



TESIS - RE142541

**PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK
ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA
DARI SEKTOR PERMUKIMAN DAN PERSAMPAHAN
DI KABUPATEN MALANG**

**SITI RAHMATIA PRATIWI
3313201024**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
Dr.Ir. Rachmat Boedisantoso, MT**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESIS - RE142541

**DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION
FACTORS FOR ESTIMATING AND MAPPING
CARBON FOOTPRINT FROM RESIDENTIALS AND
SOLID WASTE SECTORS IN MALANG DISTRICT**

SITI RAHMATIA PRATIWI
3313201024

SUPERVISOR
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT

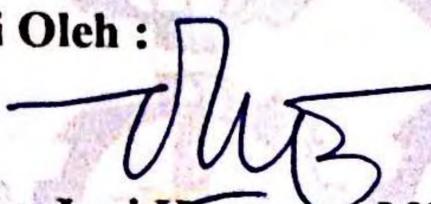
MASTER PROGRAM
ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :
Siti Rahmatia Pratiwi
Nrp. 3313 201 024

Tanggal Ujian : 8 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui Oleh :



1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD
NIP: 196006181988031002

(Pembimbing I)

2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
NIP: 196601161997031001

(Pembimbing II)

3. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD
NIP: 196003081989031001

(Penguji)

4. Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD
NIP: 198208042005011001

(Penguji)

5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM
NIP: 198201192005011001

(Penguji)

Direktor Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP: 196404051990021001

PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA DARI SEKTOR PERMUKIMAN DAN PERSAMPAHAN DI KABUPATEN MALANG

Nama : Siti Rahmatia Pratiwi
NRP : 3313.201.024
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP- ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES. Ph.D
Co. Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT

Abstrak

Inventarisasi emisi pada umumnya dilakukan dengan metode perhitungan melalui pendekatan nilai Faktor Emisi (FE) *default* dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) namun, kesesuaian antara hasil estimasi emisi melalui metode dan nilai FE *default* IPCC dengan beban emisi eksisting yang ada di wilayah penelitian belum dapat dipastikan ketepatannya. Hal ini disebabkan karena nilai FE dalam *IPCC Guidelines* (2006) bersifat sangat umum sedangkan, aktivitas dari setiap sektor di wilayah yang akan diinventarisasi memiliki karakteristik dan sifat data yang berbeda-beda. Untuk itu, diperlukan pengembangan metode yang lebih sederhana estimasi emisi dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES).

Metode yang digunakan untuk memperoleh FES menggunakan persamaan dalam *IPCC Guidelines* (2006) dengan Tier 1. Setelah diperoleh nilai FES dilakukan estimasi emisi menggunakan nilai FES dengan tingkat ketelitian Tier 2. Hasil dari estimasi tapak karbon menggunakan FES selanjutnya dipetakan sehingga mampu menggambarkan penyebaran emisi karbon pada sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur.

Hasil perhitungan menunjukkan sektor permukiman memiliki 2 nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) yakni FES Perkotaan sebesar 0,412 (ton CO₂ /RT perkotaan.tahun) dan FES Pedesaan sebesar 1,755 (ton CO₂ /RT pedesaan.tahun) sedangkan sektor persampahan diperoleh nilai FES yang pertama sebesar 0,306 ton CO₂/penduduk terlayani.tahun, FES kedua sebesar 0,0018 ton CO₂ /penduduk *open burning*.tahun, dan yang ketiga sebesar 0,0193 ton CO₂ /jiwa.tahun. Diperoleh total emisi dari sektor permukiman sebesar 754.686,620 ton CO₂/tahun dan dari sektor persampahan 46.300,367 ton CO₂/tahun dengan total emisi yang dihasilkan Kabupaten Malang sebesar 800.986,986 ton CO₂/tahun. Besarnya emisi dari tiap sektor dipengaruhi oleh jumlah populasi dari setiap sektor kegiatan yang menghasilkan emisi. Hasil pemetaan menunjukkan Kecamatan Singosari, Dampit, dan Sumbermanjing tergolong wilayah dengan tingkat emisi tertinggi sedangkan tingkat emisi terendah berada pada Kecamatan Sumberpucung.

Kata Kunci: *Emisi Karbon, Faktor Emisi, Inventarisasi Emisi, IPCC, Kabupaten Malang*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION FACTORS FOR ESTIMATING AND MAPPING CARBON FOOTPRINT FROM RESIDENTIALS AND SOLID WASTE SECTORS IN MALANG DISTRICT

Student : Siti Rahmatia Pratiwi
Student number : 3313.201.024
Department : Environmental Engineering FTSP - ITS
Supervisor : 1. Prof.Ir. Joni Hermana, MSc.ES.,PhD
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT

Abstract

Emissions inventory is generally performed by the method of calculation with default Emission Factor (FE) in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines (2006), however, suitability of the emissions estimation results by the method and default FE value of IPCC with the existing emissions load factor in the study area cannot be defined accurately. It's because of the value of FE in the IPCC Guidelines (2006) are too general whereas the activity of every sector in the inventoried areas has different characteristics and data. Therefore, it is necessary to develop a simple method for estimating emissions by using Specific Emission Factors (FES) approach.

The method used to calculate the FES is by using IPCC Guidelines (2006) equations, with Tier 1. Then emissions were estimated using the value of FES with accuracy level of Tier 2. Results of the carbon estimation using FES is then mapped to describe the distribution of carbon emissions from both residential sector and from solid waste sector in Malang District, East Java.

The result of calculation show that residential sector has two Specific Emission Factors (FES), FES value for urban is 0,412 (ton CO₂ /urban households.year) and FES for rural is 1,755 (ton CO₂/rural household.year). Sector of solid waste obtained at the first FES is 0.306 (tons of CO₂/served population.year), the second FES is 0.0018 (tons CO₂/populations who did open burning.year), and the third is 0.0193 (ton of CO₂/people.year). The total emissions which was obtained from residential sector is 754,686.620 ton CO₂/year and from the solid waste sector is 46300.367 tons of CO₂/year with total emissions produced by Malang District as many as 800,986.986 tons of CO₂/year. The amount of emissions from each sector is affected by the number of population of each sector of activities that produce emissions. The mapping result showed Singosari subdistrict, Dampit and Sumbermanjing are the region with the highest level of CO₂ emission while the lowest emission level showed at Sumberpucung subdistrict.

Keywords: *Carbon Emissions, Emission Factors, Emissions Inventory, IPCC, Malang District*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segenap rahmat yang senantiasa diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “*Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Malang*”. Pembuatan tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD selaku pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT selaku Co pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT yang telah mengarahkan dan memberi masukan atas penyusunan tesis ini.
4. Prof. Ir. Eddy S. Soedjono, MSc., PhD, Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., Mphil., PhD dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada penyusunan tesis ini.
5. Kedua orang tua, eyang, adik-adik, serta keluarga, yang tidak pernah berhenti memberi motivasi serta doa hingga terselesaikannya tesis ini.
6. Teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana Jurusan Teknik Lingkungan yang senantiasa memberi dukungan dalam pembuatan tesis ini.
7. Tim inventarisasi Kabupaten dan Kota Malang atas motivasi dan senantiasa menemani selama proses penelitian di Malang, serta seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam pembuatan tesis ini.

Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan selanjutnya.

Surabaya, 19 Januari 2015

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Malang	7
2.1.1 Kondisi Sosial Kabupaten Malang.....	13
2.1.2 Profil Pengelolaan Sampah di Kabupaten Malang.....	14
2.2 Tapak Karbon.....	18
2.3 Inventarisasi Emisi.....	18
2.4 Metode Estimasi Emisi CO ₂ dengan IPCC <i>Guidelines</i> (2006).....	19
2.5 Faktor Emisi.....	20
2.6 Sektor Permukiman.....	22
2.6.1 Estimasi Emisi Sektor Persampahan.....	21
2.7 Sektor Persampahan.....	23
2.7.1 Estimasi Emisi CO ₂ dari TPA.....	25
2.7.2 Estimasi Emisi CO ₂ dari Pembakaran Terbuka (<i>Open Burning</i>).....	29
2.8 Teknik Sampling.....	31
2.9 Pemetaan dan Penyebaran Emisi Karbon.....	33
BAB 3 METODE PENELITIAN	

3.1 Umum.....	35
3.2 Kerangka Penelitian.....	36
3.3 Tahapan Penelitian.....	37
3.3.1 Ide Penelitian.....	37
3.3.2 Studi Literatur.....	37
3.3.3 Pengumpulan Data.....	38
3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder.....	38
3.3.3.2 Metode Sampling Sektor Permukiman.....	40
3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Sekunder	43
3.3.5 Analisis data dan Pembahasan.....	43
3.3.6 Tahap Kesimpulan.....	44
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Aspek Teknis.....	45
4.1.1 Emisi CO ₂ Primer dari Sektor Permukiman di Kabupaten Malang.....	45
4.1.1.1 Faktor Emisi Spesifik dan Total Emisi CO ₂ dari Sektor Permukiman.....	52
4.1.2 Emisi CO ₂ dari Sektor Persampahan di Kabupaten Malang.....	60
4.1.2.1 Emisi CO ₂ dari Sampah yang dibuang ke TPA.....	60
4.1.2.2 Emisi CO ₂ dari Pembakaran Sampah Secara Terbuka (<i>Open burning</i>).....	65
4.1.2.3 Faktor Emisi Spesifik dan Total Emisi CO ₂ dari Sektor Persampahan Tiap Kecamatan.....	68
4.1.3 Total Emisi Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Malang.....	73
4.2 Aspek Lingkungan.....	77
4.3 Aspek Peran Masyarakat.....	82
4.3.1 Sektor Persampahan.....	85
BAB 5 KESIMPULAN.....	77
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	xiii

LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rumah Tangga, Penduduk dan Rata-rata Anggota Rumah Tangga per-Kecamatan 2012	9
Tabel 2.2 Jumlah Rumah Tangga Menurut Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan di Kabupaten Malang.....	11
Tabel 2.3 Jumlah Rumah Tangga Menurut Wilayah dan Bahan Bakar untuk Memasak.....	13
Tabel 2.4 Profil TPA di Kabupaten Malang.....	17
Tabel 2.5 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar.....	20
Tabel 2.6 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar LPG.....	22
Tabel 2.7 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Kayu Bakar.....	23
Tabel 2.8 Nilai Potensi Pemanasan Global (GWP) dari masing-masing GRK.....	26
Tabel 2.9 Nilai DOC _i	27
Tabel 2.10 Klasifikasi TPA dan <i>Methane Correction Factors</i> (MCF).....	28
Tabel 2.11 <i>Oxidation Factor</i> (OX).....	29
Tabel 2.12 Nilai <i>Dry Matter Content</i> (Dmj).....	30
Tabel 2.13 Nilai CF _j	30
Tabel 2.14 Nilai FCF _j	31
Tabel 3.1 Jumlah Rumah Tangga dan Jumlah Sampel di Area Sampling.....	42
Tabel 4.1 Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Jenis Bahan Bakar untuk Memasak di Kabupaten Malang.....	46
Tabel 4.2 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah.....	47
Tabel 4.3 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Jenis Bahan Bakar di Tiap Wilayah.....	50
Tabel 4.4 Nilai Faktor Emisi dan NCV.....	51
Tabel 4.5 Faktor Emisi Spesifik dari Penggunaan Bahan Bakar di Kabupaten Malang.....	53
Tabel 4.6 Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Malang Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak.....	55

Tabel 4.7 Total Emisi CO ₂ Penggunaan Bahan Bakar LPG dan Kayu Bakar.....	56
Tabel 4.8 Total Emisi CO ₂ dari tiap Kecamatan di Kabupaten Malang	57
Tabel 4.9 Jumlah Timbulan Sampah, Penduduk yang Terlayani, dan Jumlah Sampah Terangkut ke TPA di Tiap Kecamatan.....	61
Tabel 4.10 <i>Check List</i> Penetapan Klasifikasi TPA berdasarkan nilai MCF.....	63
Tabel 4.11 Nilai W_i , DOC_i dan DOC	63
Tabel 4.12 Jumlah Timbulan Sampah Pemukiman yang Dibakar di Kabupaten Malang.....	65
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai Dm_j , CCF_j , FCF_j	67
Tabel 4.14 Total Emisi dari Pembakaran Sampah.....	68
Tabel 4.15 Nilai FES Sektor Persampahan di Kabupaten Malang.....	69
Tabel 4.16 Total Emisi CO ₂ dari Sektor Persampahan dari Tiap Kecamatan di Kabupaten Malang.....	70
Tabel 4.17 Total Emisi Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Malang.....	73
Tabel 4.18 Persentase Jumlah Pengguna Bahan Bakar dari Hasil Survei.....	77
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Sektor Persampahan Berdasarkan Skenario.....	79
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Sektor Permukiman Berdasarkan Skenario.....	80
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Sektor Permukiman dan Persampahan Berdasarkan Skenario.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Kabupaten Malang.....	8
Gambar 2.2 Persentase Cara Pengolahan Sampah Rumah Tangga di Kabupaten Malang.....	16
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	37
Gambar 4.1 Persentase Pola Penggunaan Bahan Bakar dari Rumah Tangga di Kabupaten Malang.....	45
Gambar 4.2 Persentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah.....	48
Gambar 4.3 Persentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah Pedesaan.....	48
Gambar 4.4 Peta Tingkat Emisi CO ₂ Bahan Bakar dari Kegiatan Memasak Rumah Tangga di Tiap Kecamatan, Kabupaten Malang.....	60
Gambar 4.5 Peta Tingkat Emisi CO ₂ dari Sektor Persampahan Tiap Kecamatan, di Kabupaten Malang.....	72
Gambar 4.6 Peta Tingkat Emisi CO ₂ dari Sektor Permukiman dan Persampahan Tiap Kecamatan, di Kabupaten Malang.....	76

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan alih fungsi lahan di Jawa Timur tidak dapat dihindari karena terkait dengan tekanan jumlah penduduk dan tuntutan kebutuhan kehidupan yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut ditunjukkan dengan luas hutan di Jawa Timur dalam Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur (2011) hanya tersisa 14 persen dari seluruh luas wilayah Provinsi Jawa Timur selain itu, *trend* perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi pemukiman/bangunan sejak tahun 2005 sampai dengan 2010 rata-rata sebesar 794,6 hektar atau terjadi perubahan dalam tiap tahunnya sebesar 40%.

Pada dasarnya angka laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Malang hanya 0,78% dan berada dibawah rata-rata Nasional atau kurang lebih sama dengan rata-rata Provinsi Jawa Timur, namun jika dibandingkan dengan jumlah penduduk yang mencapai hampir tiga juta jiwa, kondisi ini perlu mendapat perhatian. Setidaknya kurang lebih 40.000 bayi lahir di Kabupaten Malang tiap tahunnya, hal ini tentu akan mempengaruhi tingkat kebutuhan lahan untuk pemukiman (Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur, 2011).

Dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kebutuhan lahan untuk permukiman akan berakibat pada peningkatan emisi yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Terkait dengan hal tersebut, Pemerintah Indonesia telah mengusulkan untuk mengurangi emisi GRK sampai menjadi 26% pada tahun 2020 Pada sektor-sektor yang memproduksi emisi CO₂ yang tinggi (Kesepakatan Internasional Copenhagen, 2009).

Dalam Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, bahwa pemerintah pusat, provinsi dan kabupaten/kota bertugas dan berwenang menyelenggarakan inventarisasi gas rumah kaca. Peraturan Presiden tersebut menunjukkan kewajiban pelaksanaan inventarisasi emisi secara Nasional. Dalam hal ini, Kabupaten Malang sebagai wilayah penelitian dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur

Nomor 5 tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Tahun 2011-2031, merupakan wilayah dengan fungsi pengembangan perkebunan dan kehutanan. Dalam upaya mendukung rencana tersebut, diperlukan inventarisasi emisi pada beberapa sektor diantaranya yaitu, sektor pemukiman dan persampahan sehingga, nantinya hasil inventarisasi tersebut dapat memberikan informasi mengenai tingkat penyebaran emisi karbon, upaya apa saja yang perlu dilakukan.

Inventarisasi emisi dalam penelitian ini difokuskan pada emisi GRK yaitu emisi karbon. Emisi GRK berasal dari kegiatan manusia, terutama yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (seperti minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan gas alam). Pembakaran bahan bakar fosil sebagai sumber energi untuk listrik, transportasi, dan industri akan menghasilkan karbon dioksida dan gas rumah kaca lain yang dibuang ke udara. Emisi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil menyumbang 2/3 dari total emisi yang dikeluarkan ke udara. Sedangkan 1/3 lainnya dihasilkan kegiatan manusia dari sektor kehutanan, pertanian, dan sampah (Stern, 2006).

Berdasarkan data Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Malang (2013) menunjukkan timbulan sampah domestik (skala Kabupaten) 6.397 m³/hari, timbulan sampah perkotaan 1.580 m³/hari sedangkan pedesaan 4.817 m³/hari, dimana peningkatan timbulan sampah dari tahun ke tahun mengalami peningkatan baik sampah yang berasal dari pasar, perkampungan, perumahan dan kegiatan lainnya (Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur, 2011).

Pengelolaan secara mandiri juga dapat menyumbang emisi GRK terutama dengan pembakaran sampah secara terbuka (*Open burning*). Selain dari sektor persampahan, sektor permukiman terkait penggunaan bahan bakar misalnya penggunaan kompor untuk memasak, dapat menyumbang kontribusi gas rumah kaca dan merugikan dampak kesehatan (Zhang, J., dkk., 2000).

Inventarisasi emisi sendiri pada umumnya dilakukan dengan metode perhitungan melalui pendekatan nilai Faktor Emisi (FE) yang terdapat dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006), namun sering dijumpai kendala untuk memperoleh data aktivitas, dimana data aktivitas merupakan data utama untuk memperoleh besar beban emisi di suatu wilayah.

Selain itu, hasil estimasi emisi dengan metode dan nilai FE pada IPCC belum diketahui kesesuaiannya dengan beban emisi eksisting yang ada di wilayah penelitian. Hal ini disebabkan karena nilai FE *default* pada IPCC bersifat sangat umum sedangkan, aktivitas dari setiap sektor di setiap wilayah yang akan diinventarisasi memiliki karakteristik dan sifat data yang berbeda-beda. Untuk itu, diperlukan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dimana nilai FE tersebut nantinya akan digunakan untuk mengestimasi besar emisi karbon dengan metode perhitungan yang lebih sederhana dan dengan hasil lebih mewakili karakteristik dari wilayah penelitian.

Hasil estimasi emisi karbon dalam penelitian ini, selanjutnya dipetakan menggunakan *software* AutoCAD sehingga dapat memberikan gambaran secara visual mengenai tingkat penyebaran emisi karbon di wilayah penelitian. Selain itu, penelitian ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengestimasi emisi karbon dari sektor pemukiman dan persampahan di wilayah-wilayah lain di Indonesia khususnya Jawa Timur yang memiliki karakteristik wilayah yang sama dan sesuai dengan fungsi pengembangan wilayah perkebunan dan kehutanan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur?
2. Bagaimanakah hasil estimasi emisi karbon menggunakan metode dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur?
3. Bagaimanakah penyebaran emisi karbon dari pemetaan hasil estimasi emisi karbon menggunakan metode dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur.
2. Menganalisis hasil estimasi emisi karbon menggunakan metode dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur.
4. Menganalisis penyebaran emisi karbon dari pemetaan hasil estimasi emisi karbon menggunakan metode dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) yang dapat digunakan untuk mewakili wilayah pengembangan perkebunan dan kehutanan di Jawa Timur dari sektor permukiman dan persampahan.
2. Memberikan informasi mengenai tingkat penyebaran emisi karbon di Kabupaten Malang, Jawa Timur.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Emisi karbon yang dianalisis yaitu CO₂ primer dari sektor permukiman dan CH₄ dari sektor persampahan di Kabupaten Malang, Jawa Timur.
2. Sumber emisi CO₂ yang dianalisis dari sektor permukiman yaitu dari penggunaan bahan bakar rumah tangga (LPG dan kayu bakar).
3. Sumber emisi CH₄ dari sektor persampahan yaitu dari timbunan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan dari kegiatan pembakaran terbuka (*Open burning*).

