk = 1.884
Faktor_Emisi_Gas_CO2_LPG = 63.1/1000000
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Minyak_Tanah = 71.9/1000000
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Pemakaian_Listrik = 0.725/1000
Faktor_Emisi_Gas_CO2_Pembakaran_Sampah = 12.01/1000
Faktor_emisi_Solar = 74.1/1000
Jumlah_Penggunaan_Bensin_Roda_4 = Tingkat_Penggunaan_Bensin_Roda_4*Jumlah_Roda_4_Pengguna_Bensin
Jumlah_Penggunaan_Bensin_Sepeda_Motor = Jumlah_Sepeda_Motor*Tingkat_Penggunaan_Bensin_Sepeda_Motor
Jumlah_Penggunaan_LPG_RT = Jumlah_RT_Pengguna_LPG*Rata_Rata_Penggunaan_LPG_Per_RT
Jumlah_Penggunaan_Minyak_Tanah_RT = Jumlah_RT_Pengguna_Minyak_Tanah*Rata_Rata_Penggunaan_Minyak_Tanah_Per_RT
Jumlah_Penggunaan_Solar_Roda_4 = Tingkat_Penggunaan_Solar_Roda_4*Jumlah_Roda_4_Pengguna_Solar
Jumlah_Penggunaan_Solar_Roda_4_Lebih = Jumlah_Roda_4_Lebih*Tingkat_Penggunaan_Solar_Roda_4_Lebih
Jumlah_Roda_4_Pengguna_Bensin = Jumlah_Roda_4*Presentase_Roda_4_Pengguna_Bensin
Jumlah_Roda_4_Pengguna_Solar = Jumlah_Roda_4*Presentase_Roda_4_Pengguna_Solar
Jumlah_RT_Pengguna_LPG = Presentase_RT_PenggunaLPG*Jumlah_Rumah_Tangga
Jumlah_RT_Pengguna_Minyak_Tanah = Presentase_RT_Pengguna_Minyak_Tanah*Jumlah_Rumah_Tangga
Jumlah_Rumah_Tangga = Jumlah_Penduduk/Rata_Rata_Anggota_Rumah_Tangga
Jumlah_Sampah_RT_yang_Dibakar = Jumlah_Timbulan_Sampah_RT*Presentase_Sampah_yang_Dibakar
Jumlah_Timbulan_Sampah_RT = Rata_Rata_Produksi_Sampah_RT*Jumlah_Rumah_Tangga
Kebijakan_Konversi_Energi = 1
Kebijakan_Pembatasan_Kendaraan_Pribadi = 1
Kemampuan_Penyerpapan_Emisi_Gas_CO2 = (Luas_Tutupan_Pohon*Rata_Rata_Serapan_Alati_Pohon)+(Rata_Rata_Serapan_Alati_Semak*Luas_Tutupan_Semak)
Lahan_Biokapasitas = Kemampuan_Penyerpapan_Emisi_Gas_CO2/Rata_Rata_Serapan_Alati_Pohon
Lahan_Talapak_Ekologis = Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2/Rata_Rata_Serapan_Alati_Pohon
Laju_Pertumbuhan_Industri_Kayu = IF Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun=0 THEN 0 ELSE (Random(0.0685,0.0372,0))
Laju_Pertumbuhan_Industri_Kimia = IF Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun=0 THEN 0 ELSE (Random(0.0707,0.0799,0))
Laju_Pertumbuhan_Industri_Logam = IF Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun=0 THEN 0 ELSE (Random(0.1025,0.0705,0))
Laju_Pertumbuhan_Industri_Pupuk = IF Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun=0 THEN 0 ELSE (Random(0.1743,0.1108,0))
Laju_Pertumbuhan_Jumlah_Roda_4 = IF (Kebijakan_Pembatasan_Kendaraan_Pribadi=1) THEN (CGROWTH(11)) ELSE (0.11+(0.00235*Kebijakan_Pembatasan_Kendaraan_Pribadi))
Laju_Pertumbuhan_Jumlah_Roda_4_Lebih = CGROWTH(11)
Laju_Pertumbuhan_Jumlah_Sepeda_Motor = IF (Kebijakan_Pembatasan_Kendaraan_Pribadi=1) THEN (CGROWTH(11.75)) ELSE (0.1175+(0.00235*Kebijakan_Pembatasan_Kendaraan_Pribadi))
Laju_Pertumbuhan_Pemakaian_Listrik_RT = RANDOM(0.09,0.066,1)
Laju_Pertumbuhan_Penduduk = 0.015
Laju_Perubahan_RT_Pengguna_Minyak_Tanah_ke_LPG = IF (Kebijakan_Konversi_Energi = 1) THEN 0 ELSE 0.5
Luas_RTH = Luas_Tutupan_Semak+Luas_Tutupan_Pohon
Luas_Tutupan_Pohon = Luas_Lahan_Non_Terbangun*Presentase_Luas_Tutupan_Pohon
Luas_Tutupan_Semak = Luas_Lahan_Non_Terbangun*Presentase_Luas_Tutupan_Semak

```

Luas_Wilayah = Luas_Lahan_Non_Terbangun + Luas_Lahan_Terbangun = 21797.93
 NCV_Bensin = $33 \times (10^{(-3)})$
 NCV_LPG = 47.3
 NCV_Minyak_Tanah = 45.8
 NCV_Solar = $36 \times (10^{(-3)})$
 Pengawasan_RTH = 1
 Perubahan_Lahan_Non_Terbangun_Menjadi_Terbangun = IF ((Luas_Lahan_Terbangun - Alokasi_Luas_Lahan_Terbangun_RTRW) OR TIME = 2027) THEN 0 ELSE 0.0320
 Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Kayu = Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Kayu * Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Kayu
 Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Kimia = Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Kimia * Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Kimia
 Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Logam = Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Logam * Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Logam
 Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Pupuk = Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Pupuk * Faktor_Emisi_Gas_CO2_Industri_Pupuk
 Produksi_Emisi_Gas_CO2_Pemakaian_Lisrik_RT = Jumlah_Pemakaian_Lisrik_RT * Faktor_Emisi_Gas_CO2_Pemakaian_Lisrik
 Produksi_Emisi_Gas_CO2_Pembakaran_Sampah = Faktor_Emisi_Gas_CO2_Pembakaran_Sampah * Jumlah_Sampah_RT_yang_Dibakar
 Produksi_Emisi_Gas_CO2_Penggunaan_Bensin = Total_Jumlah_Penggunaan_Bensin_Kendaraan * NCV_Bensin * Faktor_Emisi_Bensin
 Produksi_Emisi_Gas_CO2_Penggunaan_Minyak_Tanah_RT = Faktor_Emisi_Gas_CO2_Minyak_Tanah * Jumlah_Penggunaan_Minyak_Tanah_RT * NCV_Minyak_Tanah
 Produksi_Emisi_Gas_CO2_Penggunaan_Solar = Total_Jumlah_Penggunaan_Solar_Kendaraan * NCV_Solar * Faktor_emisi_Solar
 Produksi_Emisi_Gas_CO2_Penggunaan_LPG_RT = Faktor_Emisi_Gas_CO2_LPG * Jumlah_Penggunaan_LPG_RT * NCV_LPG
 Prosentase_Luas_Tutupan_Pohon = IF (Pengawasan_RTH = 1) THEN 0.037 ELSE (0.037 + (Pengawasan_RTH * 0.029))
 Prosentase_Luas_Tutupan_Semak = 0.309
 Prosentase_Roda_4_Pengguna_Bensin = 0.40
 Prosentase_Roda_4_Pengguna_Solar = 0.8
 Prosentase_Sampah_yang_Dibakar = IF Sistem_Pengangkutan_Sampah = 4 THEN 0 ELSE 0.0006
 Rasio = Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2 / Kemampuan_Penyerapan_Emisi_Gas_CO2
 Rata_Rata_Anggota_Rumah_Tangga = NORMAL(4 0.0146 1)
 Rata_Rata_Penggunaan_LPG_Per_RT = 190.41
 Rata_Rata_Penggunaan_Minyak_Tanah_Per_RT = 630
 Rata_Rata_Produksi_Sampah_RT = 1.09
 Rata_Rata_Serapan_Alami_Pohon = $457712 \times 12 / 1000$
 Rata_Rata_Serapan_Alami_Semak = $452187 \times 12 / 1000$
 Sistem_Pengangkutan_Sampah = 3
 Status_Ekologis = Telapak_Ekologis_Par_Kapita / Biokapasitas_Par_Kapita
 Telapak_Ekologis = Yield_Factor_Lahan_Penyerap_Karbon * Lahan_Telapak_Ekologis * Equivalence_Factor_Lahan_Penyerap_Karbon
 Telapak_Ekologis_Par_Kapita = Telapak_Ekologis / Jumlah_Penduduk
 Tingkat_Penggunaan_Bensin_Roda_4 = 2662.52
 Tingkat_Penggunaan_Bensin_Sepeda_Motor = 561.14
 Tingkat_Penggunaan_Solar_Roda_4 = 2662.52
 Tingkat_Penggunaan_Solar_Roda_4_Lebih = 3819.10
 Total_Jumlah_Penggunaan_Bensin_Kendaraan = Jumlah_Penggunaan_Bensin_Roda_4 * Jumlah_Penggunaan_Bensin_Sepeda_Motor
 Total_Jumlah_Penggunaan_Solar_Kendaraan = Jumlah_Penggunaan_Solar_Roda_4 * Jumlah_Penggunaan_Solar_Roda_4_Lebih
 Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Kayu = $(10474.903 \times \text{Jumlah_Industri_Kayu}) + 200840.049$
 Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Kimia = $(102278.925 \times \text{Jumlah_Industri_Kimia}) + 129042.889$
 Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Logam = $(\text{Jumlah_Industri_Logam} \times 84721.547) + 1367009.796$
 Total_Kapasitas_Produksi_Industri_Pupuk = $(\text{Jumlah_Industri_Pupuk} \times 38684.652) + (1343093.834)$
 Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2 = Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2_Sektor_Industri + Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2_sektor_perumahan + Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2_Sektor_Transportasi
 Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2_Sektor_Industri =
 Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Pupuk + Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Logam + Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Kimia + Produksi_Emisi_gas_CO2_Industri_Kayu
 Total_Produksi_Emisi_Gas_CO2_Sektor_Transportasi = Produksi_Emisi_Gas_CO2_Penggunaan_Bensin + Produksi_Emisi_Gas_CO2_Penggunaan_Solar