4. Perhitungan emisi karbon menggunakan pendekatan nilai Faktor Emisi dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006).
5. Aspek-aspek yang dikaji pada penelitian ini mencakup aspek teknis, lingkungan serta peran serta masyarakat.
6. Pemetaan emisi karbon dari wilayah penelitian menggunakan *software* AutoCAD.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kabupaten Malang

Kabupaten Malang mempunyai luas wilayah terluas kedua di Jawa Timur setelah Kabupaten Banyuwangi. Secara geografis Kabupaten Malang terletak pada 112.35'10090" sampai 122.57'00" Bujur Timur 7.44'55011" sampai 8026'35045" Lintang Selatan dengan batas wilayah sebagai berikut:

Sebelah Barat : Kabupaten Blitar dan Kabupaten Kediri

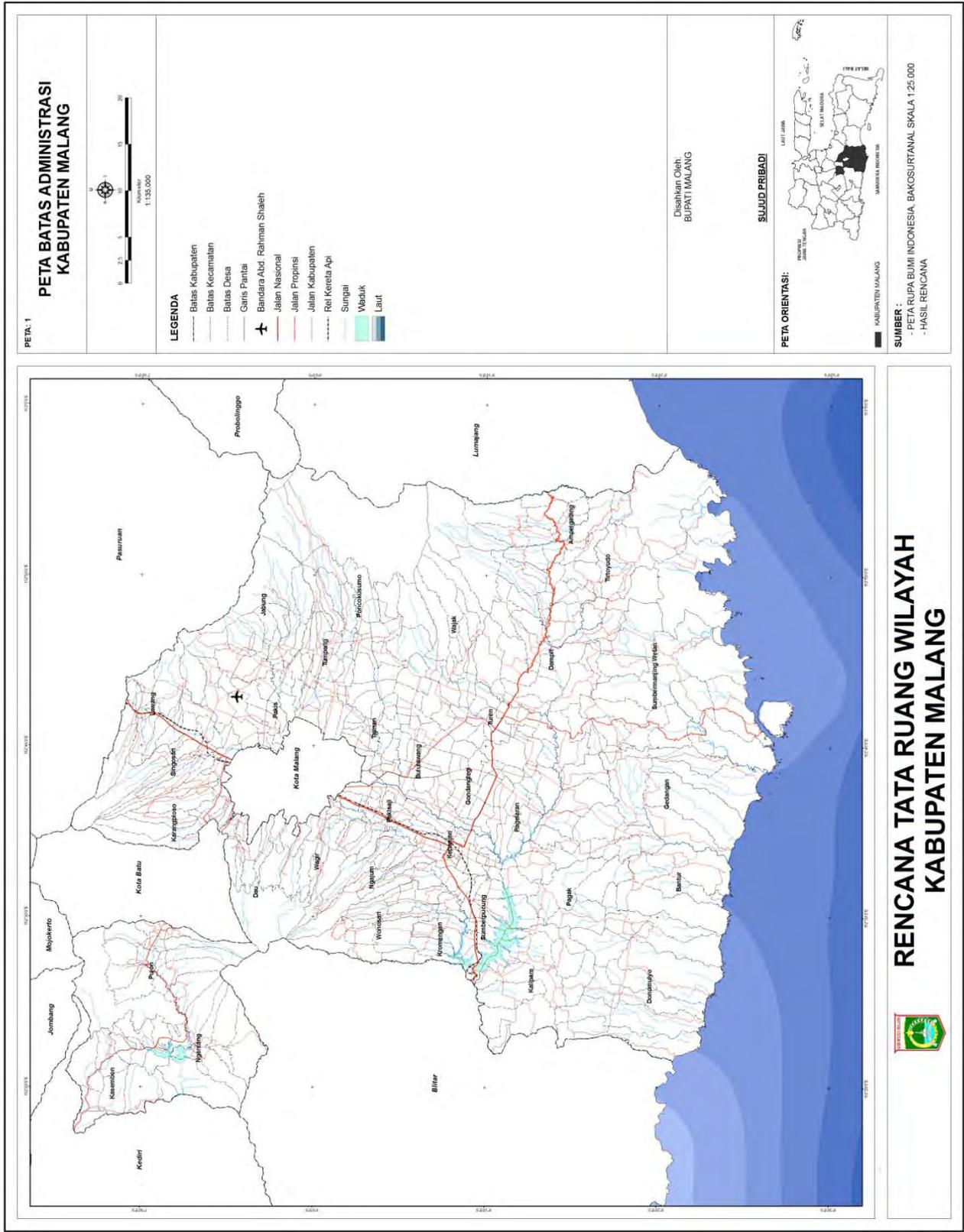
Sebelah Timur : Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Lumajang

Sebelah Utara : Kabupaten Pasuruan dan Kabupaten Mojokerto

Sebelah Selatan : Samudra Indonesia

Kabupaten Malang yang beribukota di Malang memiliki luas 3.478 Km² yang terbagi dalam 390 Kelurahan/Desa dan 33 Kecamatan.

Gambar 2.1 merupakan peta Kabupaten Malang yang menunjukkan letak dan batas Kecamatan-kecamatan yang terdapat di Kabupaten Malang, jalur-jalur yang menjadi alternatif yang dapat dilalui selama kegiatan survei di lapangan, serta menjadi acuan dalam pemetaan hasil estimasi emisi karbon.



Gambar 2.1 Peta Kabupaten Malang

Peran serta penduduk dalam pembangunan wilayah mempunyai pengaruh yang sangat kuat sesuai dengan tempat tinggalnya. Setiap wilayah memiliki karakteristik sosial yang dapat berbeda-beda, dalam hal ini adalah karakteristik dari penduduk maupun dalam skala rumah tangga terkait dengan persebaran dan peran serta perilaku masing-masing.

Dalam penelitian ini, sektor-sektor yang dianalisis yaitu sektor permukiman terkait penggunaan bahan bakar untuk memasak (skala rumah tangga) serta sektor persampahan yang mencakup sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) dan dari kegiatan pembakaran terbuka. Kedua sektor tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan bahwa Kabupaten Malang merupakan Kabupaten terbesar kedua di Indonesia dengan kelengkapan infrastruktur yang cukup memadai dan wilayah perkotaannya sedang berkembang. Kemungkinan pengembangan Kabupaten Malang sangat besar karena letaknya yang sangat strategis dan mengelilingi wilayah Kota Malang dimana Kota Malang merupakan Kota dengan pusat pariwisata dan pendidikan. Selain itu, terkait dengan latar belakang pada bab sebelumnya, kedua sektor tersebut yang paling berkaitan dengan peningkatan jumlah penduduk dan lingkungan sosial di Kabupaten Malang. Untuk itu, sektor utama yang dipilih dalam inventarisasi adalah sektor permukiman dan persampahan.

Kedua sektor berhubungan erat dengan kondisi kependudukan dan karakteristik sosial di Kabupaten Malang. Tabel 2.1 menunjukkan Jumlah rumah tangga, jumlah penduduk dan rata-rata anggota rumah tangga di Kabupaten Malang.

Tabel 2.1 Jumlah Rumah Tangga, Penduduk, dan Rata-rata Anggota Rumah Tangga per Kecamatan Tahun 2012

No	Kecamatan	Rumah Tangga	Penduduk (Jiwa)	Rata-rata Anggota Rumah Tangga (Jiwa)
1	Donomulyo	21.173	72.727	3,4
2	Kalipare	19.025	66.932	3,5
3	Pagak	15.024	50.984	3,4
4	Bantur	20.134	72.256	3,6

No	Kecamatan	Rumah Tangga	Penduduk (Jiwa)	Rata-rata Anggota Rumah Tangga (Jiwa)
5	Gedangan	13.856	56.410	4,1
6	Sumbermanjing	27.442	97.496	3,6
7	Dampit	30.576	116.533	3,8
8	Tirtoyudo	17.786	63.216	3,6
9	Ampelgading	16.620	57.432	3,5
10	Poncokusumo	26.965	93.372	3,5
11	Wajak	23.118	84.114	3,6
12	Turen	34.789	113.120	3,3
13	Bululawang	16.124	62.503	3,9
14	Gondanglegi	21.893	79.490	3,6
15	Pagelaran	18.970	67.901	3,6
16	Kepanjen	28.290	100.393	3,5
17	Sumberpucung	14.691	54.517	3,7
18	Kromengan	12.701	38.889	3,1
19	Ngajum	11.901	50.525	4,2
20	Wonosari	13.063	43.665	3,3
21	Wagir	21.658	80.448	3,7
22	Pakisaji	18.633	75.713	4,1
23	Tajinan	13.777	51.095	3,7
24	Tumpang	18.940	75.054	4,0
25	Pakis	30.333	124.217	4,1
26	Jabung	19.315	72.780	3,8
27	Lawang	26.979	93.394	3,5
28	Singosari	43.834	156.338	3,6
29	Karangploso	13.077	55.409	4,2
30	Dau	17.230	58.717	3,4
31	Pujon	16.552	62.402	3,8
32	Ngantang	16.191	59.103	3,7
33	Kasembon	9.296	31.539	3,4
	Jumlah	669.959	2.438.687	3,6

Sumber: Kabupaten Malang Dalam Angka (2013)

Tabel 2.1 menunjukkan jumlah rumah tangga di Kabupaten Malang adalah 669.959, jumlah penduduk adalah 2.438.687 jiwa dan rata-rata anggota rumah tangga di Kabupaten Malang 3-5 jiwa.

Pembagian kecamatan di seluruh Kabupaten Malang sesuai dengan kondisi dan karakteristik kegiatan dibedakan menjadi kawasan perkotaan dan pedesaan. Identifikasi kawasan perkotaan dan pedesaan tersebut dimaksudkan

untuk mengetahui dan menentukan jenis kegiatan yang akan ditentukan sehingga sesuai dengan peruntukan tanah dan ruangnya.

Kawasan permukiman di Kabupaten Malang pada dasarnya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kawasan permukiman perkotaan yang dapat diindikasikan juga sebagai ibukota Kecamatan. Wilayah ini didominasi kegiatan yang difungsikan untuk kegiatan yang bersifat kekotaan dan merupakan orientasi pergerakan penduduk yang ada pada wilayah sekitarnya. Sedangkan kawasan untuk permukiman pedesaan pada lokasi sekitarnya masih didominasi oleh lahan pertanian, tegalan, perkebunan sebagian diantaranya memiliki aksesibilitas yang kurang, jumlah sarana dan prasarana penunjang terbatas pada pelayanan kecil (Laporan Buku Putih Sanitasi Kabupaten Malang, 2012).

Sensus Penduduk Indonesia (2010) menyatakan konsep definisi dan klasifikasi wilayah perkotaan/pedesaan didasarkan pada skor yang dihitung dari kepadatan penduduk, persentase rumah tangga yang bekerja di bidang pertanian, dan tersedianya fasilitas kota seperti sekolah, pasar, rumah sakit, jalan aspal, dan listrik. Adapun jumlah rumah tangga berdasarkan status wilayah perkotaan dan pedesaan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jumlah Rumah Tangga Menurut Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan di Kabupaten Malang

Kecamatan	Perkotaan/Perdesaan		
	Perkotaan	Perdesaan	Perkotaan dan Pedesaan
1 Donomulyo	3.318	15.233	18.551
2 Kalipare	7.279	10.817	18.096
3 Pagak	0	13.057	13.057
4 Bantur	5.465	14.268	19.733
5 Gedangan	0	14.691	14.691
6 Sumbermanjing	3.928	21.941	25.869
7 Dampit	6.599	25.806	32.405
8 Tirto Yudo	0	17.116	17.116
9 Ampelgading	1.575	13.419	14.994
10 Poncokusumo	6.952	18.027	24.979
11 Wajak	3.727	18.050	21.777
12 Turen	20.457	9.710	30.167
13 Bululawang	8.214	9.165	17.379
14 Gondanglegi	11.432	9.375	20.807

Kecamatan	Perkotaan/Perdesaan		
	Perkotaan	Perdesaan	Perkotaan dan Pedesaan
15 Pagelaran	8.549	9.252	17.801
16 Kepanjen	22.950	3.854	26.804
17 Sumber Pucung	14.298	0	14.298
18 Kromengan	5.414	5.372	10.786
19 Ngajum	0	13.065	13.065
20 Wonosari	0	11.683	11.683
21 Wagir	13.458	6.505	19.963
22 Pakisaji	18.301	2.626	20.927
23 Tajinan	6.005	7.813	13.818
24 Tumpang	10.492	10.170	20.662
25 Pakis	27.139	8.594	35.733
26 Jabung	10.623	9.439	20.062
27 Lawang	23.807	2.645	26.452
28 Singosari	36.457	6.980	43.437
29 Karangploso	9.287	10.968	20.255
30 Dau	12.578	7.222	19.800
31 Pujon	6.299	11.242	17.541
32 Ngantang	3.733	12.242	15.975
33 Kasembon	1.596	6.889	8.485
Total	309.932	357.236	667.168

*telah diperbaharui pada tanggal 14 Mei 2012

Sumber: Badan Pusat Statistik (Data Sensus Penduduk Indonesia, 2010),
<http://sp2010.bps.go.id/index.php/site/tabel?tid=302&wid=3507000000>

Berdasarkan Peraturan Daerah No.3 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang, bahwa Kabupaten Malang dibagi menjadi 6 Wilayah Pengembangan (WP), yaitu:

1. Wilayah Pengembangan Kepanjen (*Kecamatan Kepanjen, Wonosari, Ngajum, Kromengan, Pagak, Sumberpucung, Kalipare, Donomulyo, Gondanglegi, Pagelaran*)
2. Wilayah Pengembangan Lingkar Kota Malang (*Kecamatan Dau, Karangploso, Lawang, Singosari, Pakisaji, Wagir, Tajinan, Bululawang, dan Pakis*)
3. Wilayah Pengembangan Ngantang (*Kecamatan Ngantang, Pujon, Kasembon*)
4. Wilayah Pengembangan Sumbermanjing (*Kecamatan Sumbermanjing, Gedangan, dan Bantur*)

5. Wilayah Pengembangan Tumpang (*Kecamatan Tumpang, Poncokusumo, Wajak, dan Jabung*)
6. Wilayah Pengembangan Turen dan Dampit (*Kecamatan Turen, Dampit, Tirtoyudo, dan Ampelgading*)

2.1.1 Kondisi Sosial Kabupaten Malang

Secara umum kondisi masyarakat di Kabupaten Malang heterogen dalam etnis dan latar belakang budaya, sehingga memungkinkan terciptanya kehidupan kota yang cenderung dinamis. Dari beberapa suku yang berada di Kabupaten Malang, mayoritas penduduk berasal dari etnis Jawa dan Madura. Bahasa pergaulan sebagai media komunikasi sehari-hari penduduk adalah Bahasa Jawa Malangan, Madura dan Bahasa Indonesia. Ciri-ciri lain dari masyarakat Kabupaten Malang yang majemuk adalah sifat toleransi dan kerjasama yang tinggi dalam kehidupan beragama, sehingga menjadikan Kabupaten Malang cukup aman dengan terciptanya kerukunan dan kebersamaan antar umat beragama (Amelia, D, 2012).

Masyarakat Kabupaten Malang terkait dengan penggunaan bahan bakar untuk memasak menurut Sensus Penduduk Indonesia (2012), memiliki pola penggunaan yang sama dengan sebagian besar masyarakat Indonesia yaitu menggunakan bahan bakar gas (LPG) dan kayu bakar. Tabel 2.3 menunjukkan jumlah rumah tangga menurut wilayah dan bahan bakar yang digunakan untuk memasak.

Tabel 2.3 Jumlah Rumah Tangga Menurut Wilayah dan Bahan Bakar untuk Memasak

No	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pengguna Bahan Bakar	
			LPG	Kayu Bakar
1	Kepanjen	26.804	22492	4360
2	Wonosari	11.683	9803	1900
3	Ngajum	13.065	10963	2125
4	Kromengan	10.786	9051	1754
5	Pagak	13.057	10956	2124
6	Sumberpucung	14.298	11998	2326

No	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pengguna Bahan Bakar	
			LPG	Kayu Bakar
7	Kalipare	18.096	15185	2943
8	Donomulyo	18.551	15566	3017
9	Gondanglegi	20.807	17460	3384
10	Pagelaran	17.801	14937	2895
11	Dau	19.800	16615	3220
12	Karangploso	20.255	16996	3294
13	Lawang	26.452	22196	4302
14	Singosari	43.437	36449	7065
15	Pakisaji	20.927	17560	3404
16	Wagir	19.963	16751	3247
17	Tajinan	13.818	11595	2247
18	Bululawang	17.379	14583	2827
19	Pakis	35.733	29984	5812
20	Ngantang	15.975	13405	2598
21	Pujon	17.541	14719	2853
22	Kasembon	8.485	7120	1380
23	Sumbermanjing	25.869	21707	4208
24	Gedangan	14.691	12327	2389
25	Bantur	19.733	16558	3210
26	Tumpang	20.662	17338	3361
27	Poncokusumo	24.979	20960	4063
28	Wajak	21.777	18273	3542
29	Jabung	20.062	16834	3263
30	Turen	30.167	25314	4907
31	Dampit	32.405	27192	5271
32	Tirtoyudo	17.116	14362	2784
33	Ampelgading	14.994	12582	2439
Jumlah		667.168	559.832	108.513

*telah diperbaharui pada tanggal 14 Mei 2012

Sumber: Badan Pusat Statistik (Data Sensus Penduduk Indonesia, 2010),
<http://sp2010.bps.go.id/index.php/site/tabel?tid=302&wid=3507000000>

2.1.2 Profil Pengelolaan Sampah di Kabupaten Malang

Volume sampah di Kabupaten Malang berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Malang sebesar 0,00209 m³/orang.hari dengan densitas sampah sebesar 205,88 kg/m³ dimana jumlah

penduduk Kabupaten Malang (Kabupaten Malang Dalam Angka, 2013) yaitu 2.438.687 orang.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Kabupaten Malang pada dasarnya telah menyebar di seluruh Kecamatan. Lokasi dari masing-masing daerah pelayanan relatif berjauhan sehingga pengelolaan sampah di Kabupaten Malang dibagi ke dalam 7 TPA. Berikut adalah TPA di Kabupaten Malang yang tersebar di beberapa Kecamatan:

1. TPA Randuagung, Kecamatan Singosari
2. TPA Paras, Kecamatan Poncokusumo
3. TPA Talangagung, Kecamatan Kepanjen
4. TPA Pagak, Kecamatan Pagak
5. TPA Kasri, Kecamatan Bululawang
6. TPA Rejosari, Kecamatan Bantur
7. TPA Pujon, Kecamatan Pujon

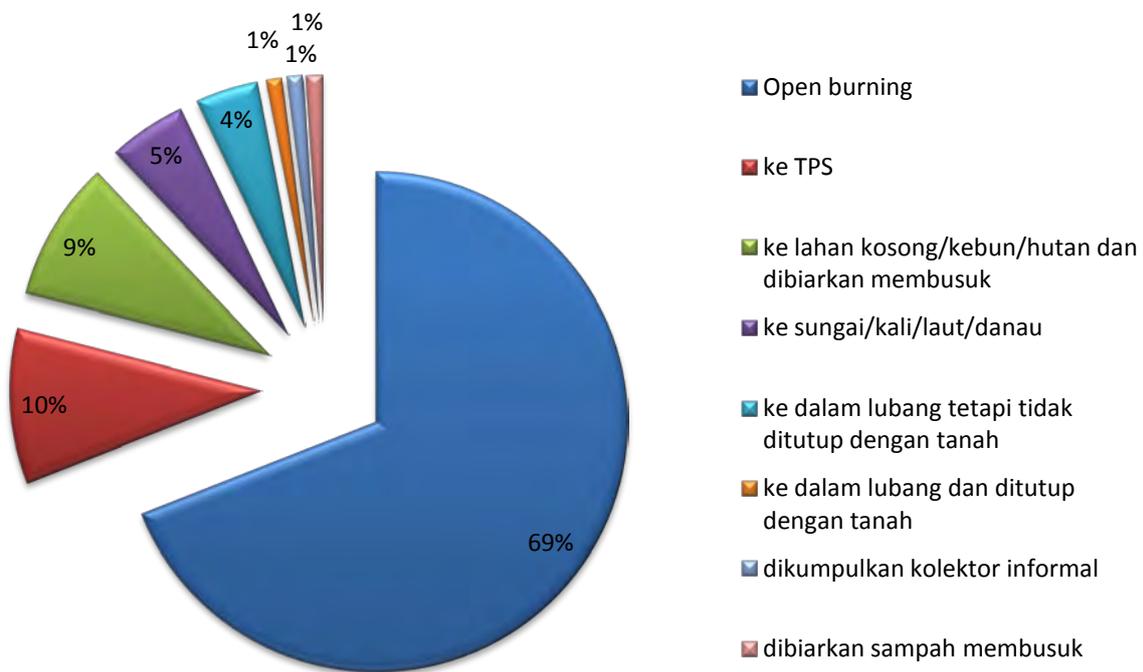
Dari 7 TPA tersebut, hanya 4 TPA yang telah beroperasi, TPA Randuagung, TPA Paras, TPA Talangagung, dan TPA Rejosari sedangkan TPA lainnya belum dioperasikan. Untuk profil pengelolaan dari 4 TPA tersebut selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Sebelum diangkut ke TPA, sampah diangkut oleh petugas kebersihan (pengangkut sampah) RT/RW kemudian diangkut dan dikumpulkan terlebih dahulu ke TPS (Tempat Penampungan Sementara) atau TPST (Tempat Penampungan Sementara Terpadu), selanjutnya diangkut petugas Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang menuju ke TPA.

Kabupaten Malang telah memiliki 14 TPST yang telah mengaplikasikan program 3R. Daerah pelayanan kebersihan di Kabupaten Malang pada dasarnya telah menyebar di seluruh Kecamatan. Lokasi dari masing-masing daerah pelayanan relatif berjauhan sehingga pengelolaan sampah di Kabupaten Malang dibagi ke dalam 7 Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) (Tabel 2.4).

Dalam Laporan Buku Putih Sanitasi Kabupaten Malang (2012), hasil survei menunjukkan bahwa 69 % responden mengolah sampah dengan membakar sampahnya (*open burning*), 10 % mengumpulkan dan membuang sampah ke TPS, 9 % membuang ke lahan kosong/kebun/hutan dan membiarkan membusuk, 5 %

dibuang ke sungai/kali/laut/danau, 4 % membuang ke dalam lubang tetapi tidak ditutup dengan tanah, 1 % membuang ke dalam lubang dan ditutup dengan tanah. Sedangkan hanya 1 % responden yang menyatakan bahwa sampah dikumpulkan oleh kolektor informal yang melakukan daur ulang sampah. Gambar 2.2 menunjukkan persentase pengelolaan sampah rumah tangga di Kabupaten Malang.



Gambar 2.2 Persentase Cara Pengolahan Sampah Rumah Tangga di Kabupaten Malang

Tabel 2.4 Profil TPA di Kabupaten Malang

NO	NAMA TPA	LUAS	CAKUPAN LAYANAN/TPS	UPTD	KECAMATAN	SISTEM PENGELOLAAN	TIMBULAN SAMPAH YANG MASUK KE TPA PER HARI	TAHUN MULAI OPERASIONAL	JUMLAH PEMULUNG	PENGGUNAAN GAS METHANE	PENGELOLAAN LINDI
1	TPA WISATA EDUKASI TALANGAGUNG KEPANJEN	2.66 Ha	13 KECAMATAN (56 TPS)	UPTD Turen	1 Turen	SEMI CONTROL LANDFIL	150 M ³	1997	11 Orang	165 SR	Air Lindi (<i>leachate</i>) di tampung di bak penampung lindi dan kemudian disirkulasi kembali ke sel sampah sebagai stater fermentasi sampah dan menjaga kelembaban. Belum ada threatment khusus pengelolaan lindi.
					2 Dampit						
					3 Sumbermanjing wetan						
					4 Ampelgading						
					5 Tirtoyudo						
					5 Bululawang						
				UPTD Bululawang	6 Tajinan						
					7 Gondanglegi						
					8 Pagelaran						
					9 Wajak						
					10 Kepanjen						
					11 Wagir						
				UPTD Kepanjen	12 Ngajum						
					13 Sumber Pucung						
					14 Pakisaji						
					15 Kromengan						
16 Wonosari											
2	TPA PARAS PONCOKUSUMO	0.9 Ha	4 KECAMATAN (8 TPS)	UPTD Tumpang	1 Pakis	SEMI CONTROL LANDFIL	80 M ³	1993	4 Orang	165 SR	Air Lindi (<i>leachate</i>) di tampung di bak penampung lindi dan kemudian disirkulasi kembali ke sel sampah sebagai stater fermentasi sampah dan menjaga kelembaban. Belum ada threatment khusus pengelolaan lindi.
					2 Tumpang						
					3 Poncokusumo						
					4 Jabung						
3	TPA RANDUAGUNG SINGOSARI	5.53 Ha	5 KECAMATAN (30 TPS)	UPTD Singosari	1 Lawang	OPEN DUMPING	160 M ³	2003	5 Orang	-	Air Lindi (<i>leachate</i>) di tampung di bak penampung lindi. Belum ada threatment khusus pengelolaan lindi
					2 Dau						
					3 Singosari						
				UPTD Pujon	4 Karangploso						
					5 Pujon						
					6 Ngantang						
					7 Kasembon						
4	TPA REJOSARI BANTUR	2 Ha	4 KECAMATAN (6 TPS)	UPTD Pagak	1 Pagak	OPEN DUMPING	24 M ³	1996	5 Orang	-	Air Lindi (<i>leachate</i>) di tampung di bak penampung lindi. Belum ada threatment khusus pengelolaan lindi
					2 Donomulyo						
					3 Bantur						
					4 Kalipare						
					5 Gedangan						

Sumber: Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang, 2012

2.2 Tapak Karbon

Menurut Wiedmann dan Minx (2008), tapak karbon merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbondioksida secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh aktivitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari. Tapak karbon primer merupakan ukuran emisi CO₂ yang bersifat langsung.

Tapak karbon langsung (primer) terjadi karena adanya pemanasan atau pembakaran langsung seperti kegiatan memasak yang menggunakan bahan bakar. Sedangkan tapak karbon tidak langsung (sekunder) dihasilkan dari penggunaan peralatan elektronik rumah tangga yang menggunakan listrik sebagai sumber dayanya. Hampir semua kebutuhan energi manusia diperoleh dari konversi sumber energi fosil, misalnya pembangkitan listrik, semakin besar penggunaan listrik, maka semakin besar pula emisi yang dihasilkan.

2.3 Inventarisasi Emisi

Menurut Kennedy, dkk., (2010) dalam Boedisantoso (2014), inventarisasi emisi tidak hanya berfungsi untuk mengetahui status tingkat emisi, tetapi juga sebagai mekanisme untuk memantau target pada program pengurangan emisi. Inventarisasi emisi merupakan langkah awal yang sangat penting dalam upaya mitigasi dampak perubahan iklim

Dalam Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (2012), inventarisasi gas rumah kaca merupakan suatu proses yang berkesinambungan karena melibatkan upaya perbaikan yang dilakukan terus menerus sejalan dengan semakin berkembangnya ketersediaan data dan pengetahuan terkait dengan pendugaan emisi dan serapan GRK dari sumber dan resor dan pengalaman yang diperoleh dalam pelaksanaan inventarisasi sebelumnya.

Ketersediaan data dalam hal ini terkait dengan data aktivitas yang diperlukan untuk inventarisasi GRK. Pada banyak kasus, banyak data aktivitas yang tidak tersedia karena memang tidak tersedia atau teknik pengukurannya belum tersedia (Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Nasional, 2012). Hal ini akan mempengaruhi tingkat ketelitian dalam perhitungan emisi CO₂.

Salah satu sektor penting dalam penyusunan inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) adalah sektor energi dan limbah, dimana cakupan inventarisasi sektor energi diantaranya adalah aktivitas penggunaan energi dan limbah rumah tangga (Kennedy, dkk., 2010 dalam Boedisantoso, 2014).

2.4 Metode Estimasi Emisi CO₂ dengan IPCC Guidelines (2006)

Dalam IPCC Guidelines (2006) metode perhitungan estimasi emisi digolongkan dalam tiga tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian tersebut disesuaikan dengan tingkat kesiapan/kapasitas data yang dimiliki, hal tersebut yang akan mempengaruhi tingkat ketelitian dalam perhitungan estimasi beban emisi di wilayah inventarisasi.

- Tier 1 (*basic*) : Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan data *default* dan faktor emisi default IPCC.
- Tier 2 (*intermediate*) : Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu Negara atau kota.
- Tier 3 (*most demanding*) : Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan metoda spesifik suatu Negara dengan menggunakan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu Negara atau kota.

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan Tier 1, yaitu berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default* IPCC. Tingkat ketelitian Tier 1 adalah metodologi perhitungan emisi CO₂ yang paling sederhana dimana perhitungan didasarkan atas data aktivitas dan faktor emisi.

Berikut adalah persamaan umum yang dipergunakan untuk perhitungan emisi CO₂ berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006):

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Data aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \quad (2.1)$$

Dimana, data aktivitas merupakan data yang terkait dengan seberapa banyaknya aktivitas yang dilakukan sehingga menghasilkan emisi CO₂. Data aktivitas yang terkait dengan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar adalah berupa seberapa banyak bahan bakar yang dipergunakan baik untuk keperluan rumah tangga ataupun keperluan lainnya.

2.5 Faktor Emisi

Faktor emisi merupakan suatu nilai representatif yang menghubungkan antara kuantita polutan yang dibuang ke atmosfer per satuan unit penghasil emisi. Faktor tersebut biasanya dirumuskan dengan pembagian antara berat polutan dengan unit berat, volume, jarak atau durasi aktivitas yang mengemisikan polutan. Misalnya, kilogram partikulat yang diemisikan per megagram batu bara yang dibakar (Wati, L., 2009).

Berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006), Faktor Emisi (FE) merupakan faktor yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas. Faktor emisi mempunyai satuan massa emisi/satuan kegiatan. Misalnya, faktor emisi pemakaian bahan bakar LPG untuk memasak yaitu 63,1 gr/MJ. Faktor emisi tersebut merupakan faktor emisi default yang terdapat dalam oleh IPCC *Guidelines* (2006). Faktor emisi *default* dari penggunaan bahan bakar yang dalam IPCC *Guidelines* (2006) dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar

Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (kg CO ₂ /TJ)	NCV (TJ/Gg)
Gas Alam	56100	48
LPG	63100	47,3
Minyak Tanah	71900	43,8
Batubara Antrasit	98300	26,7
Batubara Bituminous	94600	25,8

Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (kg CO ₂ /TJ)	NCV (TJ/Gg)
Batubara Sub-bituminous	96100	18,9
Kayu/Limbah Kayu	112000	15,0
<i>Coke</i>	107000	28,2

Sumber: IPCC, 2006

Faktor emisi *default* merupakan faktor emisi yang digunakan dalam metode perhitungan IPCC pada Tier 1, sedangkan IPCC dengan tingkat ketelitian pada Tier 2 dan Tier 3, terdapat faktor emisi lokal atau faktor emisi spesifik.

Dalam IPCC *Guidelines* (2006), faktor emisi spesifik merupakan faktor emisi yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah. Faktor emisi spesifik itu sendiri didapatkan dari nilai rata-rata emisi per unit kegiatan dalam satuan waktu, misalnya satuan (kg CO₂/jiwa.tahun). Jadi, berdasarkan pengertian tersebut, faktor emisi *default* bersifat lebih umum untuk seluruh aktivitas sedangkan faktor emisi spesifik digunakan untuk perhitungan emisi yang lebih spesifik data aktivitasnya, seperti adanya pengklasifikasian terhadap data aktivitas tersebut.

Faktor emisi spesifik di setiap daerah berbeda dikarenakan karakteristik di setiap daerah berbeda. Sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh IPCC, setiap Negara didorong untuk menyusun faktor emisi lokal agar hasil dugaan emisi dan serapan GRK tidak *overestimate* atau *under estimate*.

2.6 Sektor Pemukiman

Menurut Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, pengertian permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan. Sedangkan perumahan yaitu kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni.

2.6.1 Estimasi Emisi Sektor Permukiman

Setiap kegiatan atau aktivitas rumah tangga yang menggunakan bahan bakar dapat menghasilkan jejak karbon yang berbeda-beda tergantung dari lama penggunaan bahan bakar seperti LNG (*Liquid Petroleum Gas*) dan minyak tanah dalam kehidupan sehari-hari. Lama penggunaan bahan bakar tergantung pada frekuensi pemakaian bahan bakar tersebut dalam aktivitas atau kegiatan rumah tangga seperti memasak (Astari, 2012).

Menurut Sugiyono (1998) dalam Widyanadiari (2011), penggunaan bahan bakar fosil merupakan sumber utama emisi CO₂ di dunia dan mencapai 74% dari total emisi. Bahan bakar fosil ini digunakan untuk pemanasan dan pendinginan, transportasi, industri, konversi energi dan pembakaran beraneka macam produksi industri dan buangan rumah tangga. Emisi CO₂ dapat dikategorikan menjadi:

- Emisi Langsung (Primer)

Emisi ini merupakan emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya emisi CO₂ dari kendaraan bermotor.

- Emisi Tidak Langsung (Sekunder)

Emisi ini merupakan hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya konsumsi energi listrik di rumah tangga (Suhedi, 2005).

Emisi CO₂ dari kegiatan permukiman dihasilkan dari aktivitas atau kegiatan rumah tangga, emisi karbon yang dihasilkan sangat besar terutama berasal dari peralatan elektronik dan penggunaan bahan bakar. Dalam penelitian ini beban emisi yang dianalisis hanya emisi CO₂ primer.

Perhitungan emisi bahan bakar dilakukan dengan pendekatan melalui nilai Faktor Emisi (FE) dan *Net Calorific Volume* (NCV) bahan bakar LPG dan kayu bakar seperti pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

Tabel 2.6 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar LPG

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)
LPG	63,1	47,3

Sumber : IPCC, 2006

Persamaan (2.2) merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung total emisi CO₂ dari bahan bakar LPG yang bersumber dari IPCC (2006).

$$P_{ey} = F_{cy} \times EF_{LPG} \times NCV_{LPG} \quad (2.2)$$

Dimana:

P_{ey} = Total emisi CO₂ (gr)

F_{cy} = Konsumsi LPG (kg)

EF_{LPG} = Faktor emisi LPG 63,1 (gr/MJ)

NCV_{LPG} = 47,3 (MJ/kg)

Untuk menghitung total emisi CO₂ bahan bakar kayu bakar digunakan persamaan (2.3).

Tabel 2.7 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Kayu Bakar

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)
Kayu Bakar	112	15

Sumber : IPCC, 2006

$$C_{ey} = F_{cy} \times EF_{kayu\ bakar} \times NCV_{kayu\ bakar} \quad (2.3)$$

Dimana:

B_{ey} = Total emisi CO₂ (gr)

$EF_{kayu\ bakar}$ = Faktor emisi kayu bakar (gr/MJ)

$F_{Cy\ kayu\ bakar}$ = Konsumsi kayu bakar (kg)

$NCV_{kayu\ bakar}$ = 43,8 (MJ/kg)

2.7 Sektor Persampahan

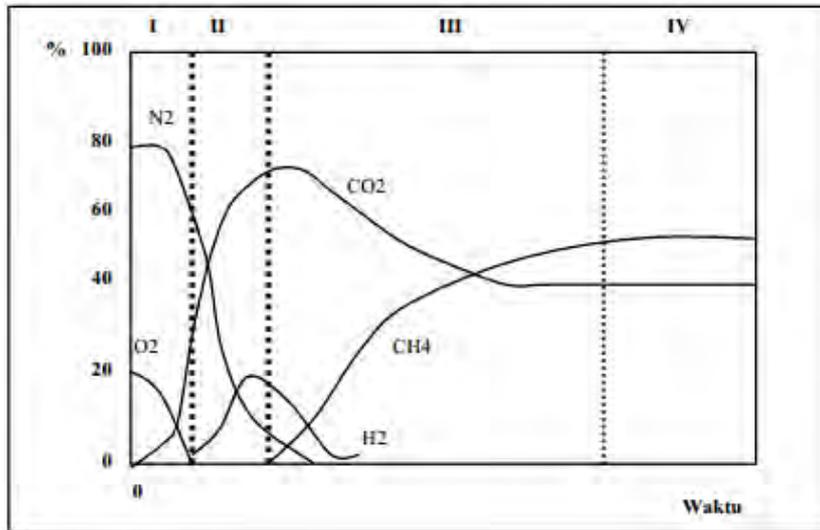
Sampah adalah salah satu sektor dari aktivitas manusia yang berkontribusi dalam pemanasan global. Sampah menyumbang gas rumah kaca dalam bentuk gas metana (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂). Sampah yang tertimbun dalam waktu tertentu akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas-gas yang menyebar di udara. Gas yang paling banyak dihasilkan dari proses degradasi sampah organik yaitu gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂).

Gas metana yang yang dilepaskan ke udara begitu saja memiliki emisi gas rumah kaca sebesar 21 kali lebih buruk dari CO₂ (IPCC, 2006).

Gas metana merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dan dalam pengapian berwarna biru (Fairus,dkk., 2011). Gas metana adalah gas jejak yang cukup reaktif dengan umur hidup kimia di atmosfer sekitar 10 tahun (Lelieveld,dkk., 1993).

Menurut Sudarman (2010), gas metana merupakan gas yang terbentuk dari proses dekomposisi anaerob sampah organik yang juga sebagai salah satu penyumbang gas rumah kaca yang memiliki efek 20–30 kali lipat bila dibandingkan dengan gas CO₂. Secara teori total produksi gas metana tergantung kepada komposisi sampah, setiap kilogram sampah dapat memproduksi 0,5 m³ gas metan dan sumbangannya terhadap pemanasan global sebanyak 15%.

Proses pembentukan gas metan pada sampah melalui proses bertahap dengan empat tahap, yakni hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Tahap pertama adalah hidrolisis, dimana pada tahap ini bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lipid, dan protein didegradasi oleh mikroorganisme hidrolitik menjadi senyawa terlarut seperti asam karboksilat, asam keton, asam hidroksi, keton, alkohol, gula sederhana, asam-asam amino, H₂ dan CO₂. Pada tahap selanjutnya yaitu tahap asidogenesis senyawa terlarut tersebut diubah menjadi asam-asam lemak rantai pendek, yang umumnya asam asetat dan asam format oleh mikroorganisme asidogenik. Tahapan selanjutnya adalah asetogenesis, pada tahap ini dilakukan proses penguraian produk asidogenesis yang akan menghasilkan hidrogen, karbon dioksida, dan asetat. Tahap terakhir adalah metanogenesis, dimana pada tahap ini asam-asam lemak rantai pendek diubah menjadi H₂, CO₂, dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi CO₂, kemudian bersama-sama dengan H₂ dan CO₂ menghasilkan produk akhir, yaitu metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Gambar 2.3 menunjukkan fase degradasi sampah dan pembentukan gas dalam *Landfill*.