LAMPIRAN F
FAKTOR DAN SATUAN DALAM MODEL

No	Faktor	Satuan
A.	Sub Model Kependudukan	
1	Jumlah Penduduk	Jiwa
2	Jumlah Rumah Tangga	RT (Rumah Tangga)
3	Rata-Rata Anggota KK	Jiwa
4	Penambahan Jumlah Penduduk	Jiwa
5	Laju Pertambahan Penduduk	Konstanta Pertumbuhan
B.	Sub Model Kegiatan Perumahan	
1	Jumlah Timbulan Sampah Rumah Tangga	Ton/Tahun
2	Rata-Rata Produksi Sampah Rumah Tangga	Ton/Tahun/RT
3	Sistem Pengangkutan Sampah	Konstanta
4	Prosentase Sampah yang Dibakar	%
5	Jumlah Sampah Rumah Tangga Yang Dibakar	Ton/Tahun
6	Produksi Emisi Gas CO ₂ Pembakaran Sampah	Ton
7	Faktor Emisi Gas CO ₂ Pembakaran Sampah	(Ton CO ₂)/Ton Sampah
8	Prosentase Rumah Tangga Pengguna Minyak Tanah	%
9	Laju Perubahan Rumah Tangga Pengguna Minyak Tanah ke LPG	Konstanta Pertumbuhan
10	Prosentase Rumah Tangga Pengguna LPG	%
11	Perubahan Rumah Tangga Pengguna Minyak Tanah ke LPG	RT
12	Kebijakan Konversi Energi	Konstanta
13	Jumlah Rumah Tangga Pengguna Minyak Tanah	RT
14	Jumlah Rumah Tangga Pengguna LPG	RT
15	Jumlah Penggunaan Minyak Tanah Rumah Tangga	Liter
16	Jumlah Penggunaan LPG Rumah Tangga	Kg
17	Rata-Rata Penggunaan Minyak Tanah per Rumah Tangga	Liter/RT/Tahun
18	Rata-Rata Penggunaan LPG per Rumah Tangga	Kg/RT/tahun
19	Produksi Emisi Gas CO ₂ Penggunaan Minyak Tanah Rumah Tangga	Ton CO ₂

No	Faktor	Satuan
20	Produksi Emisi Gas CO ₂ Penggunaan LPG Rumah Tangga	Ton CO ₂
21	Faktor Emisi Gas CO ₂ LPG	Ton CO ₂ /MJ
22	Faktor Emisi Gas CO ₂ Minyak Tanah	Ton CO ₂ /MJ
23	NCV LPG	MJ/Kg
24	NCV Minyak Tanah	MJ/Liter
25	Total Produksi Emisi Gas CO ₂ Sektor Perumahan	Ton CO ₂
26	Jumlah Pemakaian Listrik Rumah Tangga	KwH
27	Laju Pertumbuhan Pemakaian Listrik Rumah Tangga	KwH
28	Penambahan Pemakaian Listrik Rumah Tangga	KwH
29	Faktor Emisi Gas CO ₂ Pemakaian Listrik	Ton CO ₂ /KwH
30	Produksi Emisi Gas CO ₂ Pemakaian Listrik Rumah Tangga	Ton CO ₂
C	Sub Model Penggunaan Lahan	
1	Luas Terbangun	Ha
2	Luas Non Terbangun	Ha
3	Luas Wilayah	Ha
4	Laju Pertumbuhan Lahan Terbangun	Ha
5	Perubahan Non Tebangun Menjadi Terbangun	Ha
6	Luas Pohon	Ha
7	Luas Semak	Ha
8	Luas RTH	Ha
9	Prosentase Luas Tutupan Pohon	%
10	Prosentase Luas Tutupan Semak	%
D	Sub Model Transportasi	
1	Jumlah Sepeda Motor	Unit
2	Jumlah Roda 4	Unit
3	Jumlah Roda 4 lebih	Unit
4	Penambahan Sepeda Motor	Unit
5	Laju Pertumbuhan Jumlah Sepeda Motor	Konstanta Pertumbuhan
6	Kebijakan Pembatasan Kendaraan Pribadi	Konstanta
7	Tingkat Penggunaan Bensin Sepeda Motor	Liter/unit/Tahun
8	Total Jumlah Penggunaan Bensin Sepeda Motor	Liter
9	Penambahan Roda 4	Unit
10	Laju Pertumbuhan Jumlah Roda 4	Konstanta Pertumbuhan

No	Faktor	Satuan
11	Jumlah Roda 4 Pengguna Bensin	Unit
12	Jumlah Roda 4 Pengguna Solar	Unit
13	Prosentase Roda 4 Pengguna Bensin	%
14	Prosentase Roda 4 Pengguna Solar	%
15	Jumlah Penggunaan Bensin Roda 4	Liter
16	Jumlah Penggunaan Solar Roda 4	Liter
17	Tingkat Penggunaan Bensin Roda 4	Liter/unit/Tahun
18	Tingkat Penggunaan Solar Roda 4	Liter/unit/Tahun
19	Laju Pertumbuhan roda 4 lebih	Konstanta Pertumbuhan
20	Penambahan Jumlah Roda 4 lebih	Unit
21	Tingkat Penggunaan Solar Roda 4 Lebih	Konstanta
22	Total Jumlah Penggunaan Solar Roda 4 Lebih	Liter
23	Total Jumlah Penggunaan Bensin Kendaraan	Liter
24	Total Jumlah Penggunaan Solar Kendaraan	Liter
25	NCV Bensin	MJ/Liter
26	NCV Solar	MJ/Liter
27	Faktor Emisi Gas CO ₂ Solar	Ton CO ₂ /MJ
28	Faktor Emisi Gas CO ₂ Bensin	Ton CO ₂ /MJ
29	Produksi Emisi Gas CO ₂ Penggunaan Bensin	Ton CO ₂
30	Produksi Emisi Gas CO ₂ Penggunaan Solar	Ton CO ₂
31	Total Produksi Emisi gas CO ₂ Sektor Transportasi	Ton CO ₂
G	Sub Model Kegiatan Industri	
1	Jumlah Industri Kimia	Unit
2	Laju Pertumbuhan Industri Kimia	Konstanta Pertumbuhan
3	Penambahan Industri Kimia	Unit