Gambar 2.3 Fase Degradasi Sampah dan Pembentukan Gas dalam *Landfill*
(Tchobanoglous,dkk., 1993)

2.7.1 Estimasi Emisi CO₂ dari TPA

Emisi yang dihasilkan dari ampah yang di timbun di TPA berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dan (2.5).

Emisi CH₄ =

$$\left(\text{MSWT} \times \text{MSWF} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCF} \times F \times \frac{16}{2} - R \right) \times (1 - \text{OX}) \quad (2.4)$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Emisi methane} \times \left(\frac{1-F}{F} + \text{OX} \right) \times 44/16 \quad (2.5)$$

Dimana:

MSW_T = Timbulan sampah kota (Gg/tahun)

MSW_F = Persentase sampah yang masuk ke TPA

MCF = Faktor koreksi metana (Tabel 2.9, dipilih sesuai dengan kondisi TPA)

DOC = Degradasi organik karbon (Kg C/Kg sampah)

DOC_F = Fraksi dari DOC (0,5 berdasarkan IPCC, 2006)

F = Fraksi dari CH₄ di TPA (0,5 berdasarkan IPCC, 2006)

R = Recovery CH₄ (Gg/tahun) (0 karena di Kabupaten Malang belum memiliki alat pengukur gas CH₄)

OX = Faktor oksidasi (Tabel 2.10, berdasarkan IPCC, 2006)

44 = MR dari CO₂ (kg/kg-mol)

16 = MR dari CH₄ (kg/kg-mol)

Untuk mengonversikan emisi CH₄ ke CO₂ dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, dengan menggunakan persamaan (2.6) atau menggunakan pendekatan nilai *Global Warming Potential* (GWP).

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Emisi CH}_4 \times \left[\frac{1-F}{F} + \text{OX} \right] \times \frac{44}{16} \quad (2.6)$$

Dimana:

F = Fraksi dari CH₄ di TPA

OX = Faktor oksidasi

44 = MR dari CO₂ (kg/kg-mol)

16 = MR dari CH₄ (kg/kg-mol)

Nilai potensi pemanasan global (GWP) dari tiap GRK berbeda-beda dan sangat tergantung pada radiasi yang ditimbulkan. Nilai ini berdasarkan perbandingan mol CO₂, misalnya 1 ton CH₄ memiliki GWP setara dengan 25 ton CO₂ (KLH, 2012; IPCC, 2006). Nilai *Global Warming Potential* (GWP) disajikan dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai Potensi Pemanasan Global (GWP) dari masing-masing GRK

No	GRK	GWP
1	CO ₂	1
2	CH ₄	25
3	N ₂ O	298
4	HFCs	12-14.800
5	PFCs	7.390-12.200
6	SF ₆	22.800

Sumber: KLH, 2012 ; IPCC, 2006

Berdasarkan Tabel 2.8 diketahui nilai GWP dari CH₄ adalah 25. Sehingga besarnya emisi CO₂ dapat diperoleh melalui persamaan (2.7).

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Emisi CH}_4 \times 25 \quad (2.7)$$

Keterangan lebih lanjut mengenai DOC, DOCF, F, R, dan OX berdasarkan IPCC (2006) adalah sebagai berikut:

a. DOC (*Degradable Organic Carbon*)

Degradable organic carbon adalah nilai dekomposisi karbon organik dalam sampah. DOC ini dihitung berdasarkan persamaan (2.8).

$$DOC = \sum i (DOC_i \times W_i) \quad (2.8)$$

Dimana:

DOC = Degradasi organik karbon dalam sampah (Gg C/Gg Sampah)

DOC_i = Degradasi organik karbon jenis sampah *i* (Tabel 2.9)

W_i = Komposisi jenis sampah *i* (diperoleh dari penelitian)

i = Komponen sampah (misal sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dan lain-lain).

Tabel 2.9 menunjukkan nilai DOC_i yang diklasifikasikan berdasarkan komponen sampah.

Tabel 2.9 Nilai DOC_i

Jenis Sampah	Nilai DOC _i
Sampah makanan	0,15
Sampah kebun	0,20
Sampah kertas	0,40
Sampah kayu dan jerami	0,43
Sampah tekstil	0,24
Diapers	0,24
Karet dan kulit	0,39
Lumpur	0,05
Kaca, plastik, logam	0

Sumber : IPCC, 2006

b. Fraction of Degradable Organic Dissimilated (DOC_F)

DOC_F merupakan perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA. DOC_F juga merupakan penggambaran kenyataan bahwa beberapa karbon organik tidak terdegradasi atau terdegradasi sangat lambat, dalam kondisi anaerobik di TPA. Nilai standar yang direkomendasikan untuk DOC_F adalah 0,5 dengan asumsi bahwa lingkungan TPA dalam kondisi anaerobik. Nilai DOC_F tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dll.

c. Fraksi CH₄ pada gas Landfill yang dihasilkan (F)

Emisi gas CH₄ yang dihasilkan oleh sebagian besar sampah di *landfill* sekitar 50%. Bahan-bahan seperti minyak dan lemak dapat menghasilkan gas CH₄ lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi CH₄ adalah 0,5.

d. Methane Correction Factors (MCF)

Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) bergantung pada pengelolaan yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) disajikan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Klasifikasi TPA dan *Methane Correction Factors* (MCF)

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik ¹	1,0
Terkelola-semi-anaerobik ²	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampai >5m) dan/air tanah yang dangkal ³	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampai <5m) ⁴	0,4
TPA tidak memiliki katagori ⁵	0,6

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

1. TPA terkelola-anaerobik: Tempat pembuangan yang terkontrol setidaknya meliputi salah satu dari berikut: (i) Tercover, (ii) Pemadatan, atau (iii) Perataan sampah.
Contoh pengelolaan sampah TPA: *Sanitary Landfill*
2. TPA terkelola-semianaerobik: Tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara untuk setiap lapisan sampah: (i) Bahan penutup yang *permeable*, (ii) Sistem drainase lindi, atau (iii) Pengaturan umur kolam, (iv) Sistem ventilasi gas.
Contoh pengelolaan sampah TPA: *Control Landfill*
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal: semua TPA yang ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman lebih besar atau sama dengan 5 m dan atau air tanah dangkal.
Contoh pengelolaan sampah TPA: *Open Dumping*
4. TPA tidak terkelola-dangkal: semua TPA yang tidak terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5 m.
Contoh pengelolaan sampah TPA: *Open Dumping*

5. TPA tidak memiliki katagori: hanya jika Negara tidak dapat mengkategorikan TPA ke dalam empat katagori TPA yang disebutkan sebelumnya.

e. Oxidation Factor (OX)

Nilai dari *Oxidation Factor (OX)* menunjukkan sejumlah CH₄ dari TPA yang teroksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi tanah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi daripada TPA yang tidak dikelola. Nilai dari *Oxidation Factor (OX)* tersaji pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 *Oxidation Factor (OX)*

Tipe TPA	Nilai Standar <i>Oxidation Faktor (OX)</i>
TPA terkelola, tidak terkelola, dan tidak terkatagori ¹	0
TPA terkelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH ₄ ²	0,1

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

¹ Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi

² contohnya tanah, kompos

2.7.2 Estimasi Emisi CO₂ dari Pembakaran Terbuka (*Open Burning*)

Metode yang digunakan untuk estimasi emisi CO₂ dari proses pembakaran terbuka (*open burning*) adalah berdasarkan pada perkiraan kandungan karbon fosil dalam limbah yang dibakar, kemudian dikalikan dengan faktor oksidasi dan mengkonversi produk (jumlah karbon fosil yang dioksidasi) ke CO₂. Untuk menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran limbah padat (sampah) digunakan persamaan (2.9) berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006).

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} \times \sum j (\text{WF}_j \times \text{dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j) \times \frac{44}{12} \quad (2.9)$$

Dimana:

MSW = Jumlah total dari limbah padat sebagai berat basah pembakaran terbuka (Ggram/tahun)

- WFj = Fraksi tipe limbah dari komponen j dalam MSW
- Dmj = Kandungan zat kering dalam komponen j pada MSW pembakaran terbuka (nilai Dmj dapat dilihat pada Tabel 2.12)
- CFj = Fraksi karbon dalam bahan kering (kandungan karbon) pada komponen j (dapat dilihat pada Tabel 2.13)
- FCFj = Fraksi fosil karbon dalam total karbon pada komponen j (dapat dilihat pada Tabel 2.14)
- Ofj = Faktor oksidasi (fraksi 0.58)
- 44/12 = Faktor konversi dari C ke CO₂
- j = Komponen dari MSW pembakaran terbuka (kertas, tekstil, sisa makanan, kayu, limbah kebun dan taman, diapers, plastik, karet, logam, kaca)

Tabel 2.12 Nilai *Dry Matter Content* (Dmj)

Jenis Sampah	Nilai Dmj
Sampah makanan	0,4
Sampah kebun	0,4
Sampah kertas	0,9
Sampah kayu	0,85
Sampah tekstil	0,8
Diapers	0,4
Karet dan kulit	0,84
Plastik	1
Logam	1
Kaca	1
Lain-lain	0,9

Sumber : IPCC, 2006

Tabel 2.13 Nilai CFj

Jenis Sampah	Nilai CCFj
Sampah makanan	0,15
Sampah kebun	0,2
Sampah kertas	0,4
Sampah kayu	0,43
Sampah tekstil	0,24
Diapers	0,4
Karet dan kulit	0,39
Plastik	0
Logam	0

Jenis Sampah	Nilai CCFj
Kaca	0
Lain-lain	0

Sumber : IPCC, 2006

Tabel 2.14 Nilai FCFj

Jenis Sampah	Nilai Dmj
Sampah makanan	0
Sampah kebun	0
Sampah kertas	0,01
Sampah kayu	0
Sampah tekstil	0,2
Diapers	0,1
Karet dan kulit	0,2
Plastik	1
Logam	0
Kaca	0
Lain-lain	1

Sumber : IPCC, 2006

2.8 Teknik Sampling

Menurut Singarimbun dan Effendi (1995), beberapa metode pengambilan sampling adalah:

1. Pengambilan Sampel Acak Sederhana (*Simple Random Sampling*)

Simple Random Sampling adalah sebuah sampel yang diambil sedemikian rupa sehingga tiap unit penelitian atau suatu elementer dari populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai sampel.

2. Pengambilan Sampel Sistematis (*Systematic Sampling*)

Apabila banyaknya satuan elementer yang akan dipilih cukup besar, maka pemilihan sampel dengan *simple random sampling* agak berat dalam pengerjaannya sehingga dalam keadaan seperti ini kebanyakan ahli statistik cenderung untuk memakai metode lain. Pengambilan sampel sistematis adalah suatu metode pengambilan sampel dimana hanya unsur pertama saja dari sampel dipilih secara acak, sedangkan unsur-unsur selanjutnya dipilih secara sistematis menurut pola tertentu.

3. *Pengambilan Sampel Acak Strasifikasi (Stratified Random Sampling)*

Pada saat praktek sering dijumpai populasi tidak homogen. Semakin heterogen suatu populasi, maka semakin besar pula perbedaan sifat antara lapisan-lapisan tersebut. Presisi dan hasil yang dapat dicapai dengan penggunaan suatu metode pengambilan sampel, antara lain dipengaruhi oleh derajat keseragaman populasi yang bersangkutan.

4. *Pengambilan Sampel Gugus Sederhana (Simple Cluster Sampling)*

Sampai saat ini pembahasan yang dilakukan adalah mengenai metode sampling dimana unit analisa atau satuan penelitian (misalnya orang, bidang tanah, perusahaan dan sebagainya) sudah tersusun dalam suatu daftar. Dalam praktek kita, seringkali dihadapkan dengan kenyataan dimana kerangka sampel (sampling frame) yang digunakan untuk dasar pemilihan sampel tidak tersedia atau tidak lengkap, dan biaya untuk membuat kerangka sampel terlalu tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, maka unit-unit analisa dalam populasi digolongkan dalam gugus-gugus yang disebut *cluster*, dan ini akan merupakan satuan-satuan dari mana sampel akan diambil. Jumlah gugus yang diambil sebagai sampel harus secara acak. Kemudian untuk unsur-unsur penelitian dalam gugus harus diteliti semua.

5. *Pengambilan Sampel Gugus Bertahap (Dua atau Lebih)*

Dalam praktek sering kita jumpai populasi yang letaknya sangat tersebar secara geografis, sehingga sangat sulit untuk mendapatkan kerangka sampel dari semua unsur-unsur yang terdapat dalam populasi tersebut. Untuk mengatasi hal ini maka unit-unit analisa dikelompokkan ke dalam gugus-gugus yang merupakan satuan-satuan dari mana sampel akan diambil. Pengambilan sampel, dilakukan melalui tahap-tahap tertentu.

6. *Pengambilan Sampel Wilayah (Area Sampling)*

Cara lain dalam pengambilan sampel bagi populasi yang tidak dapat dibuat kerangka sampelnya ialah dengan pengambilan sampel wilayah (area sampling). Untuk itu dibutuhkan peta atau potret udara yang cukup jelas dan terinci dari wilayah yang akan diteliti.

2.9 Pemetaan dan penyebaran Emisi Karbon

Dengan adanya pemetaan emisi karbon, maka didapatkan gambaran awal secara menyeluruh tingkat emisi karbon berupa zona-zona atau wilayah berdasarkan tingkat emisi karbon dari sektor permukiman dan persampahan. Berdasarkan tingkat emisi yang dipetakan, maka nantinya akan dapat ditentukan kebijakan dan prioritas penanganan serta upaya-upaya yang sesuai, dalam rangka penurunan tingkat emisi di Kabupaten Malang (Boedisantoso, 2014).

Selain analisis kuantitatif, analisis distribusi spasial dibutuhkan untuk mengamati persebaran emisi secara kualitatif dimana analisis kuantitatif saja tidak cukup untuk menggambarkan persebaran emisi terhadap kondisi geografis suatu daerah (Noor dan Sofyan, 2008).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODE PENELITIAN

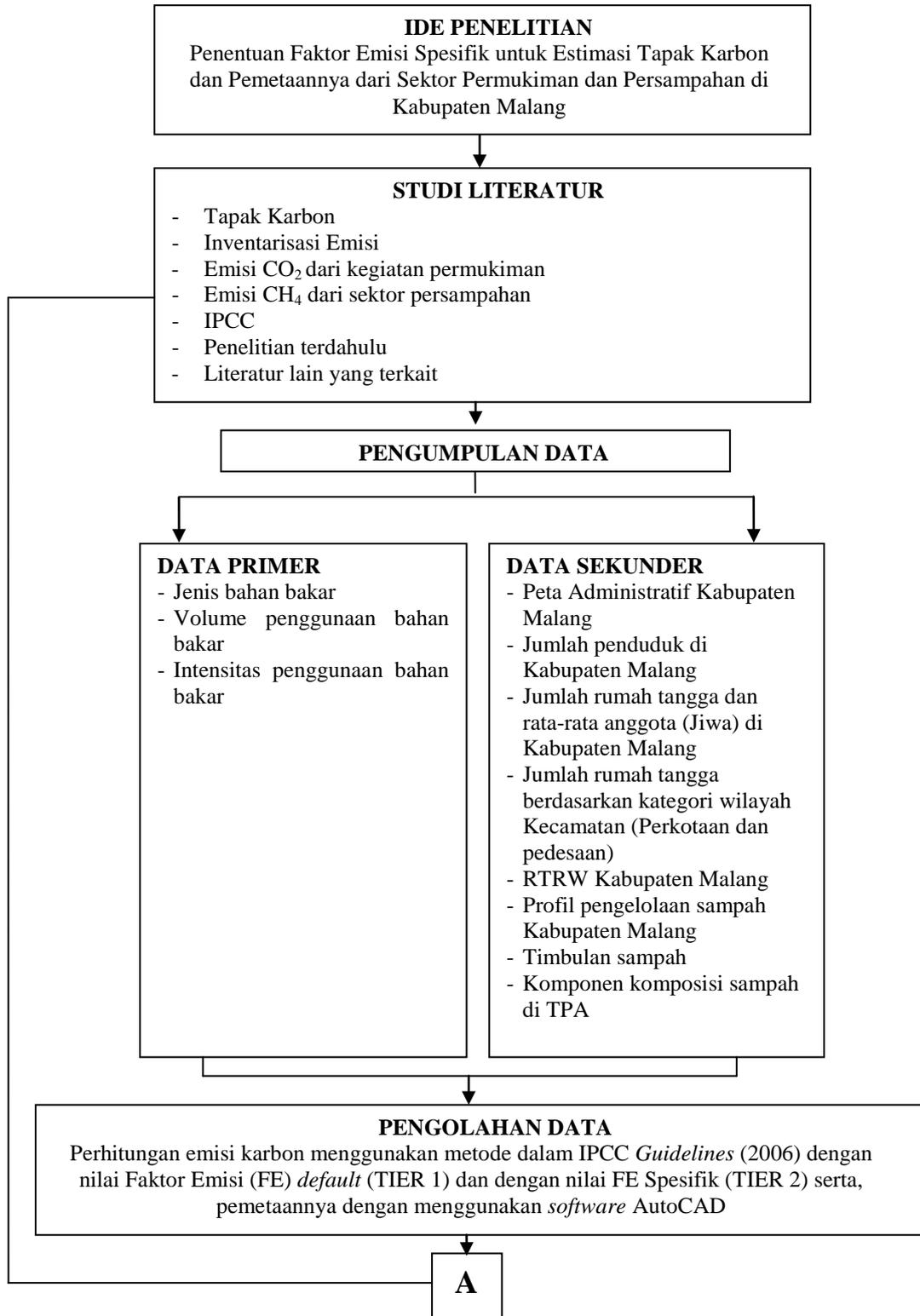
3.1 Umum

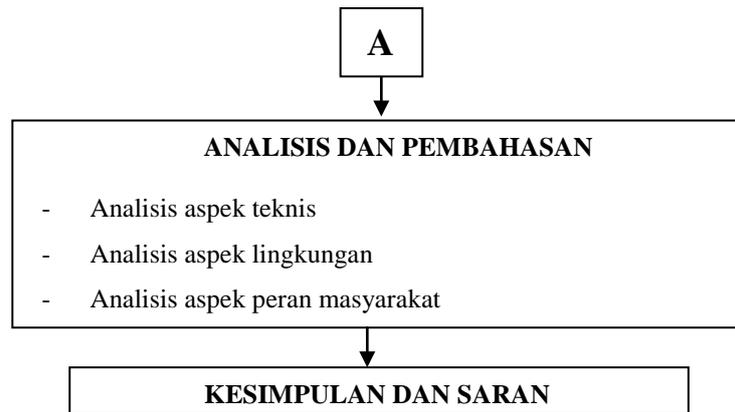
Pada penelitian ini dilakukan analisis beban emisi karbon melalui pendekatan nilai Faktor Emisi yang terdapat dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) dan menggunakan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES). Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan yaitu melalui studi literatur yang terkait dengan penelitian ini, pengumpulan data, perhitungan dan analisis dari data yang diperoleh. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder. Setelah data diperoleh, data dianalisis menggunakan metode perhitungan/matematis yaitu dengan menggunakan persamaan dari IPCC dan beberapa literatur sesuai dengan sektor yang terkait.

Tahap analisis yang dilakukan meliputi analisis beban emisi karbon di Kabupaten Malang, Jawa Timur dengan pendekatan nilai Faktor Emisi (FE) berdasarkan IPCC dan estimasi ulang emisi karbon di Kabupaten Malang, Jawa Timur dengan pendekatan Faktor Emisi Spesifik (FES). Setelah itu hasil estimasi tapak karbon tersebut dipetakan menggunakan *software* AutoCAD sehingga dapat diketahui penyebaran emisi karbon sesuai dengan tingkatannya di wilayah penelitian pada sektor permukiman dan persampahan.

Kerangka penelitian pada Gambar 3.1 disusun untuk mencapai tujuan, yang terdiri atas perumusan ide penelitian, perumusan masalah, studi literatur, pengambilan data, analisis data, pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran.

3.2 Kerangka Penelitian





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini berisi tentang penjabaran dari langkah-langkah yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah tersebut meliputi penjelasan secara rinci dari studi literatur, pengumpulan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian ini adalah *Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Malang*.

Dimana hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam inventarisasi emisi karbon dari wilayah-wilayah yang ada di Jawa Timur yang memiliki karakteristik wilayah yang sama dan sesuai dengan fungsi pengembangan wilayah perkebunan dan kehutanan.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menunjang jalannya penelitian hingga penulisan laporan, agar diperoleh dasar teori yang jelas dan kuat dalam proses perhitungan dan analisis serta pembahasan sehingga dapat diperoleh kesimpulan yang tepat. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, jurnal penelitian, serta penelitian terdahulu yang berkaitan. Beberapa bidang cakupan yang digunakan untuk studi literatur meliputi:

- Tapak Karbon

- Inventarisasi Emisi
- Emisi CO₂ dari kegiatan permukiman
- Emisi CH₄ dari sektor persampahan
- IPCC
- Penelitian terdahulu
- Literatur lain yang terkait

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder

Jenis data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan menggunakan kuisisioner dan wawancara. Pengambilan data primer ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi eksisting Kabupaten Malang, terkait penggunaan bahan bakar rumah tangga, timbulan sampah sehingga hasil estimasi emisi karbon dari setiap sektor lebih mewakili dan sesuai dengan karakteristik wilayah penelitian. Data primer juga digunakan untuk memverifikasi data sekunder yang telah diperoleh untuk menunjang proses perhitungan dan analisis dari penelitian ini.

Data primer yang dibutuhkan meliputi:

- *Jenis bahan bakar*

Jenis bahan bakar digolongkan menjadi dua yaitu LPG dan Kayu bakar. Jenis dan pola penggunaan bahan bakar (LPG dan kayu bakar) dibutuhkan untuk menghitung beban emisi CO₂ primer dari sektor permukiman. Jenis bahan bakar memiliki nilai Faktor Emisi (FE) dan nilai NCV yang berbeda-beda sehingga beban emisi CO₂ pada mulanya akan dihitung secara terpisah. Selain itu, volume dan intensitas dari penggunaan bahan bakar rumah tangga (LPG dan Kayu bakar) nantinya akan dianalisis apakah berpengaruh terhadap besarnya emisi karbon di wilayah penelitian.

Data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Malang, Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPEDA) Kabupaten Malang, Badan Perumahan Kabupaten Malang, Dinas

Cipta Karya dan Tata Ruang serta instansi terkait lainnya. Data sekunder yang diperlukan antara lain:

- *Peta Administratif Kabupaten Malang*

Peta administratif digunakan untuk mengetahui batasan wilayah penelitian, dan pedoman dalam kegiatan survei/pengamatan langsung di lapangan selain itu, nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam pemetaan emisi karbon.

- *Jumlah penduduk di Kabupaten Malang, jumlah rumah tangga dan rata-rata anggota (Jiwa) di Kabupaten Malang*

Data-data tersebut merupakan gambaran karakteristik wilayah penelitian berupa kepadatan penduduk dan jumlah rumah tangga. Hal ini juga terkait dengan perhitungan FES yang nantinya akan dihitung per jiwa dan jumlah penghuni.

- *Jumlah rumah tangga berdasarkan kategori wilayah Kecamatan (Perkotaan dan pedesaan)*

Besar emisi karbon dari sektor permukiman digolongkan berdasarkan kategori wilayah Kecamatannya (Perkotaan atau pedesaan) yang dianggap mewakili kategori rumah tangga dalam wilayah tersebut.

- *RTRW Kabupaten Malang*

RTRW Kabupaten Malang akan menjadi acuan dalam analisis dan penulisan saran dan masukan yang dapat diberikan kepada pihak terkait (pemerintah atau pihak lainnya) yang akan melakukan pengembangan wilayah maupun dalam bentuk pengendalian lingkungan.

- *Profil pengelolaan sampah Kabupaten Malang*

Data profil pengelolaan sampah, daftar dan fasilitas TPA dan karakteristik sampah di Kabupaten Malang sebagai gambaran karakteristik sektor persampahan di Kabupaten Malang. Hal ini akan mempengaruhi pengambilan keputusan wilayah-wilayah lain yang akan mengestimasi emisi dengan menggunakan nilai FES dari sektor persampahan di Kabupaten Malang.

- *Timbulan sampah*

Data timbulan sampah dari tiap TPA nantinya akan digunakan sebagai *input* data perhitungan beban emisi karbon dari sektor persampahan di Kabupaten Malang.

- *Komponen komposisi sampah di TPA*

Komponen komposisi sampah di TPA dibutuhkan untuk memperoleh nilai DOC dalam menghitung emisi karbon dari sektor persampahan.

3.3.3.2 Metode Sampling Sektor Permukiman

Kabupaten Malang merupakan Kabupaten terbesar kedua di Provinsi Jawa Timur yang terbagi dalam 33 Kecamatan dengan 390 Kelurahan/Desa. Luas wilayah Kabupaten Malang adalah 3.478 km², dengan persebaran populasi yang letaknya sangat tersebar secara geografis, sehingga sangat sulit untuk memperoleh data sehingga, dibutuhkan survei dengan jumlah sampel yang ditentukan berdasarkan perhitungan statistika. Selain alasan tersebut, perhitungan statistika dibutuhkan karena keterbatasan waktu penelitian dengan cakupan penelitian yang sangat luas, jarak antar kecamatan yang cukup jauh, keterbatasan biaya yang tersedia dan sangat terbatasnya jumlah surveyor.

Untuk penelitian apapun, ukuran sampel penelitian harus ditentukan pada tahap perancangan penelitian. Namun, sebelum menentukan ukuran sampel yang harus diambil dari populasi, beberapa faktor harus dipertimbangkan. Menurut Salant dan Dillman (1994), ukuran sampel ditentukan oleh 4 faktor:

1. Berapa besar batas *error* yang dapat ditoleransi
2. Jumlah populasi
3. Bagaimana variasi populasi
4. Perkiraan kelompok terkecil dalam sampel yang diperlukan.

Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah sampel dari suatu populasi yang secara umum digunakan adalah dengan menggunakan metode statistika berdasarkan Krejcie dan Morgan (1970). Metode Krejcie dan Morgan (1970) bila dibandingkan dengan metode statistika lainnya dalam hal ini metode Slovin dalam Setiawan (2007), metode Krejcie dan Morgan (1970) dapat digunakan untuk pengambilan sampel secara acak/random (*probability sampling*) dan memiliki nilai batas *error* yang pasti yaitu 5-10% sedangkan Slovin tidak dapat digunakan untuk *probability sampling* dan Slovin masih memberi kebebasan untuk menentukan nilai batas kesalahan atau galat pendugaan.

Ketepatan metode penentuan jumlah sampel dianggap penting untuk sebuah penelitian. Hal ini dipertimbangkan untuk memastikan apakah ukuran sampel telah cukup dan mewakili untuk memberikan akurasi yang cukup untuk pengambilan keputusan dalam penelitian dengan angka keyakinan yang jelas. Oleh karena itu, untuk menentukan jumlah sampel dengan selang kepercayaan dan batas *error* yang jelas maka digunakan metode Krejcie dan Morgan (1970) dalam Pradiptya (2007). Jumlah sampel dihitung menggunakan persamaan (3.1).

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \quad (3.1)$$

Dimana:

- n = Jumlah total sampel wilayah studi (rumah tangga)
- N = Jumlah populasi dalam wilayah studi (rumah tangga)
- X² = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (jika selang kepercayaan 95 % maka X = 1,6; jika 99 % maka X = 2,58)
- P = Proporsi populasi (0,5 – 0,99)
- d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Dari hasil perhitungan diperoleh jumlah total sampel wilayah studi yaitu 68 sampel dengan selang kepercayaan 95 % dan batas error 10%. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah Pengambilan Sampel Acak Strasifikasi (*Stratified Random Sampling*). Cara pengambilan sampel yaitu dengan memilih rumah tangga secara acak.

Setelah diperoleh jumlah sampel, selanjutnya ditentukan jumlah sampel dari tiap kategori wilayah. Untuk menentukan jumlah sampel dari tiap kategori wilayah dihitung dengan perbandingan proporsional dari total rumah tangga perkotaan dan pedesaan di Kabupaten Malang.

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil sebagai berikut:

- ✓ Jumlah sampel Perkotaan= 41 responden
- ✓ Jumlah sampel Pedesaan = 27 responden

Selanjutnya menentukan area sampling, dimana dipilih 6 Kecamatan yang mewakili dari masing-masing kategori berdasarkan beberapa pertimbangan. Perimbangan-pertimbangan tersebut yaitu, 6 kecamatan berada dalam pembagian wilayah pengembangan yang berbeda sesuai dengan RTRT Kabupaten Malang

yang telah disebutkan dalam bab sebelumnya. Pembagian wilayah tersebut dianggap telah mewakili karakteristik dari tiap titik pengambilan sampel. Dari 6 wilayah tersebut masing-masing dipilih satu Kecamatan yang terhubung dengan Jalan Nasional dan Jalan Provinsi dan yang terdekat dari Ibu Kota Kabupaten Malang yaitu Kecamatan Kepanjen dan Kota Malang.

Untuk jumlah sampel yang akan diambil di tiap kategori wilayah perkotaan/pedesaan dihitung dengan teknik perbandingan proporsional (persamaan 4.3).

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad (3.2)$$

Dimana:

N_i = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi

N = Jumlah total populasi wilayah studi

n = Jumlah total sampel wilayah studi

n_i = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Setelah dilakukan perhitungan dengan memasukkan nilai n (jumlah total rumah tangga perkotaan dan pedesaan) dan N (jumlah rumah tangga perkotaan/pedesaan) maka dapat diketahui jumlah sampel untuk tiap kategori rumah tangga di tiap kategori wilayah. Tabel 3.1 menunjukkan jumlah rumah tangga dan jumlah sampel di area sampling.

Tabel 3.1 Jumlah Rumah Tangga dan Jumlah Sampel di Area Sampling

No	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga		Jumlah Sampel	
		Perkotaan	Pedesaan	Perkotaan	Pedesaan
1	Kepanjen	22950	3854	9	2
2	Singosari	36.457	6.980	15	3
3	Turen	20.457	9.710	8	4
4	Sumbermanjing	3.928	21.941	2	9
5	Pujon	6.299	11.242	3	5
6	Jabung	10.623	9.439	4	4
Total Sampel		100.714	63.166	41	27
		163.880		68	

Sumber: SPI (2012) dan Hasil Perhitungan

Selanjutnya penyebaran kuisioner (Lampiran) dibagi di tiap Kecamatan sesuai dengan kategori rumah tangga. Penyebaran kuisioner dilakukan diwaktu-waktu tertentu, yaitu pagi dan sore hari. Waktu tersebut dipilih dimana responden dapat ditemui tanpa mengganggu aktivitas harian responden. Wawancara akan dilakukan secara langsung terhadap setiap responden, kuisioner akan diisi langsung oleh surveyor selama wawancara berlangsung.

3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Sekunder

Pengolahan data primer dan sekunder dalam penelitian ini mencakup beberapa tahapan, yaitu:

- *Perhitungan beban emisi karbon dengan pendekatan nilai Faktor Emisi (FE) berdasarkan IPCC (TIER 1)*

Perhitungan ini menggunakan pendekatan nilai FE berdasarkan IPCC yang terdapat pada bab sebelumnya dengan perhitungan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3) untuk sektor permukiman dan persamaan (2.4), (2.5), (2.7), (2.8) dan (2.9) untuk sektor persampahan.

- *Perhitungan emisi karbon dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (TIER 2)*

Selanjutnya dilakukan estimasi ulang beban emisi karbon dengan menggunakan nilai FE yang spesifik sesuai dengan sektor serta karakteristik wilayah penelitian.

- *Pemetaan wilayah Ecoregion berdasarkan tapak karbon menggunakan software AutoCAD*

Hasil analisis tersebut kemudian dipetakan menggunakan AutoCAD. Setelah dipetakan akan dilakukan analisis mengenai penyebaran emisi karbon dalam wilayah penelitian.

3.3.5 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah pengolahan data selesai dilakukan, maka dilakukan analisis data dan pembahasan berdasarkan hasil yang didapatkan selama penelitian berlangsung. Metode analisis dilakukan berdasarkan hasil kuisioner. Analisis yang akan dilakukan diantaranya yaitu:

- Analisis aspek teknis
- Analisis aspek lingkungan
- Analisis aspek peran masyarakat

3.3.6 Tahap Kesimpulan

Setelah diperoleh hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian.

BAB 4

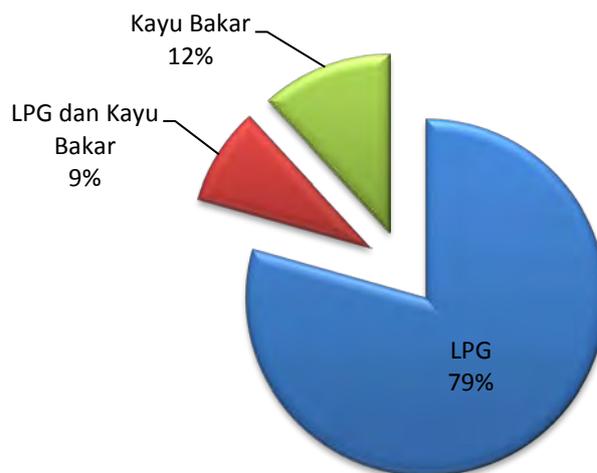
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Aspek Teknis

Pada penelitian ini aspek teknis membahas perhitungan emisi CO₂ dari sektor permukiman yaitu emisi dari penggunaan bahan bakar dan dari sektor persampahan meliputi perhitungan emisi CO₂ dari sampah di TPA yang terdapat di Kabupaten Malang dan emisi dari kegiatan pembakaran sampah.

4.1.1 Emisi CO₂ Primer dari Sektor Permukiman di Kabupaten Malang

Emisi CO₂ primer dari sektor permukiman dalam hal ini terkait dengan penggunaan bahan bakar rumah tangga untuk memasak. Hasil survei dan inventarisasi data bahan bakar yang telah dilakukan di 6 Kecamatan di Kabupaten Malang (Kepanjen, Singosari, Pujon, Sumbermanjing, Jabung dan Turen) menunjukkan bahwa bahan bakar rumah tangga yang sebagian besar digunakan terkait kegiatan memasak yakni bahan bakar LPG (*Liquid Petroleum Gas*) dengan persentase sebesar 79 % dan kayu bakar sebesar 12 % dan terdapat 9 % responden menggunakan kedua bahan bakar tersebut sebagai bahan bakar untuk memasak.



Gambar 4.1 Persentase Jumlah Responden Sesuai Jenis Bahan Bakar yang Digunakan di Kabupaten Malang

Gambar 4.1 menunjukkan persentase jumlah responden sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan untuk memasak di Kabupaten Malang.

Selanjutnya berdasarkan hasil survei tersebut dapat diperoleh jumlah rumah tangga dari tiap Kecamatan di Kabupaten Malang berdasarkan jenis bahan yang digunakan untuk memasak. Jumlah rumah tangga di Kabupaten Malang berdasarkan jenis bahan yang digunakan untuk memasak selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Jenis Bahan Bakar untuk Memasak di Kabupaten Malang

No	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pengguna Bahan Bakar		
			LPG	LPG dan Kayu Bakar	Kayu Bakar
1	Kepanjen	26.804	21286	2365	3153
2	Wonosari	11.683	9278	1031	1374
3	Ngajum	13.065	10375	1153	1537
4	Kromengan	10.786	8565	952	1269
5	Pagak	13.057	10369	1152	1536
6	Sumberpucung	14.298	11354	1262	1682
7	Kalipare	18.096	14370	1597	2129
8	Donomulyo	18.551	14732	1637	2182
9	Gondanglegi	20.807	16523	1836	2448
10	Pagelaran	17.801	14136	1571	2094
11	Dau	19.800	15724	1747	2329
12	Karangploso	20.255	16085	1787	2383
13	Lawang	26.452	21006	2334	3112
14	Singosari	43.437	34494	3833	5110
15	Pakisaji	20.927	16619	1847	2462
16	Wagir	19.963	15853	1761	2349
17	Tajinan	13.818	10973	1219	1626
18	Bululawang	17.379	13801	1533	2045
19	Pakis	35.733	28376	3153	4204
20	Ngantang	15.975	12686	1410	1879
21	Pujon	17.541	13930	1548	2064
22	Kasembon	8.485	6738	749	998
23	Sumbermanjing	25.869	20543	2283	3043
24	Gedangan	14.691	11666	1296	1728
25	Bantur	19.733	15670	1741	2322

No	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pengguna Bahan Bakar		
			LPG	LPG dan Kayu Bakar	Kayu Bakar
26	Tumpang	20.662	16408	1823	2431
27	Poncokusumo	24.979	19836	2204	2939
28	Wajak	21.777	17294	1922	2562
29	Jabung	20.062	15932	1770	2360
30	Turen	30.167	23956	2662	3549
31	Dampit	32.405	25733	2859	3812
32	Tirtoyudo	17.116	13592	1510	2014
33	Ampelgading	14.994	11907	1323	1764
		667.168	529.810	58.868	78.490

*Data SPI telah diperbaharui pada tanggal 14 Mei 2012

Sumber : Hasil perhitungan yang mengacu pada data Sensus Penduduk Indonesia (SPI), 2010), <http://sp2010.bps.go.id/index.php/site/tabel?tid=302&wid=3507000000>

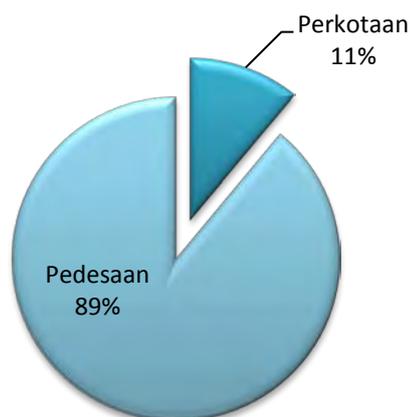
Dalam penelitian ini wilayah di Kabupaten Malang dibagi berdasarkan status wilayah yaitu, perkotaan dan pedesaan. Wilayah perkotaan berdasarkan hasil survei terhadap 41 sampel rumah tangga sedangkan wilayah pedesaan sebanyak 26 sampel. Sampel telah dibagi berdasarkan teknik perbandingan proporsional terhadap jumlah rumah tangga dari tiap wilayah di Kecamatan yang menjadi titik pengambilan sampel. Berdasarkan pembagian kategori wilayah tersebut dapat diketahui rata-rata konsumsi bahan bakar dari hasil survei. Tabel 4.1 menunjukkan Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan di Kabupaten Malang.