4	Total Kapasitas Produksi Industri Kimia	Ton
5	Produksi Emisi gas CO ₂ Industri Kimia	Ton CO ₂
6	Faktor Emisi Gas CO ₂ Industri Kimia	Ton CO ₂ /Ton Produk
7	Jumlah Industri Pupuk	Unit
8	Laju Pertumbuhan Industri Pupuk	Konstanta Pertumbuhan
9	Penambahan Industri Pupuk	Unit
10	Total Kapasitas Produksi Industri Pupuk	Ton
11	Produksi Emisi gas CO ₂ Industri Pupuk	Ton CO ₂
12	Faktor Emisi Gas CO ₂ Industri Pupuk	Ton CO ₂ /Ton Produk
13	Jumlah Industri Logam	Unit
14	Laju Pertumbuhan Industri Logam	Konstanta Pertumbuhan
15	Penambahan Industri Logam	Unit
16	Total Kapasitas Produksi Industri Logam	Ton

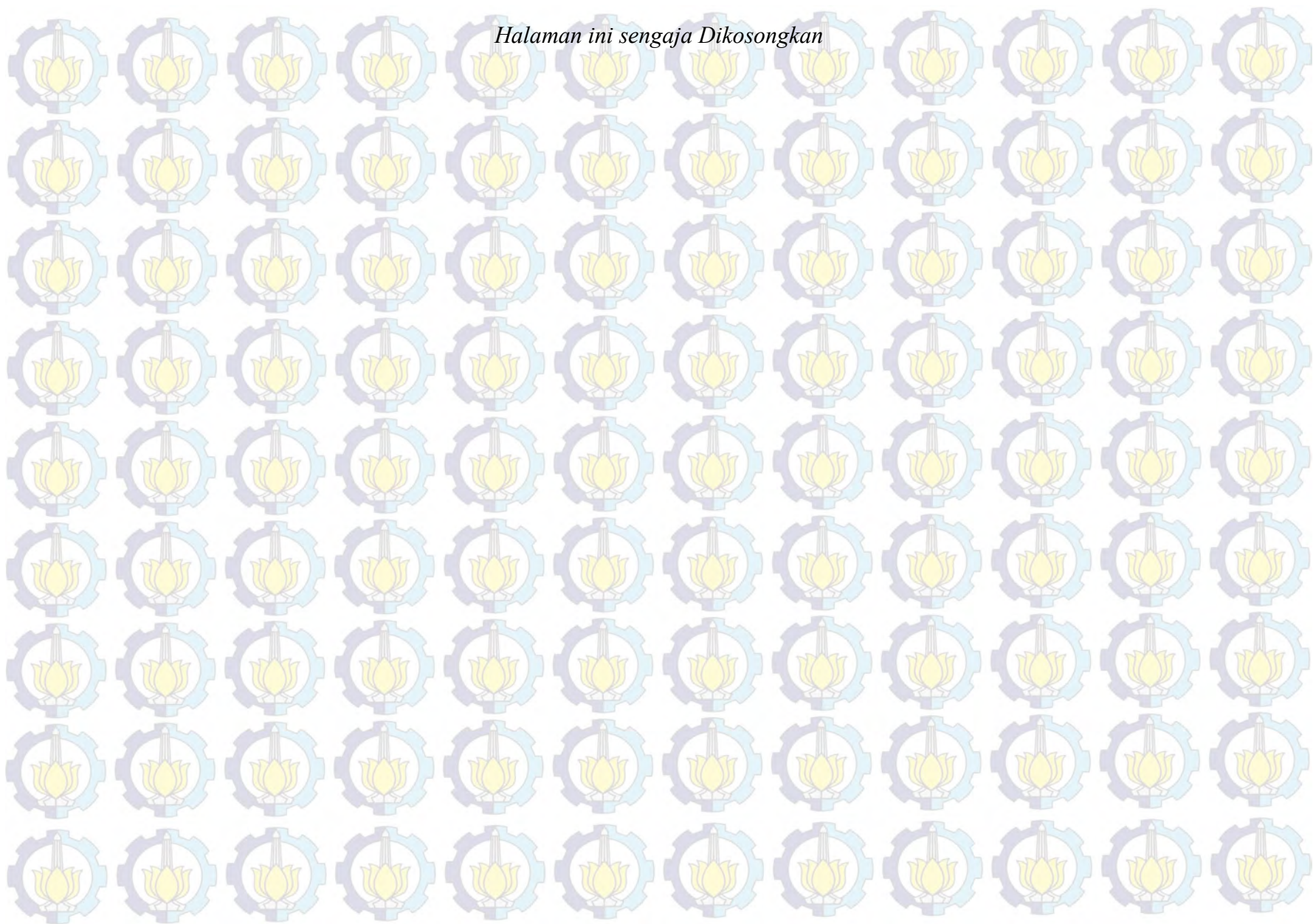
No	Faktor	Satuan
17	Produksi Emisi gas CO ₂ Industri Logam	Ton CO ₂
18	Faktor Emisi Gas CO ₂ Industri Logam	Ton CO ₂ /Ton Produk
19	Jumlah Industri Kayu	Unit
20	Laju Pertumbuhan Industri Kayu	Konstanta Pertumbuhan
21	Penambahan Industri Kayu	Unit
22	Total Kapasitas Produksi Industri Kayu	M ³
23	Produksi Emisi gas CO ₂ Industri Kayu	Ton CO ₂
24	Faktor Emisi Gas CO ₂ Industri Kayu	Ton CO ₂ / M ³ Produk
25	Total Produksi Emisi Gas CO ₂ Sektor Industri	Ton CO ₂
F	Sub Model Status Ekologi	
1	Total Produksi Emisi Gas CO ₂	Ton CO ₂
2	Lahan Telapak Ekologis	Ha
3	Lahan Biokapasitas	Ha
4	Kemampuan Penyerapan Emisi Gas CO ₂	Ton CO ₂
5	Rata-Rata Serapan Alami Semak	Ton CO ₂ /Ha
6	Rata-Rata Serapan Alami Pohon	Ton CO ₂ /Ha
7	Telapak Ekologis	Global Ha
8	<i>Yield Factor</i> Lahan Penyerapan Karbon	Konstanta
9	<i>Equivalence Factor</i> Lahan Penyerapan Karbon	Global Ha/Ha
10	Telapak Ekologis Per Kapita	Global Ha/Jiwa
11	Status Ekologis	Konstanta
12	Biokapasitas Per Kapita	Global Ha/Jiwa
13	Biokapasitas	Global Ha
14	Rasio	-

Sumber : Penulis, 2014

LAMPIRAN K
PERHITUNGAN RASIO HUBUNGAN FAKTOR JUMLAH RT DAN KEGIATAN PERUMAHAN

Tahun	Produksi Emisi Gas CO2 Dari					Penambahan Per Tahun Produksi Emisi Gas CO2				
	RT	Listrik	LPG	Minyak Tanah	Sampah yang Dibakar	RT	Listrik	LPG	Minyak Tanah	Sampah yang Dibakar
2012	83.901,76	13.049.571,00	11.806.639,06	11.628.784,11	5,49					
2013	89.567,25	14.224.029,94	12.603.885,03	12.414.020,38	5,86	5.665,49	1.174.458,94	797.245,97	785.236,27	0,37
2014	92.510,50	15.459.288,69	13.018.058,80	12.821.955,05	6,05	2.943,25	1.235.258,75	414.173,77	407.934,67	0,19
2015	92.226,86	16.570.277,78	12.978.145,48	12.782.642,98	6,03	-283,64	1.110.989,09	-39.913,32	-39.312,07	-0,02
2016	103.181,05	17.879.203,74	14.519.616,98	14.300.893,78	6,75	10.954,19	1.308.925,96	1.541.471,50	1.518.250,80	0,72
2017	98.047,87	19.259.721,18	13.797.276,75	13.589.434,88	6,41	-5.133,18	1.380.517,44	-722.340,23	-711.458,90	-0,34
2018	97.715,65	20.891.885,85	13.750.526,34	13.543.388,71	6,39	-332,22	1.632.164,67	-46.750,41	-46.046,17	-0,02
2019	101.392,01	22.748.567,16	14.267.864,01	14.052.933,21	6,63	3.676,36	1.856.681,31	517.337,67	509.544,50	0,24
2020	99.511,92	24.425.301,42	14.003.298,17	13.792.352,79	6,51	-1.880,09	1.676.734,26	-264.565,84	-260.580,42	-0,12
2021	97.265,60	26.225.370,08	13.687.195,46	13.481.011,84	6,36	-2.246,32	1.800.068,66	-316.102,71	-311.340,95	-0,15
2022	105.734,05	27.997.349,37	14.878.873,77	14.654.738,74	6,92	8.468,45	1.771.979,29	1.191.678,31	1.173.726,90	0,56
2023	107.360,52	30.259.421,82	15.107.751,36	14.880.168,52	7,02	1.626,47	2.262.072,45	228.877,59	225.429,78	0,10
2024	105.126,63	32.605.556,04	14.793.398,52	14.570.551,09	6,88	-2.233,89	2.346.134,22	-314.352,84	-309.617,43	-0,14
2025	103.298,77	34.889.797,99	14.536.182,80	14.317.210,06	6,76	-1.827,86	2.284.241,95	-257.215,72	-253.341,03	-0,12
2026	106.734,74	38.000.930,68	15.019.690,80	14.793.434,51	6,98	3.435,97	3.111.132,69	483.508,00	476.224,45	0,22
2027	107.770,26	41.372.256,23	15.165.408,89	14.936.957,50	7,05	1.035,52	3.371.325,55	145.718,09	143.522,99	0,07
2028	111.840,56	44.569.801,88	15.738.181,66	15.501.102,04	7,31	4.070,30	3.197.545,65	572.772,77	564.144,54	0,26
2029	113.168,43	47.863.172,17	15.925.038,58	15.685.144,14	7,40	1.327,87	3.293.370,29	186.856,92	184.042,10	0,09
2030	123.630,77	52.162.014,64	17.397.297,16	17.135.224,66	8,09	10.462,34	4.298.842,47	1.472.258,58	1.450.080,52	0,69
2031	111.429,45	56.376.602,37	15.680.329,59	15.444.121,45	7,29	-12.201,32	4.214.587,73	-1.716.967,57	-1.691.103,21	-0,80
Final	123.776,35	61.360.056,46	17.417.783,69	17.155.402,58	8,09	12.346,90	4.983.454,09	1.737.454,10	1.711.281,13	0,80
						1.993,73	2.415.524,27	280.557,23	276.330,92	0,13
					Rasio Terhadap Rumah Tangga		1.211,56	140,72	138,60	0,0001

Sumber : Hasil Analisa, 2014



Halaman ini sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN RASIO HUBUNGAN FAKTOR JUMLAH INDUSTRI DAN
KENDARAAN RODA 4 LEBIH

Tahun	Jumlah Industri Per Jenis				Total industri	Jumlah Roda 4 Lebih	Pertambahan Jumlah	
	Kayu	Kimia	Logam	Pupuk			Jumlah Industri	Kendaraan Roda 4 Lebih
2012	81	26	42	40	189	8.796,00		
2013	86,55	27,84	46,3	46,97	207,66	9.763,56	18,66	967,56
2014	92,12	29,84	50,86	54,77	227,59	10.837,55	19,93	1073,99
2015	96,25	32,16	54,84	61,68	244,93	12.029,68	17,34	1192,13
2016	101,46	34,57	59,66	70,64	266,33	13.352,95	21,4	1323,27
2017	106,72	37,18	64,75	80,56	289,21	14.821,77	22,88	1468,82
2018	113,3	39,88	70,94	93,48	317,6	16.452,17	28,39	1630,4
2019	120,9	42,72	78,1	109,5	351,22	18.261,90	33,62	1809,73
2020	126,61	46,01	84,41	123,87	380,9	20.270,71	29,68	2008,81
2021	132,59	49,55	91,23	140,11	413,48	22.500,49	32,58	2229,78
2022	137,79	53,48	97,85	156,22	445,34	24.975,55	31,86	2475,06
2023	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	27.722,86	44,01	2747,31
2024	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	30.772,37	0	3049,51
2025	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	34.157,33	0	3384,96
2026	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	37.914,64	0	3757,31
2027	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	42.085,25	0	4170,61
2028	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	46.714,63	0	4629,38
2029	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	51.853,24	0	5138,61
2030	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	57.557,09	0	5703,85
2031	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	63.888,37	0	6331,28
Final	145,58	57,45	106,68	179,64	489,35	70.916,09	0	7027,72
Rata-rata penambahan per tahun							27,30	1720,62
rasio terhadap Jumlah industri								63,01601465

Sumber: Hasil Analisa, 2015

LAMPIRAN M
PERHITUNGAN RASIO HUBUNGAN FAKTOR JUMLAH INDUSTRI KAYU DAN
TOTAL KAPASITAS PRODUKSINYA

1. Industri Kayu

Tahun	Jumlah Industri Kayu	Kapasitas Produksi	Penambahan per tahun	
			Jumlah Industri	KapasitasProduksi
2012	81	1.049.307,19		
2013	86,55	1.107.426,98	5,55	58.119,79
2014	92,12	1.165.795,65	5,57	58.368,67
2015	96,25	1.209.073,48	4,13	43.277,83
2016	101,46	1.263.663,52	5,21	54.590,04
2017	106,72	1.318.743,69	5,26	55.080,17
2018	113,3	1.387.658,63	6,58	68.914,94
2019	120,9	1.467.208,11	7,6	79.549,48
2020	126,61	1.527.045,95	5,71	59.837,84
2021	132,59	1.589.693,29	5,98	62.647,34
2022	137,79	1.644.197,61	5,2	54.504,32
2023	145,58	1.725.742,09	7,79	81.544,48
2024	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2025	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2026	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2027	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2028	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2029	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2030	145,58	1.725.742,09	0	0,00
2031	145,58	1.725.742,09	0	0,00
Final	145,58	1.725.742,09	0	0,00
		Rata-rata penambahan per tahun	5,870909	61494,08182