Tabel 4.2 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah

Status Wilayah	Jumlah Sampel (Rumah Tangga)	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		Total Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)
		LPG	Kayu Bakar		
Perkotaan	41	472		472	11,512
Pedesaan	26	141	2291	2432	93,538

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi bahan bakar rumah tangga pedesaan lebih besar dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar rumah tangga di wilayah perkotaan. Rata-rata konsumsi bahan bakar rumah tangga pedesaan yaitu sebesar 93,538 kg/bulan sedangkan rumah tangga di wilayah perkotaan sebesar 11,512 kg/bulan. Gambar 4.2 menunjukkan persentase rata-rata konsumsi bahan bakar dari masing-masing status wilayah di Kabupaten Malang.



Gambar 4.2 Persentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah

Rata-rata penggunaan bahan bakar rumah tangga di wilayah perkotaan berdasarkan Gambar 4.2 yaitu 11% dimana, 100% responden wilayah perkotaan telah menggunakan LPG sedangkan, wilayah pedesaan dari persentase 89% tersebut meliputi 6% responden penggunaan LPG dan 94% responden pengguna kayu bakar (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Persentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Wilayah Pedesaan

Gambar 4.3 menunjukkan persentase rata-rata penggunaan bahan bakar unakan rumah tangga di wilayah pedesaan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar rumah tangga pedesaan menggunakan bahan bakar kayu sebagai bahan bakar utama untuk kegiatan memasak.

Besarnya nilai rata-rata penggunaan bahan bakar di pedesaan dalam hal ini dipengaruhi oleh tingginya angka penggunaan kayu bakar di tipe rumah tangga pedesaan. Berdasarkan hasil survei di wilayah pedesaan sebagian besar responden yaitu 78,571 % memilih untuk menggunakan kayu bakar untuk memasak karena enggan mengeluarkan biaya untuk membeli LPG, para responden dengan mudah memperoleh kayu bakar tanpa harus membeli. Responden menjawab pasokan kayu bakar diperoleh dari hutan, perkebunan atau ladang mereka sendiri. Sedangkan 21,429 % responden pedesaan memperoleh kayu bakar langsung dari hutan atau ladang pribadi dan terkadang dengan membeli kayu bakar tersebut. Sehingga salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya konsumsi bahan bakar tersebut adalah perbedaan tingkat pendapatan. Sebagian besar responden di wilayah pedesaan bermata pencaharian sebagai peternak, petani dan wiraswasta (kios/warung). Menurut Kerkhof,dkk., (2009) dalam Boedisantoso (2014) bahwa tingkat pendapatan diasumsikan dengan tipe rumah tinggal.

Selain tingkat pendapatan faktor yang kedua adalah perbedaan lokasi permukiman perkotaan dan pedesaan. Wilayah perkotaan diindikasikan sebagai ibukota Kecamatan, wilayah ini didominasi kegiatan yang difungsikan untuk kegiatan yang bersifat kekotaan dan merupakan orientasi pergerakan penduduk yang ada pada wilayah sekitarnya. Wilayah perkotaan terletak di pusat Kecamatan, dekat dengan pusat perkantoran, pusat perbelanjaan (pasar, area pertokoan, dan sebagainya), tempat ibadah, serta fasilitas umum lainnya sedangkan, wilayah pedesaan daerah sekitarnya masih didominasi oleh lahan pertanian, tegalan, perkebunan sebagian diantaranya memiliki aksesibilitas yang kurang, jumlah sarana dan prasarana penunjang terbatas pada pelayanan kecil (Laporan Buku Putih Sanitasi Kabupaten Malang, 2012). Wilayah pedesaan jauh dari fasilitas-fasilitas yang ada di wilayah perkotaan sehingga, wilayah pedesaan merupakan wilayah yang memiliki akses serta fasilitas terbatas yang mendorong

masyarakat pedesaan memanfaatkan sumber daya yang ada di sekitar permukiman mereka.

Faktor ketiga adalah pola konsumsi bahan bakar. Perbedaan wilayah yang telah dijelaskan sebelumnya menggambarkan bahwa semakin jauh jangkauan masyarakat pedesaan dengan pusat kota maka semakin sering pula kegiatan memasak dilakukan, karena masyarakat pedesaan cenderung memasak sendiri di rumah dibandingkan masyarakat perkotaan yang akses serta fasilitas lebih luas. Dalam Boedisantoso (2014), bagi penghuni rumah yang sibuk dan sering berada diluar rumah, maka penggunaan bahan bakar pun akan lebih sedikit dibandingkan penghuni yang sering berada di dalam rumah.

Tabel 4.2 menunjukkan rata-rata konsumsi bahan bakar berdasarkan Jenis bahan bakar di Tiap Wilayah. Rata-rata penggunaan bahan bakar LPG rumah tangga perkotaan yaitu 12 kg/bulan sedangkan wilayah pedesaan rata-rata konsumsi LPG yaitu 5 kg/bulan dan mengkonsumsi kayu bakar sebanyak 88 kg/bulan atau 33 ikat kayu bakar dimana, berat rata-rata satu ikat kayu bakar adalah 2,633 kg.

Tabel 4.3 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Jenis Bahan Bakar di Tiap Wilayah

Status Wilayah	Jumlah Sampel (Rumah Tangga)	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)	
		LPG	Kayu Bakar
Perkotaan	41	12	
Pedesaan	26	5	88

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam penelitian ini konsumsi kedua bahan bakar tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan analisis hasil perhitungan dan analisis emisi CO₂ dengan metode perhitungan berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006).

Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar menggunakan pendekatan nilai Faktor Emisi (EF) dan *Net Calorific Volume* (NCV) dari LPG

dan kayu bakar yang berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006). Nilai FE dan NCV dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Faktor Emisi dan NCV

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/kg)
LPG	63,1	47,3
Kayu Bakar	112	15

Sumber: Hasil Perhitungan

Tahap awal dalam menghitung besarnya emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar tersebut adalah dengan menghitung emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar tiap responden. Tahap perhitungan ini merupakan perhitungan Tier 1 dalam IPCC *Guidelines* (2006) dimana, faktor emisi yang digunakan merupakan Faktor Emisi *default*. Berikut merupakan contoh perhitungan dari data responden No.1, yaitu rumah tangga perkotaan di Kecamatan Kepanjen (Lampiran).

- ✓ Konsumsi LPG = 18 kg/bulan
- ✓ Konsumsi Kayu Bakar = 0 kg/bulan
- ✓ EF_{LPG} = 63,1 gr/MJ
- ✓ EF_{kayu bakar} = 112 gr/MJ
- ✓ NCV_{LPG} = 47,3 MJ/kg
- ✓ NCV_{kayu bakar} = 15 MJ/kg

Perhitungan ini menggunakan persamaan (2.2) untuk bahan bakar LPG dan persamaan (2.3) untuk kayu bakar.

➤ Emisi CO₂ dari penggunaan LPG

$$\begin{aligned}
 P_{ey} &= F_{cy} \times EF_{LPG} \times NCV_{LPG} & (2.2) \\
 &= 18 \text{ kg/bulan} \times 63,1 \text{ gr/MJ} \times 47,3 \text{ MJ/kg} \\
 &= 53723,340 \text{ gr CO}_2\text{/bulan} \\
 &= 0,645 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}
 \end{aligned}$$

➤ Emisi CO₂ dari penggunaan Kayu Bakar

$$\begin{aligned}
 C_{ey} &= F_{cy} \times EF_{kayu\ bakar} \times NCV_{kayu\ bakar} & (2.3) \\
 &= 71,9 \text{ gr/MJ} \times 0 \text{ Kg/bulan} \times 43,8 \text{ MJ/Kg} \\
 &= 0 \text{ gr CO}_2\text{/bulan} \\
 &= 0 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2 \text{ Total} &= \text{Emisi}_{\text{LPG}} + \text{Emisi}_{\text{kayu bakar}} \\
&= (0,645 + 0) \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \\
&= 0,645 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, diperoleh emisi CO₂ responden No.1 dari penggunaan bahan bakar adalah 0,645 ton CO₂/tahun. Untuk menghitung emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar responden lainnya dilakukan dengan tahap yang sama. Hasil perhitungan emisi CO₂ untuk seluruh responden terdapat dalam Lampiran.

4.1.1.1 Faktor Emisi Spesifik dan Total Emisi CO₂ dari Sektor Pemukiman

Seperti yang telah disampaikan pada bab sebelumnya bahwa, salah satu tujuan dalam penelitian ini adalah menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) untuk estimasi emisi karbon. Dalam perhitungan sebelumnya telah dilakukan perhitungan dengan menggunakan Faktor Emisi (FE) *default* (Tier 1) yang terdapat dalam IPCC *Guidelines* (2006), nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) tersebut diperoleh dari nilai rata-rata emisi per unit kegiatan dalam satuan waktu, misalnya satuan (kg CO₂/unit.tahun) (IPCC, 2006).

Tahapan dalam menghitung nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari penggunaan bahan bakar untuk tipe rumah tangga perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Rata-rata emisi CO₂ bahan bakar tiap bahan bakar

Setelah menghitung emisi CO₂ tiap responden pada sub bab sebelumnya, selanjutnya dihitung nilai rata-rata emisi CO₂ dari bahan bakar yang digunakan untuk memasak dari tiap rumah tangga di wilayah perkotaan. Berikut merupakan contoh perhitungan dari data responden di wilayah perkotaan di Kabupaten Malang (Lampiran).

✓ Jumlah responden di wilayah perkotaan = 41 rumah tangga

✓ Total emisi CO₂ bahan bakar di wilayah perkotaan = 16,905 ton CO₂/tahun

Nilai FES dapat diperoleh dengan persamaan (4.1).

$$\text{FES} = \frac{\mathbf{E \text{ total}}}{\mathbf{n}} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ FES} &= \frac{\text{Emisi perkotaan ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{Jumlah sampel rumah tangga perkotaan}} \\
 &= \frac{16,905 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{41 \text{ rumah tangga}} \\
 &= 0,412 \text{ ton CO}_2/\text{RT perkotaan.tahun}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh Faktor Emisi Spesifik CO₂ bahan bakar di wilayah perkotaan yaitu 0,412 ton CO₂ /RT perkotaan.tahun. Untuk memperoleh nilai FES untuk rumah tangga pedesaan dilakukan dengan proses perhitungan yang sama. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Faktor Emisi Spesifik dari Penggunaan Bahan Bakar di Kabupaten Malang

Status Wilayah	FES (ton CO ₂ /unit.tahun)
Perkotaan	0,412
Pedesaan	1,755

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan (Tabel 4.5) diperoleh nilai FES untuk rumah tangga di wilayah perkotaan sebesar 0,412 ton CO₂ /RT perkotaan.tahun dan untuk rumah tangga di wilayah pedesaan sebesar 1,755 ton CO₂ /RT pedesaan.tahun. Nilai FES untuk wilayah pedesaan lebih besar dibandingkan FES untuk wilayah perkotaan. Besarnya nilai FES di wilayah penelitian dipengaruhi oleh pola konsumsi bahan bakar (jenis dan rata-rata penggunaan bahan bakar) serta nilai FE dari masing-masing bahan bakar yang digunakan.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada wilayah penelitian ini, sebagian besar responden di wilayah pedesaan menggunakan kayu bakar bahkan terdapat beberapa responden yang menggunakan kedua jenis bahan bakar (kayu bakar dan LPG) sebagai bahan bakar untuk memasak. Selain itu, nilai FE *default* dari kayu bakar jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai FE *default* dari LPG. Kedua hal tersebut mempengaruhi besarnya emisi CO₂ dan mempengaruhi besarnya nilai FES.

Pola konsumsi bahan bakar pada wilayah penelitian menunjukkan hasil yang serupa dengan wilayah penelitian Kabupaten Sumenep. Berdasarkan

penelitian yang dilakukan di Kabupaten Sumenep, hasil perhitungan menunjukkan nilai FES untuk wilayah perkotaan sebesar 0,400 ton CO₂/RT perkotaan.tahun dan pedesaan sebesar 1,610 ton CO₂ /RT pedesaan.tahun. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian ini, nilai FES dari tiap kategori wilayah menunjukkan bahwa nilai FES untuk wilayah pedesaan juga memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan FES wilayah perkotaan. Selain itu nilai FES dari kedua wilayah tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai FES tersebut di Kabupaten Malang lebih besar dibandingkan Kabupaten Sumenep. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya jumlah penduduk dan jumlah Kabupaten di Kabupaten Malang yang jauh lebih besar. Untuk wilayah pedesaan nilai FES Kabupaten Malang lebih besar 2,913 % dan untuk wilayah perkotaan lebih besar 8,262 % dibandingkan dengan Kabupaten Sumenep.

Nilai FES ini nantinya akan digunakan untuk mengestimasi emisi CO₂ dari sektor permukiman terkait penggunaan bahan bakar untuk memasak dari tiap Kecamatan di Kabupaten Malang. Selain itu, nilai FES ini dapat digunakan sebagai acuan untuk estimasi tapak karbon di wilayah lain di Indonesia khususnya di wilayah Jawa Timur. Wilayah lain yang dapat menggunakan nilai FES ini adalah wilayah yang memiliki karakteristik dan sifat data yang sama misalnya, pola konsumsi bahan bakar yang sama.

2. *Emisi CO₂ dari rumah tangga wilayah perkotaan/pedesaan di tiap Kecamatan*

Setelah diperoleh nilai FES, selanjutnya nilai FES tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar di rumah tangga perkotaan/pedesaan dengan menggunakan persamaan yang lebih sederhana (persamaan 4.2). Persamaan 4.2 mengacu pada penelitian Boedisantoso (2014) yang telah mengembangkan metode perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan nilai FES di Kota Surabaya.

Perhitungan pada tahap ini telah menggunakan nilai FE yang lebih spesifik (Tier 2) sesuai dengan pola konsumsi bahan bakar di Kabupaten Malang.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum (\text{P} \times \text{FES}) \quad (4.2)$$

Dimana :

P = Jumlah populasi (Jiwa)

FES = Faktor Emisi Spesifik CO₂ (ton CO₂/unit.tahun)

Data jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan dan pedesaan menggunakan data jumlah rumah tangga perkotaan dan pedesaan berdasarkan Sensus Penduduk Indonesia (2012) sedangkan jumlah emisi dari rumah tangga perkotaan/pedesaan dapat diperoleh dari perhitungan sebelumnya (Lampiran).

Hasil perhitungan estimasi emisi tiap kecamatan di Kabupaten Malang dengan menggunakan nilai FES (ton CO₂/RT perkotaan.tahun) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Malang Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak

No	Kecamatan	Perkotaan		Pedesaan	
		Rumah Tangga	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Rumah Tangga	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Kepanjen	22.950	9.462,646	3.854	6763,205
2	Wonosari	0	0,000	11.683	20501,951
3	Ngajum	0	0,000	13.065	22927,159
4	Kromengan	5.414	2.232,277	5.372	9427,072
5	Pagak	0	0,000	13.057	22913,120
6	Sumberpucung	14.298	5.895,290	0	0,000
7	Kalipare	7.279	3.001,246	10.817	18982,249
8	Donomulyo	3.318	1.368,064	15.233	26731,681
9	Gondanglegi	11.432	4.713,593	9.375	16451,750
10	Pagelaran	8.549	3.524,887	9.252	16235,903
11	Dau	12.578	5.186,107	7.222	12673,551
12	Karangploso	9.287	3.829,176	10.968	19247,231
13	Lawang	23.807	9.816,000	2.645	4641,587
14	Singosari	36.457	15.031,794	6.980	12248,876
15	Pakisaji	18.301	7.545,790	2.626	4608,245
16	Wagir	13.458	5.548,945	6.505	11415,321
17	Tajinan	6.005	2.475,956	7.813	13710,669
18	Bululawang	8.214	3.386,761	9.165	16083,231
19	Pakis	27.139	11.189,836	8.594	15081,210
20	Ngantang	3.733	1.539,175	12.242	21482,915
21	Pujon	6.299	2.597,177	11.242	19728,061

No	Kecamatan	Perkotaan		Pedesaan	
		Rumah Tangga	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Rumah Tangga	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
22	Kasembon	1.596	658,056	6.889	12089,185
23	Sumbermanjing	3.928	1.619,576	21.941	38503,237
24	Gedangan	0	0,000	14.691	25780,550
25	Bantur	5.465	2.253,305	14.268	25038,247
26	Tumpang	10.492	4.326,016	10.170	17846,858
27	Poncokusumo	6.952	2.866,419	18.027	31634,741
28	Wajak	3.727	1.536,701	18.050	31675,103
29	Jabung	10.623	4.380,030	9.439	16564,061
30	Turen	20.457	8.434,743	9.710	17039,626
31	Dampit	6.599	2.720,871	25.806	45285,745
32	Tirtoyudo	0	0,000	17.116	30036,070
33	Ampelgading	1.575	649,397	13.419	23548,377
Jumlah		309.932	127.789,834	357.236	626.896,785

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan (Tabel 4.6) dapat diketahui bahwa total emisi terbesar dari penggunaan bahan bakar dengan menggunakan nilai FES menghasilkan nilai terbesar untuk rumah tangga pedesaan. Tabel 4.7 menunjukkan jumlah total emisi CO₂ dari rumah tangga di wilayah perkotaan dan pedesaan di Kabupaten Malang.

Tabel 4.7 Total Emisi CO₂ Penggunaan Bahan Bakar LPG dan Kayu Bakar

Status Wilayah	Jumlah Rumah Tangga	Total Emisi CO ₂ (ton CO ₂ /tahun)
Perkotaan	309.932	127.789,834
Pedesaan	357.236	626.896,785
		754.686,620

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa wilayah pedesaan berdasarkan total emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar dari kegiatan memasak menghasilkan emisi terbesar yaitu 626.896,785 (ton CO₂/tahun) sedangkan wilayah perkotaan yang menghasilkan emisi sebesar 127.789,834 (ton CO₂/tahun).

Wilayah pedesaan berdasarkan hasil inventarisasi memiliki nilai rata-rata penggunaan bahan bakar lebih besar yaitu 93,538 kg/bulan dibandingkan wilayah perkotaan 11,512 kg/bulan sehingga, besar konsumsi bahan bakar dapat mempengaruhi besarnya emisi yang dihasilkan.

Menurut Brown, dkk., (2009) dalam Boedisantoso (2014), emisi karbon ditingkat kota atau wilayah metropolitan lebih efisien dibandingkan dengan emisi karbon di wilayah pedesaan.

3. Total Emisi CO₂ dari Penggunaan Bahan Bakar Tiap Kecamatan di Kabupaten Malang

Dari hasil perhitungan emisi CO₂ di wilayah perkotaan dan pedesaan maka dapat diketahui total emisi CO₂ dari tiap Kecamatan di Kabupaten Malang tanda membedakan status wilayah tersebut. Hasil perhitungan total emisi CO₂ tiap kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Total Emisi CO₂ dari tiap Kecamatan di Kabupaten Malang

No	Kecamatan	Total Rumah Tangga	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Kepanjen	26.804	16225,850
2	Wonosari	11.683	20501,951
3	Ngajum	13.065	22927,159
4	Kromengan	10.786	11659,349
5	Pagak	13.057	22913,120
6	Sumberpucung	14.298	5895,290
7	Kalipare	18.096	21983,495
8	Donomulyo	18.551	28099,744
9	Gondanglegi	20.807	21165,343
10	Pagelaran	17.801	19760,790
11	Dau	19.800	17859,658
12	Karangploso	20.255	23076,407
13	Lawang	26.452	14457,587
14	Singosari	43.437	27280,670
15	Pakisaji	20.927	12154,035
16	Wagir	19.963	16964,266
17	Tajinan	13.818	16186,625

No	Kecamatan	Total Rumah Tangga	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
18	Bululawang	17.379	19469,992
19	Pakis	35.733	26271,046
20	Ngantang	15.975	23022,089
21	Pujon	17.541	22325,238
22	Kasembon	8.485	12747,240
23	Sumbermanjing	25.869	40122,813
24	Gedangan	14.691	25780,550
25	Bantur	19.733	27291,553
26	Tumpang	20.662	22172,875
27	Poncokusumo	24.979	34501,160
28	Wajak	21.777	33211,803
29	Jabung	20.062	20944,090
30	Turen	30.167	25474,368
31	Dampit	32.405	48006,617
32	Tirtoyudo	17.116	30036,070
33	Ampelgading	14.994	24197,774
Jumlah		667.168	754.686,620

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Pemetaan Tingkat Emisi CO₂ dari Tiap Kecamatan di Kabupaten Malang

Setelah mengetahui total emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar di Kabupaten Malang, selanjutnya tingkat emisi dari tiap Kecamatan digambarkan dalam bentuk peta. Peta tersebut menunjukkan tingkat emisi CO₂ di tiap wilayah Kecamatan yang digolongkan menjadi lima tingkatan sesuai dengan tingkat emisi di masing-masing wilayah. Dalam penelitian ini tingkat emisi CO₂ pada peta ditunjukkan dengan perbedaan warna.