		rasio terhadap Jumlah industri		10.474,37

Sumber : Hasil Analisa 2015

2. Industri Kimia

Tahun	Jumlah Industri Kimia	Kapasitas Produksi	Penambahan Per Tahun	
			Jumlah Industri	Kapasitas Produksi
2012	26	2.788.320,94		
2013	27,84	2.976.332,09	1,84	188.011,15
2014	29,84	3.181.081,08	2	204.748,99
2015	32,16	3.418.076,63	2,32	236.995,55
2016	34,57	3.664.489,66	2,41	246.413,03
2017	37,18	3.931.774,59	2,61	267.284,93
2018	39,88	4.208.288,04	2,7	276.513,45

Tahun	Jumlah Industri Kimia	Kapasitas Produksi	Penambahan Per Tahun	
2019	42,72	4.498.456,21	2,84	290.168,17
2020	46,01	4.834.663,15	3,29	336.206,94
2021	49,55	5.196.758,40	3,54	362.095,25
2022	53,48	5.598.624,06	3,93	401.865,66
2023	57,45	6.004.621,33	3,97	405.997,27
2024	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2025	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2026	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2027	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2028	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2029	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2030	57,45	6.004.621,33	0	0,00
2031	57,45	6.004.621,33	0	0,00
Final	57,45	6.004.621,33	0	0,00
		Rata-rata penambahan per tahun	2,859091	292390,9445
			rasio terhadap Jumlah industri	102.267,10

Sumber : Hasil Analisa 2015

3. Industri Logam

Tahun	Jumlah Industri	Kapasitas Produksi	Penambahan per tahun	
			Jumlah Industri	Kapasitas Produksi
2012	42	4.925.314,77		
2013	46,3	5.290.040,14	4,3	364725,37
2014	50,86	5.675.637,89	4,56	385597,75
2015	54,84	6.013.092,36	3,98	337454,47
2016	59,66	6.421.126,18	4,82	408033,82
2017	64,75	6.853.007,74	5,09	431881,56
2018	70,94	7.376.883,82	6,19	523876,08
2019	78,1	7.983.848,48	7,16	606964,66
2020	84,41	8.518.332,42	6,31	534483,94
2021	91,23	9.095.891,22	6,82	577558,8
2022	97,85	9.656.929,39	6,62	561038,17
2023	106,68	10.404.911,70	8,83	747982,31
2024	106,68	10.404.911,70	0	0
2025	106,68	10.404.911,70	0	0
2026	106,68	10.404.911,70	0	0
2027	106,68	10.404.911,70	0	0
2028	106,68	10.404.911,70	0	0

Tahun	Jumlah Industri	Kapasitas Produksi	Penambahan per tahun	
2029	106,68	10.404.911,70	0	0
2030	106,68	10.404.911,70	0	0
2031	106,68	10.404.911,70	0	0
Final	106,68	10.404.911,70	0	0
		Rata-rata penambahan per tahun	5,88	498145,1755
		rasio terhadap Jumlah industri		84718,56725

Sumber : Hasil Analisa 2015

4. Industri Pupuk

Tahun	Jumlah Industri	Kapasitas Produksi	Penambahan Per Tahun	
			Jumlah Industri	Kapasitas Produksi
2012	40	2.890.469,91		
2013	46,97	3.160.178,54	6,97	269.708,63
2014	54,77	3.461.720,59	7,8	301.542,05
2015	61,68	3.729.344,80	6,91	267.624,21
2016	70,64	4.075.771,94	8,96	346.427,14
2017	80,56	4.459.630,68	9,92	383.858,74
2018	93,48	4.959.512,61	12,92	499.881,93
2019	109,5	5.579.052,67	16,02	619.540,06
2020	123,87	6.134.778,27	14,37	555.725,60
2021	140,11	6.763.279,33	16,24	628.501,06
2022	156,22	7.386.314,55	16,11	623.035,22
2023	179,64	8.292.482,60	23,42	906.168,05
2024	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2025	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2026	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2027	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2028	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2029	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2030	179,64	8.292.482,60	0	0,00
2031	179,64	8.292.482,60	0	0,00
Final	179,64	8.292.482,60	0	0,00
		Rata-rata penambahan per tahun	12,69455	491092,0627
		rasio terhadap Jumlah industri		38.685,28

Sumber : Hasil Analisa 2015

LAMPIRAN N
PERHITUNGAN RASIO HUBUNGAN FAKTOR X DAN Y
(KEGIATAN PENGGUNAAN LAHAN)

1. Lahan Non Terbangun

Tahun	Luas Non Terbangun	Kemampuan Penyerapan Emisi Gas CO ₂	Penurunan luas Non Terbangun	Penurunan Kemampuan Penyerapan Emisi Gas CO ₂
2012	18.077,64	678.499,12		
2013	17.499,16	656.787,15	-578,48	-21.711,97
2014	16.939,18	635.769,96	-559,98	-21.017,19
2015	16.397,13	615.425,32	-542,05	-20.344,64
2016	15.872,42	595.731,71	-524,71	-19.693,61
2017	15.364,50	576.668,30	-507,92	-19.063,41
2018	14.872,84	558.214,91	-491,66	-18.453,39
2019	14.396,91	540.352,04	-475,93	-17.862,87
2020	13.936,21	523.060,77	-460,70	-17.291,27
2021	13.490,25	506.322,83	-445,96	-16.737,94
2022	13.058,56	490.120,50	-431,69	-16.202,33
2023	12.640,69	474.436,64	-417,87	-15.683,86
2024	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2025	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2026	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2027	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2028	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2029	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2030	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
2031	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
Final	12.640,69	474.436,64	0,00	0,00
		Rata-rata penurunan per tahun	-494,27	-18.551,13
		rasio terhadap luas lahan non terbangun		37,53

Sumber: Hasil Analisa 2015

2. Lahan Terbangun

Tahun	Luas Terbangun	Total Produksi Emisi Gas CO ₂	Peningkatan Luas Terbangun	Peningkatan Produksi Emisi Gas CO ₂
2012	3.720,29	34.074.384,17		
2013	4.298,77	36.641.807,10	578,48	2.567.422,93
2014	4.858,75	39.401.424,31	559,98	2.759.617,21
2015	5.400,80	41.996.495,48	542,05	2.595.071,17
2016	5.925,51	45.064.742,78	524,71	3.068.247,30
2017	6.433,43	48.350.125,29	507,92	3.285.382,51
2018	6.925,09	52.258.444,59	491,66	3.908.319,30
2019	7.401,02	56.772.582,17	475,93	4.514.137,58
2020	7.861,72	61.011.406,08	460,70	4.238.823,91
2021	8.307,68	65.641.815,58	445,96	4.630.409,50
2022	8.739,37	70.329.896,38	431,69	4.688.080,80
2023	9.157,24	76.311.702,63	417,87	5.981.806,25
2024	9.157,24	76.460.427,60	0,00	148.724,97
2025	9.157,24	76.626.415,77	0,00	165.988,17
2026	9.157,24	76.816.405,56	0,00	189.989,79
2027	9.157,24	77.025.575,93	0,00	209.170,37
2028	9.157,24	77.260.667,38	0,00	235.091,45
2029	9.157,24	77.519.601,20	0,00	258.933,82
2030	9.157,24	77.816.188,38	0,00	296.587,18
2031	9.157,24	78.125.723,72	0,00	309.535,34
Final	9.157,24	78.492.960,05	0,00	367.236,33
		Rata-rata penambahan per tahun	494,27	3.839.756,22
		rasio terhadap luas lahan terbangun		7.768,57

Sumber: Hasil Analisa 2015

LAMPIRAN O
PERHITUNGAN RASIO HUBUNGAN FAKTOR KOMPONEN TOTAL PRODUKSI EMISI GAS CO₂

Tahun	Total Produksi Emisi Gas CO ₂			Penambahan Per Tahun Produksi Emisi Gas CO ₂		
	Industri	Transport	Perumahan	Industri	Transport	Perumahan
2012	33.592.476,11	400.587,01	81.321,05			
2013	36.108.683,27	446.098,92	87.024,91	2.516.207,16	45.511,91	5.703,86
2014	38.814.195,80	496.787,20	90.441,30	2.705.512,53	50.688,28	3.416,39
2015	41.352.250,40	553.241,25	91.003,84	2.538.054,60	56.454,05	562,54
2016	44.347.290,32	616.117,61	101.334,85	2.995.039,92	62.876,36	10.331,01
2017	47.566.038,33	686.147,70	97.939,26	3.218.748,01	70.030,09	-3.395,59
2018	51.395.460,24	764.146,31	98.838,04	3.829.421,91	77.998,61	898,78
2019	55.818.228,16	851.021,15	103.332,86	4.422.767,92	86.874,84	4.494,82
2020	59.960.684,42	947.783,43	102.938,24	4.142.456,26	96.762,28	-394,62
2021	64.483.936,55	1.055.559,67	102.319,36	4.523.252,13	107.776,24	-618,88
2022	69.043.434,38	1.175.604,92	110.857,09	4.559.497,83	120.045,25	8.537,73
2023	74.888.495,15	1.309.317,34	113.890,14	5.845.060,77	133.712,42	3.033,05
2024	74.888.495,15	1.458.254,65	113.677,80	0,00	148.937,31	-212,34
2025	74.888.495,15	1.624.152,27	113.768,36	0,00	165.897,62	90,56
2026	74.888.495,15	1.808.943,65	118.966,76	0,00	184.791,38	5.198,40
2027	74.888.495,15	2.014.782,91	122.297,87	0,00	205.839,26	3.331,11