- 40.000-50.000, untuk emisi yang tergolong sangat tinggi.

Terdapat 2 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Sumbermanjing dan Dampit.

- 30.000-40.000, untuk emisi yang tergolong tinggi

Terdapat 3 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Poncokusumo, Wajak, dan Tirtoyudo.

- 20.000-30.000, untuk emisi yang tergolong sedang

Terdapat 16 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Pujon, Ngantang, Karangploso, Singosari, Pakis, Jabung, Tumpang, Wonosari, Ngajum, Gondanglegi, Turen, Kalipare, Donomulyo, Bantur, Gedangan, dan Ampelgading

- 10.000-20.000, untuk emisi yang tergolong rendah

Terdapat 11 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Kasembon, Lawang, Dau, Wagir, Pakisaji, Tajinan, Bululawang, Kromengan, Kepanjen, Pagelaran, Pagak

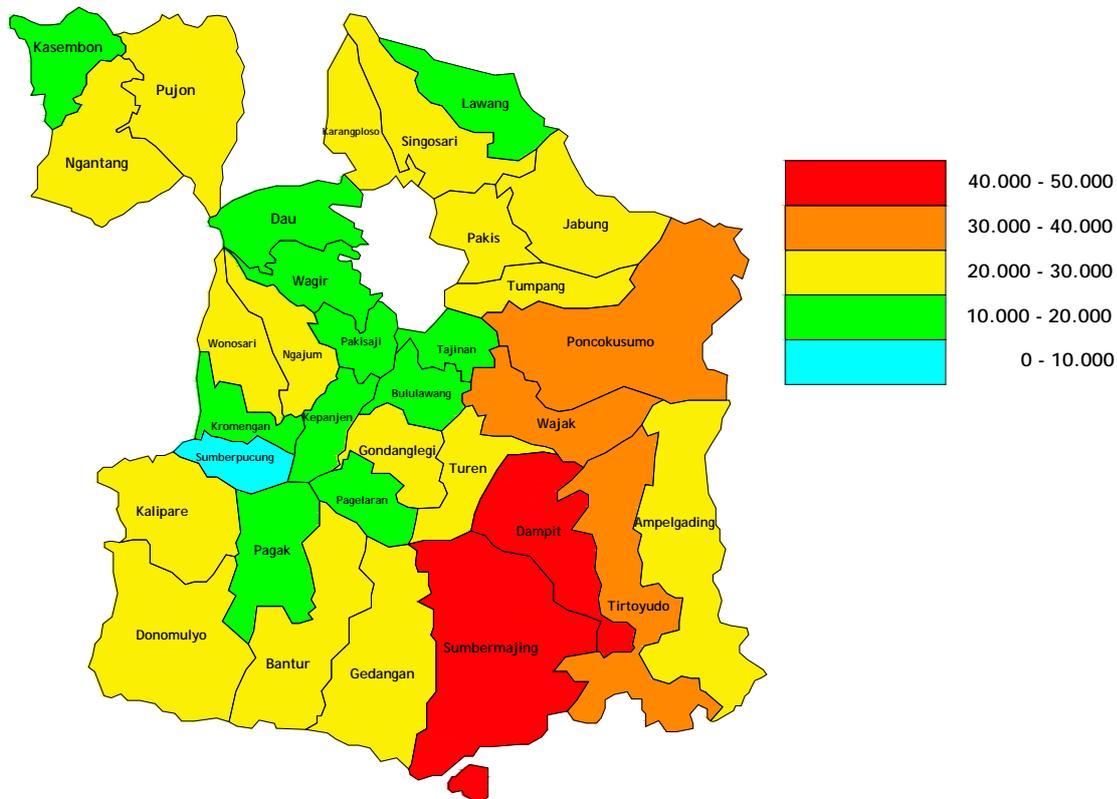
- 0-10.000, untuk emisi yang tergolong sangat rendah

Hanya terdapat 1 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Sumberpucung.

Gambar 4.4 menunjukkan tingkat emisi CO₂ dari kegiatan memasak di Kabupaten Malang.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa Kecamatan Dampit dan Sumbermanjing merupakan wilayah di Kabupaten Malang yang menghasilkan emisi CO₂ tertinggi dari konsumsi bahan bakar di Kabupaten Malang, sedangkan Kecamatan Sumberpucung menghasilkan nilai emisi CO₂ terendah. Tingginya emisi CO₂ di Kecamatan Dampit dipengaruhi oleh jumlah rumah tangga pedesaan. Rumah tangga pedesaan terbesar berada di Kecamatan Dampit yang mana telah diketahui bahwa rumah pedesaan menghasilkan emisi terbesar dibandingkan rumah perkotaan sehingga, besarnya total emisi dari penggunaan bahan bakar di suatu Kecamatan dipengaruhi oleh jumlah rumah tangga dan jenis bahan bakar yang digunakan.

Sedangkan jumlah rumah tangga pedesaan di Kecamatan Sumberpucung memiliki angka terkecil dibandingkan dengan Kecamatan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah rumah tangga pedesaan mempengaruhi besarnya emisi dari suatu wilayah Kecamatan di Kabupaten Malang.



Gambar 4.4 Peta Tingkat Emisi CO₂ Bahan Bakar dari Kegiatan Memasak Rumah Tangga di Tiap Kecamatan, Kabupaten Malang

4.1.2 Emisi CO₂ dari Sektor Persampahan di Kabupaten Malang

Perhitungan emisi CO₂ dari sektor persampahan di Kabupaten Malang yang dilakukan dengan metode dalam IPCC *Guidelines* (2006). Emisi CO₂ dari sektor persampahan dalam penelitian ini diperoleh dari perhitungan emisi CO₂ dari TPA di Kabupaten Malang dan emisi CO₂ dari kegiatan pembakaran terbuka (*open burning*).

4.1.2.1 Emisi CO₂ dari Sampah yang dibuang ke TPA

TPA di Kabupaten Malang yang telah beroperasi terdiri dari empat TPA yaitu TPA Talangagung Kepanjen, TPA Randuagung Singosari, TPA Paras Poncokusumo dan TPA Rejosari Bantur. Volume sampah di Kabupaten Malang berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Malang yaitu 0,00209 m³/orang.hari dengan densitas sampah sebesar

205,88 kg/m³ dengan jumlah penduduk Kabupaten Malang yaitu 2.438.687 jiwa (Kabupaten Malang Dalam Angka, 2013).

Jumlah emisi karbon, emisi karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄) dari sampah yang masuk ke TPA dihitung dengan persamaan (2.4).

Emisi CH₄

$$= (\text{MSW}_T \times \text{MSW}_F \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - \text{OX}) \quad (2.4)$$

✓ *Timbulan tiap orang*

$$\begin{aligned} &= \text{Volume sampah} \times \text{Densitas} \\ &= 0,00209 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \times 205,88 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,430 \text{ kg/orang.hari} \end{aligned}$$

✓ *Timbulan sampah kota (MSW_T)*

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah penduduk} \times \text{timbulan sampah} \\ &= 2.438.687 \text{ orang} \times 0,430 \text{ kg/orang.hari} \times 365 \text{ hari} \\ &= 383.009.347,572 \text{ kg/tahun} \\ &= 383,009 \text{ Gg/tahun} \end{aligned}$$

✓ *Persentase sampah yang masuk ke TPA (MSWF)*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Total sampah yang dibuang ke TPA}}{\text{Berat Total sampah yang dihasilkan}} \times 100 \% \\ &= \frac{21,974}{383,009} \times 100\% = 5,73 \% = 0,0573 \end{aligned}$$

Total sampah yang dibuang ke TPA adalah sampah sisa kegiatan pendaurulangan dan pengomposan dari tiap TPS dan TPST di Kabupaten Malang. Jumlah sampah yang dibuang ke TPA disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Jumlah Timbulan Sampah, Penduduk yang Terlayani, dan Jumlah Sampah Terangkut ke TPA di Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Penduduk (Jiwa)	Timbulan sampah (Gg/tahun)	Penduduk Terlayani (Jiwa)	Sampah Terangkut ke TPA (Gg/tahun)
1	Donomulyo	72727	11,422	956,938	0,150
2	Kalipare	66932	10,512	1095,694	0,172
3	Pagak	50984	8,007	1727,273	0,271
4	Bantur	72256	11,348	2119,617	0,333

No	Kecamatan	Penduduk (Jiwa)	Timbulan sampah (Gg/tahun)	Penduduk Terlayani (Jiwa)	Sampah Terangkut ke TPA (Gg/tahun)
5	Gedangan	56410	8,860	0,000	0,000
6	Sumbermanjing	97496	15,312	411,483	0,065
7	Dampit	116533	18,302	1234,450	0,194
8	Tirtoyudo	63216	9,928	0,000	0,000
9	Ampelgading	57432	9,020	818,182	0,129
10	Poncokusumo	93372	14,665	0,000	0,000
11	Wajak	84114	13,211	411,483	0,065
12	Turen	113120	17,766	6971,292	1,095
13	Bululawang	62503	9,816	5732,057	0,900
14	Gondanglegi	79490	12,484	2464,115	0,387
15	Pagelaran	67901	10,664	0,000	0,000
16	Kepanjen	100393	15,767	32808,612	5,153
17	Sumberpucung	54517	8,562	4507,177	0,708
18	Kromengan	38889	6,108	0,000	0,000
19	Ngajum	50525	7,935	1229,665	0,193
20	Wonosari	43665	6,858	0,000	0,000
21	Wagir	80448	12,635	818,182	0,129
22	Pakisaji	75713	11,891	4923,445	0,773
23	Tajinan	51095	8,025	818,182	0,129
24	Tumpang	75054	11,788	3349,282	0,526
25	Pakis	124217	19,509	9751,196	1,531
26	Jabung	72780	11,431	2870,813	0,451
27	Lawang	93394	14,668	14894,737	2,339
28	Singosari	156338	24,554	25641,148	4,027
29	Karangploso	55409	8,702	7052,632	1,108
30	Dau	58717	9,222	5698,565	0,895
31	Pujon	62402	9,801	1435,407	0,225
32	Ngantang	59103	9,282	0,000	0,000
33	Kasembon	31539	4,953	0,000	0,000
Jumlah		2438684	383,009	139741,627	21,947

Sumber: Hasil Perhitungan

✓ *Methane Correction Factors (MCF)*

Nilai Faktor Koreksi Metana (MCF) bergantung pada pengelolaan yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan Nilai MCF disajikan dalam Tabel 2.10.

Tabel 4.10 *Check List* Penetapan Klasifikasi TPA berdasarkan nilai MCF

TPA	Bahan Penutup <i>Permeable</i>	Sistem Drainase Lindi	Pengaturan Umur Kolam	Sistem Ventilasi Gas	Tinggi Sampah <5 m
TPA Talangagung	x	√	x	√	√
TPA Paras	x	√	x	√	√
TPA Randuagung	x	x	x	x	√
TPA Rejosari	x	x	x	x	√

Sumber: Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang, 2014

Berdasarkan Tabel 4.10 nilai MCF untuk seluruh TPA di Kabupaten Malang adalah 0,4 karena seluruh TPA di Kabupaten Malang dianggap belum terkelola-dangkal dan tinggi sampah di TPA < 5 m.

✓ *Degradable Organic Carbon* (DOC)

DOC ini dihitung berdasarkan persamaan 2.8 berikut:

$$\text{DOC} = \sum i (\text{DOC}_i \times W_i) \quad (2.8)$$

Nilai W_i merupakan komposisi jenis sampah di Kabupaten Malang (misal sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dan lain-lain) sedangkan nilai DOC_i adalah nilai degradasi organik karbon pada komponen sampah i (Tabel 2.9). Nilai W_i , DOC_i , dan DOC selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai W_i , DOC_i dan DOC

No	Jenis Sampah	W_i	DOC_i	DOC
1	Sampah Makanan	0,656	0,150	0,058
2	Plastik	0,153	0	0
3	Kertas	0,132	0,400	0,039
4	Diapers	0,000	0,240	0,012
5	Logam	0,003	0	0
6	Kayu	0,015	0,430	0,009
7	Kain	0,010	0,240	0,011
8	Kaca	0,007	0	0
9	Karet dan kulit	0,004	0,390	0,018
10	Lain-lain	0,019	0	0
Jumlah		0,999		0,146

Sumber: Hasil Perhitungan

✓ *Fraksi dari DOC (DOC_F)*

Nilai fraksi DOC adalah 0,5. Nilai tersebut merupakan nilai *default* yang direkomendasikan dengan asumsi bahwa lingkungan TPA dalam kondisi anaerobik.

✓ *Fraksi dari CH_4 dari TPA (F)*

Nilai F berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006) adalah 0,5. Dinyatakan bahwa sebagian besar sampah di TPA menghasilkan CH_4 sekitar 50 %.

✓ *Recovery CH_4 (R)*

Nilai R mewakili jumlah CH_4 yang dapat di *recovery*.

- 0 nilai *default*
- $\pm 10\%$ jika terdapat alat ukur gas metana yang *recovery*
- $\pm 50\%$ jika tidak ada alat ukur gas metana yang *recovery*

Nilai R untuk TPA di Kabupaten Malang menggunakan nilai R *default* yaitu 0 karena TPA di Kabupaten Malang belum memiliki alat pengukur gas CH_4 .

✓ *Fraksi oksidasi (OX)*

Jumlah CH_4 dari TPA yang teroksidasi dalam tanah atau bahan lainnya yang menutupi (*cover*) sampah. Nilai OX untuk TPA di Kabupaten Malang adalah 0, karena TPA di Kabupaten Malang merupakan TPA belum terkelola dan tidak tertutup oleh bahan pengoksidasi CH_4 .

Berikut diuraikan perhitungan emisi CO_2 dari TPA:

➤ Emisi CH_4

$$= (MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX) \quad (2.4)$$

$$= (383,009 \times 0,0573 \times 0,4 \times 0,146 \times 0,5 \times 0,5 \times \frac{16}{12} - 0) \times (1 - 0) \times 4$$

$$= 1,713 \text{ Gg/tahun}$$

➤ Konversi CH_4

$$\text{Emisi } CO_2 = \text{Emisi } CH_4 \times 25 \quad (2.7)$$

$$= 1,713 \text{ Gg} \times 25$$

$$= 42,815 \text{ Gg } CO_{2eq}/\text{tahun}$$

$$= 42.814,965 \text{ ton } CO_{2eq}/\text{tahun}$$

Emisi yang dihasilkan tiap TPA (4 TPA beroperasi) di Kabupaten Malang sebesar 42.814,965 ton CO₂eq/tahun. Nilai tersebut merupakan emisi yang dihasilkan pada tahun 2014, dimana sampah ditimbun pada tahun 2013.

4.1.2.2 Emisi CO₂ dari Pembakaran Sampah Secara Terbuka (*Open burning*)

Persen pelayanan sampah di Kabupaten Malang masih sebesar 5,73 %, hal tersebut mengakibatkan sebagian besar penduduk masih melakukan pembakaran sampah. Hasil sampling menunjukkan 79% dari total penduduk masih melakukan pembakaran sampah (*open burning*) untuk itu perlu dilakukan perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan tersebut.

Tabel 4.12 Jumlah Timbulan Sampah Pemukiman yang Dibakar di Kabupaten Malang

No	Kecamatan	Penduduk (jiwa)	Penduduk Tidak Terlayani (jiwa)	Penduduk <i>Open Burning</i> (jiwa)	Timbulan <i>Open burning</i> (Gg/tahun)
1	Donomulyo	72.727	71.770	60.287	0,711513
2	Kalipare	66.932	65.836	55.302	0,652687
3	Pagak	50.984	49.257	41.376	0,488321
4	Bantur	72.256	70.136	58.915	0,695317
5	Gedangan	56.410	56.410	47.384	0,559237
6	Sumbermanjing	97.496	97.085	81.551	0,962475
7	Dampit	116.533	115.299	96.851	1,143045
8	Tirtoyudo	63.216	63.216	53.101	0,626710
9	Ampelgading	57.432	56.614	47.556	0,561257
10	Poncokusumo	93.372	93.372	78.432	0,925670
11	Wajak	84.114	83.703	70.310	0,829809
12	Turen	113.120	106.149	89.165	1,052336
13	Bululawang	62.503	56.771	47.688	0,562815
14	Gondanglegi	79.490	77.026	64.702	0,763618
15	Pagelaran	67.901	67.901	57.037	0,673156
16	Kepanjen	100.393	67.584	56.771	0,670017
17	Sumberpucung	54.517	50.010	42.008	0,495787
18	Kromengan	38.889	38.889	32.667	0,385537
19	Ngajum	50.525	49.295	41.408	0,488703
20	Wonosari	43.665	43.665	36.679	0,432886
21	Wagir	80.448	79.630	66.889	0,789433

No	Kecamatan	Penduduk (jiwa)	Penduduk Tidak Terlayani (jiwa)	Penduduk <i>Open Burning</i> (jiwa)	Timbulan <i>Open burning</i> (Gg/tahun)
22	Pakisaji	75.713	70.790	59.463	0,701793
23	Tajinan	51.095	50.277	42.233	0,498434
24	Tumpang	75.054	71.705	60.232	0,710865
25	Pakis	124.217	114.466	96.151	1,134790
26	Jabung	72.780	69.909	58.724	0,693065
27	Lawang	93.394	78.499	65.939	0,778225
28	Singosari	156.338	130.697	109.785	1,295701
29	Karangploso	55.409	48.356	40.619	0,479395
30	Dau	58.717	53.018	44.535	0,525614
31	Pujon	62.402	60.967	51.212	0,604410
32	Ngantang	59.103	59.103	49.647	0,585935
33	Kasembon	31.539	31.539	26.493	0,312671
Jumlah		2.438.684	2.298.942	1.931.112	22,791227

Sumber: Hasil Perhitungan

✓ *Emisi CO₂*

Untuk menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah di Kabupaten Malang digunakan persamaan (2.9).