2028	74.888.495,15	2.244.070,00	128.102,22	0,00	229.287,09	5.804,35
2029	74.888.495,15	2.499.478,84	131.627,21	0,00	255.408,84	3.524,99
2030	74.888.495,15	2.783.988,58	143.704,64	0,00	284.509,74	12.077,43
2031	74.888.495,15	3.100.918,53	136.310,04	0,00	316.929,95	-7.394,60
Final	74.888.495,15	3.453.966,98	150.497,91	0,00	353.048,45	14.187,87
		Rata-rata penambahan per tahun		3.754.183,55	82.611,85	2.960,83
		rasio terhadap produksi emisi gas CO ₂ sektor perumahan		1.267,95	27,90	1,00

Sumber : Hasil Analisa, 2015

PERHITUNGAN RASIO HUBUNGAN FAKTOR KOMPONEN STATUS EKOLOGIS

Tahun	Jumlah Per Tahun		Penambahan Per Tahun		Jumlah Per Tahun		Penambahan Per Tahun	
	Telapak Ekologis	Total Produksi Emisi Gas CO2	Telapak Ekologis	Total Produksi Emisi Gas CO2	Biokapasitas	Kemampuan Penyerapan Emisi Gas CO2	Biokapasitas	Kemampuan Penyerapan Emisi Gas CO2
2012	76.496,01	34.074.384,17			1.523,21	678.499,12		
2013	82.259,80	36.641.807,10	5.763,79	2.567.422,93	1.474,47	656.787,15	-48,74	-21.711,97
2014	88.455,07	39.401.424,31	6.195,27	2.759.617,21	1.427,29	635.769,96	-47,18	-21.017,19
2015	94.280,93	41.996.495,48	5.825,86	2.595.071,17	1.381,61	615.425,32	-45,68	-20.344,64
2016	101.169,05	45.064.742,78	6.888,12	3.068.247,30	1.337,40	595.731,71	-44,21	-19.693,61
2017	108.544,64	48.350.125,29	7.375,59	3.285.382,51	1.294,60	576.668,30	-42,80	-19.063,41
2018	117.318,71	52.258.444,59	8.774,07	3.908.319,30	1.253,18	558.214,91	-41,42	-18.453,39
2019	127.452,82	56.772.582,17	10.134,11	4.514.137,58	1.213,07	540.352,04	-40,11	-17.862,87
2020	136.968,85	61.011.406,08	9.516,03	4.238.823,91	1.174,26	523.060,77	-38,81	-17.291,27
2021	147.363,99	65.641.815,58	10.395,14	4.630.409,50	1.136,68	506.322,83	-37,58	-16.737,94
2022	157.888,60	70.329.896,38	10.524,61	4.688.080,80	1.100,31	490.120,50	-36,37	-16.202,33
2023	171.317,58	76.311.702,63	13.428,98	5.981.806,25	1.065,10	474.436,64	-35,21	-15.683,86
2024	171.651,46	76.460.427,60	333,88	148.724,97	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2025	172.024,10	76.626.415,77	372,64	165.988,17	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2026	172.450,62	76.816.405,56	426,52	189.989,79	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2027	172.920,20	77.025.575,93	469,58	209.170,37	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2028	173.447,98	77.260.667,38	527,78	235.091,45	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2029	174.029,28	77.519.601,20	581,30	258.933,82	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2030	174.695,11	77.816.188,38	665,83	296.587,18	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
2031	175.390,00	78.125.723,72	694,89	309.535,34	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
Final	176.214,44	78.492.960,05	824,44	367.236,33	1.065,10	474.436,64	0,00	0,00
Rata-rata penambahan per tahun			4.985,92	2.220.928,79			-41,65	-18.551,13
rasio terhadap total produksi emisi gas CO2			0,002					0,002

Sumber : Hasil Analisa, 2015

BIODATA PENULIS



Achmad Ghazali, dilahirkan di Kota Surabaya, 13 Mei 1991, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh antara lain Madrasah Ibtida'iyah Sukowati Bungah-Gresik, SMPN 5 Surabaya, SMAN 6 Surabaya, S1 Perencanaan Wilayah dan Kota dan terakhir terdaftar sebagai mahasiswa Program Magister Jurusan Arsitektur, Bidang keahlian Manajemen Pembangunan Kota ITS melalui jalur *fast Track* pada tahun 2012. Selama masa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan intra dan extra kampus. Penulis juga pernah menjadi asisten laboratorium wilayah Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota. Penulis menfokuskan keahlian pada bidang lingkungan perkotaan dan sistem informasi geografis.

Penulis dapat dihubungi pada alamat e-mail : ghost.urplan@gmail.com