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} \times \sum j (\text{WF}_j \times \text{dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j) \times \frac{44}{12} \quad (2.9)$$

Dimana:

MSW = Jumlah total dari limbah padat sebagai berat basah pembakaran terbuka (Ggram/tahun)

WF_j = fraksi tipe limbah dari komponen j dalam MSW

Dm_j = kandungan zat kering dalam komponen j pada MSW pembakaran terbuka (nilai Dm_j dapat dilihat pada Tabel 2.12)

CF_j = fraksi karbon dalam bahan kering (kandungan karbon) pada komponen j (dapat dilihat pada Tabel 2.13)

FCF_j = fraksi fosil karbon dalam total karbon pada komponen j (dapat dilihat pada Tabel 2.14)

Of_j = faktor oksidasi, (fraksi 0.58)

44/12 = faktor konfersi dari C ke CO₂

j = komponen dari MSW pembakaran terbuka (kertas, tekstil, sisa

makanan, kayu, limbah kebun dan taman, diapers, plastic, karet, logam, kaca)

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai Dmj, CCFj, FCFj

No	Jenis Sampah	A	B	C	D	E	(AxBxCxDxE)
		WFj	Dm	CCF	FCF	OF	
1	Sampah Makanan	0,656	0,4	0,15	0	0,58	0,000000
2	Plastik	0,153	1	0	1	0,58	0,000000
3	Kertas	0,132	0,9	0,4	0,01	0,58	0,000276
4	Logam	0,003	1	0	0	0,58	0,000000
5	Kayu	0,015	0,85	0,43	0	0,58	0,000000
6	Kain	0,010	0,8	0,24	0,2	0,58	0,000336
7	Kaca	0,007	1	0	0	0,58	0,000000
8	Karet dan kulit	0,004	0,84	0,39	0,2	0,58	0,000254
9	Lain-lain	0,019	0	0	1	0,58	0,000000
Jumlah							0,000865

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\checkmark \text{ Emisi } CO_2 = MSW \times \sum j (WFj \times dmj \times CFj \times FCFj \times OFj) \times \frac{44}{12} \quad (2.9)$$

$$= 22,791 \times 0,000865 \times \frac{44}{12}$$

$$= 0,072307 \text{ Ggram } CO_2/\text{tahun}$$

$$= 72,307 \text{ ton } CO_2/\text{tahun}$$

$$\checkmark \text{ Emisi } CH_4$$

Proses pembakaran sampah juga menghasilkan emisi gas metan. Perhitungan emisi CH_4 dari pembakaran sampah terbuka berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006) menggunakan persamaan (4.3).

$$\text{Emisi } CH_4 = MSW \times \text{Faktor koreksi metana} \quad (4.3)$$

$$\text{Emisi } CH_4 = 22,791 \text{ Gg} \times 6500 \frac{\text{kg } CH_4}{\text{Gg}} \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}}$$

$$= 0,148 \text{ Gg } CH_4$$

$$\text{Emisi } CO_2 \text{ eq} = 0,148 \text{ Gg } CH_4/\text{tahun} \times 21$$

$$= 3,111 \text{ Ggram } CO_2/\text{tahun}$$

$$= 3111 \text{ ton } CO_2/\text{tahun}$$

$$\checkmark \text{ Emisi } N_2O$$

Selain emisi CO_2 dan CH_4 proses pembakaran sampah secara terbuka ini juga menghasilkan emisi berupa gas N_2O . Perhitungan emisi N_2O dari

pembakaran sampah terbuka berdasarkan IPCC *Guidelines* (2006) menggunakan persamaan (4.4).

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{MSW} \times \text{Faktor emisi N}_2\text{O} && (4.4) \\
 &= 22,79 \text{ Gg} \times 150 \frac{\text{kg N}_2\text{O}}{\text{Gg}} \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \\
 &= 0,00342 \text{ Gg N}_2\text{O}/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ eq} &= 0,00342 \text{ Gg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 310 \\
 &= 17.177 \text{ Ggram CO}_2 \text{ eq}/\text{tahun} \\
 &= 17177 \text{ ton CO}_2 \text{ eq}/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Total Emisi dari Pembakaran Sampah

Emisi	Emisi Ton CO ₂ /tahun
CO ₂	72,307
CH ₄	3111,002
N ₂ O	1059,792
Jumlah	4243,102

Sumber: Hasil Penelitian

4.1.2.3 Faktor Emisi Spesifik dan Total Emisi CO₂ dari Sektor Persampahan Tiap Kecamatan

Setelah diperoleh total emisi CH₄ dari seluruh TPA di Kabupaten Malang, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dengan menggunakan persamaan (4.1).

$$\text{FES} = \frac{\text{E total}}{n} \quad (4.1)$$

Mengingat nilai FES nantinya akan digunakan sebagai acuan wilayah lain di Indonesia khususnya Jawa Timur yang memiliki karakteristik dan ketersediaan data yang sama dengan wilayah penelitian maka, FES ditentukan dengan kemungkinan ketersediaan data di lapangan. Berikut merupakan perhitungan nilai FES dari sektor persampahan di Kabupaten Malang:

1). FES (ton CO₂ /penduduk terlayani.tahun)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{Jumlah penduduk terlayani (jiwa)}} \\
 &= \frac{42.814,962 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{139.742 \text{ jiwa}} \\
 &= 0,306 \text{ ton CO}_2 /\text{penduduk terlayani.tahun}
 \end{aligned}$$

2). FES (ton CO₂ /penduduk *open burning*.tahun)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{Jumlah penduduk open burning (jiwa)}} \\
 &= \frac{3.485,405 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{1.931.112 \text{ Jiwa}} \\
 &= 0,0018 \text{ ton CO}_2 /\text{penduduk open burning.tahun}
 \end{aligned}$$

3). FES (ton CO₂ /jiwa.tahun)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{Jumlah penduduk (jiwa)}} \\
 &= \frac{47.058,063 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{2.438.684 \text{ jiwa}} \\
 &= 0,0193 \text{ ton CO}_2 /\text{jiwa.tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai FES dari sektor persampahan di Kabupaten Malang yang telah disajikan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.15 Nilai FES Sektor Persampahan di Kabupaten Malang

Unit FES	Nilai FES
TPA	0,3060 ton CO ₂ /penduduk terlayani.tahun
Open Burning	0,0018 ton CO ₂ /penduduk <i>open burning</i> .tahun
TPA dan <i>Open Burning</i>	0,0193 ton CO ₂ /jiwa.tahun

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya untuk estimasi emisi karbon masing-masing Kecamatan di Kabupaten Malang digunakan persamaan 4.2).

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum (\text{P x FES}) \quad (4.2)$$

Dimana :

P = Jumlah populasi (Jiwa)

FES = Faktor Emisi Spesifik CO₂ (ton CO₂/unit.tahun)

Berikut merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan TPA di Kecamatan Bantur:

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \sum (P \times \text{FES}) \\ &= \sum (\text{Jumlah penduduk terlayani di Bantur} \times \text{FES (ton CO}_2 \\ &\quad \text{/penduduk terlayani.tahun)}) \\ &= \sum (5.900 \times 0,306 \text{ ton CO}_2 \text{/penduduk terlayani.tahun}) \\ &= 1807,534 \text{ ton CO}_2 \text{/ tahun}\end{aligned}$$

Diperoleh besar emisi CO₂ dari TPA Rejosari Bantur sebesar 239,193 ton CO₂ / tahun. Perhitungan emisi CO₂ juga dilakukan dengan langkah yang sama untuk 3 TPA lainnya (TPA Paras Poncokusumo, TPA Talangagung Kepanjen dan TPA Randuagung Singosari) serta yang dihasilkan dari kegiatan *open burning*. Hasil perhitungan terdapat dalam lampiran.

Tabel 4.16 Total Emisi CO₂ dari Sektor Persampahan dari Tiap Kecamatan di Kabupaten Malang

No	Kecamatan	Emisi TPA (CO ₂ /tahun)	Emisi <i>Open Burning</i> (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Donomulyo	-	108,810	108,810
2	Kalipare	-	99,814	99,814
3	Pagak	-	74,678	74,678
4	Bantur*	1807,534	106,333	1913,867
5	Gedangan	-	85,523	85,523
6	Sumbermanjing	-	147,189	147,189
7	Dampit	-	174,803	174,803
8	Tirtoyudo	-	95,841	95,841
9	Ampelgading	-	85,832	85,832
10	Poncokusumo*	4893,390	141,560	5034,950
11	Wajak	-	126,901	126,901
12	Turen	-	160,931	160,931
13	Bululawang	-	86,070	86,070
14	Gondanglegi	-	116,778	116,778
15	Pagelaran	-	102,944	102,944
16	Kepanjen*	19347,801	102,464	19450,265
17	Sumberpucung	-	75,819	75,819
18	Kromengan	-	58,959	58,959

No	Kecamatan	Emisi TPA (CO ₂ /tahun)	Emisi <i>Open Burning</i> (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
19	Ngajum	-	74,736	74,736
20	Wonosari	-	66,200	66,200
21	Wagir	-	120,726	120,726
22	Pakisaji	-	107,323	107,323
23	Tajinan	-	76,224	76,224
24	Tumpang	-	108,711	108,711
25	Pakis	-	173,541	173,541
26	Jabung	-	105,989	105,989
27	Lawang	-	119,012	119,012
28	Singosari*	16766,237	198,148	16964,385
29	Karangploso	-	73,313	73,313
30	Dau	-	80,381	80,381
31	Pujon	-	92,431	92,431
32	Ngantang	-	89,606	89,606
33	Kasembon	-	47,816	47,816
Jumlah		42.814,962	3.485,405	46.300,367

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

(*) Lokasi TPA

Setelah diperoleh emisi CO₂ yang dihasilkan dari sampah di TPA dan kegiatan *Open burning* di tiap Kecamatan di Kabupaten Malang (Tabel 4.14) maka, dilakukan pemetaan untuk mengetahui gambaran secara menyeluruh tingkat emisi karbon dari sektor persampahan. Tingkat emisi CO₂ pada peta ditunjukkan dengan perbedaan warna.

Dalam penelitian ini tingkat emisi CO₂ pada peta ditunjukkan dengan perbedaan warna.

- 40.000-50.000, untuk emisi yang tergolong sangat tinggi.

Terdapat 2 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Singosari dan Kepanjen.

- 30.000-40.000, untuk emisi yang tergolong tinggi

Hanya terdapat 1 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yakni, Kecamatan Poncokusumo.

- 20.000-30.000, untuk emisi yang tergolong sedang

Hanya terdapat 1 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Bantur.

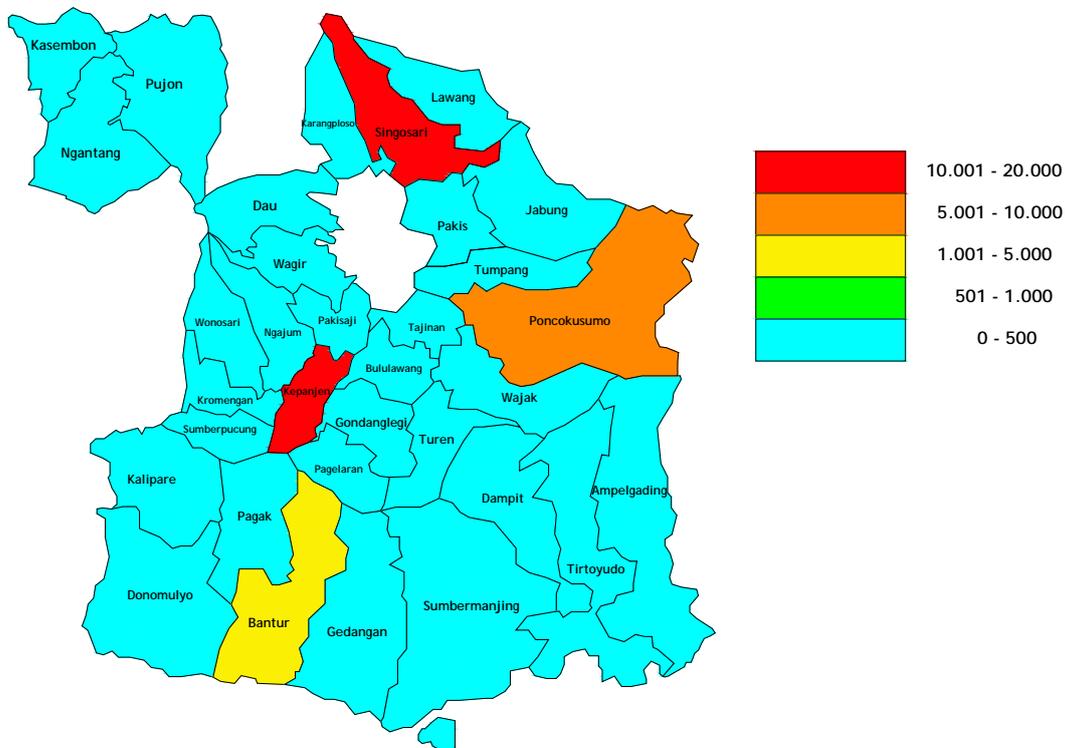
- 10.000-20.000, untuk emisi yang tergolong rendah

Tidak terdapat Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini.

- 0-10.000, untuk emisi yang tergolong sangat rendah

Terdapat 29 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini diantaranya yaitu, Kecamatan Pujon, Pakis, Dau, dan Dampit.

Gambar 4.5 menunjukkan tingkatan emisi CO₂ dari sektor persampahan di Kabupaten Malang.



Gambar 4.5 Peta Tingkat Emisi CO₂ dari Sektor Persampahan Tiap Kecamatan, di Kabupaten Malang

Berdasarkan Gambar 4.7, Kecamatan Kepanjen dan Singosari merupakan wilayah dengan tingkat emisi tertinggi. Tingginya emisi CO₂ di Kepanjen dipengaruhi oleh emisi yang dihasilkan dari TPA Talangagung dimana, besarnya emisi di TPA tersebut dipengaruhi oleh luas cakupan pelayanan dan jumlah penduduk yang terlayani. TPA di Kabupaten Malang terdapat pada 4 Kecamatan,

yakni Kecamatan Singosari, Kepanjen, Poncokusumo dan Bantur. Pada 4 wilayah tersebut nampak menghasilkan emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain dimana tidak terdapat TPA pada wilayah tersebut.

Untuk tingkat emisi terendah terletak di Kecamatan Kasembon yang dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Kecamatan Kasembon merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terendah di Kabupaten Malang. Tidak terdapat TPA di Kecamatan Kasembon, selain itu Kasembon merupakan wilayah belum terlayani (pengangkutan sampah ke TPA) sehingga sebagian besar penduduk mengolah sampahnya dengan pembakaran terbuka (*open dumping*).

4.1.3 Total Emisi Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Malang

Setelah diperoleh besar emisi CO₂ dari sektor persampahan dan permukiman, maka dapat diperoleh total emisi yang dihasilkan dari ragam aktivitas dari masing-masing sektor di tiap Kecamatan Kabupaten Malang. Hasil perhitungan total emisi dari kedua sektor selengkapnya terdapat dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.17 Total Emisi Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Malang

No	Kecamatan	Total Emisi Permukiman (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi Persampahan (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Donomulyo	28099,744	108,341	28208,085
2	Kalipare	21983,495	99,383	22082,878
3	Pagak	22913,120	74,356	22987,476
4	Bantur	27291,553	1913,409	29204,962
5	Gedangan	25780,550	85,154	25865,704
6	Sumbermanjing	40122,813	146,554	40269,367
7	Dampit	48006,617	174,049	48180,666
8	Tirtoyudo	30036,070	95,428	30131,498
9	Ampelgading	24197,774	85,462	24283,236
10	Poncokusumo	34501,160	5034,340	39535,500
11	Wajak	33211,803	126,353	33338,157
12	Turen	25474,368	160,237	25634,606
13	Bululawang	19469,992	85,699	19555,691
14	Gondanglegi	21165,343	116,275	21281,618

No	Kecamatan	Total Emisi Permukiman (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi Persampahan (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
15	Pagelaran	19760,790	102,500	19863,290
16	Kepanjen	16225,850	19449,823	35675,673
17	Sumberpucung	5895,290	75,493	5970,783
18	Kromengan	11659,349	58,705	11718,054
19	Ngajum	22927,158	74,414	23001,573
20	Wonosari	20501,951	65,915	20567,866
21	Wagir	16964,265	120,205	17084,471
22	Pakisaji	12154,034	106,861	12260,895
23	Tajinan	16186,624	75,896	16262,521
24	Tumpang	22172,874	108,242	22281,117
25	Pakis	26271,046	172,792	26443,838
26	Jabung	20944,090	105,532	21049,622
27	Lawang	14457,587	118,499	14576,086
28	Singosari	27280,670	16963,531	44244,201
29	Karangploso	23076,407	72,997	23149,404
30	Dau	17859,657	80,034	17939,692
31	Pujon	22325,237	92,032	22417,270
32	Ngantang	23022,089	89,219	23111,308
33	Kasembon	12747,240	47,610	12794,850
Jumlah		754686,620	46.300,367	800.986,986

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan pada Tabel 4.15 menunjukkan bahwa Kabupaten Malang menghasilkan emisi CO₂ sebesar 800.986,986 ton CO₂/tahun yang dihasilkan dari sektor permukiman dan persampahan. Besarnya nilai emisi CO₂ tersebut sebagian besar dipengaruhi oleh emisi dari sektor permukiman yaitu dari penggunaan energi.

Sektor permukiman terkait penggunaan bahan bakar menyumbangkan emisi sebesar 754.686,620 ton CO₂/tahun sedangkan besarnya emisi yang dihasilkan sektor persampahan sebesar 46.300,367 ton CO₂/tahun. Bila dilihat dari jumlah populasi penghasil emisi dalam perhitungan inventarisasi ini, emisi terbesar dari sektor persampahan bersumber dari TPA dimana hal tersebut hanya dipengaruhi oleh jumlah penduduk yang terlayani pengangkutan sampah ke TPA dimana, jumlah penduduk terlayani hanya 5,73 % dari total penduduk di

Kabupaten Malang. Sedangkan, emisi yang dihasilkan dari kegiatan *open burning* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya emisi dari sektor persampahan. Berbeda dengan sektor permukiman, pada sektor ini diasumsikan seluruh rumah tangga menggunakan bahan bakar untuk memasak sehingga total emisi CO₂ pada sektor ini merupakan total emisi yang dihasilkan oleh seluruh rumah tangga di Kabupaten Malang. Sehingga, besarnya emisi dari tiap sektor dipengaruhi oleh jumlah populasi dari setiap sektor kegiatan yang menghasilkan emisi.

Gambar 4.6 menunjukkan peta tingkat emisi CO₂ dari sektor permukiman dan persampahan tiap Kecamatan di Kabupaten Malang dimana, Kecamatan Singosari, Dampit, Sumbermanjing menunjukkan tingkat emisi tertinggi sedangkan beban emisi terendah berada pada Kecamatan Sumberpucung.

Berdasarkan hasil inventarisasi emisi yang dilakukan di Kabupaten Sumenep, total emisi dari sektor permukiman sebesar 311.264 ton CO₂/tahun dan total emisi dari sektor persampahan sebesar 47.472 ton CO₂/tahun, hal tersebut menunjukkan bahwa yang memberikan pengaruh terhadap total emisi kedua sektor di wilayah tersebut adalah emisi yang bersumber dari penggunaan bahan bakar. Selain itu, besarnya emisi dari penggunaan bahan bakar di Kabupaten Malang lebih besar tiga kali lipat dibandingkan dengan Kabupaten Sumenep, hal ini dipengaruhi oleh perbedaan jumlah rumah tangga yang cukup signifikan. Total rumah tangga di Kabupaten Malang yaitu 669.959 rumah tangga sedangkan di Kabupaten Sumenep adalah 220.475 rumah tangga, bila emisi dari sektor permukiman tiap Kabupaten dibandingkan dengan memperhitungkan jumlah rumah tangga maka jumlah rumah tangga dari Kabupaten Malang lebih besar tiga kali lipat sehingga, besarnya emisi dari sektor permukiman di tiap Kabupaten berbanding lurus dengan jumlah rumah tangga dari wilayah tersebut.

Dalam penelitian ini tingkat emisi CO₂ pada peta ditunjukkan dengan perbedaan warna.

- 40.000-50.000, untuk emisi yang tergolong sangat tinggi.

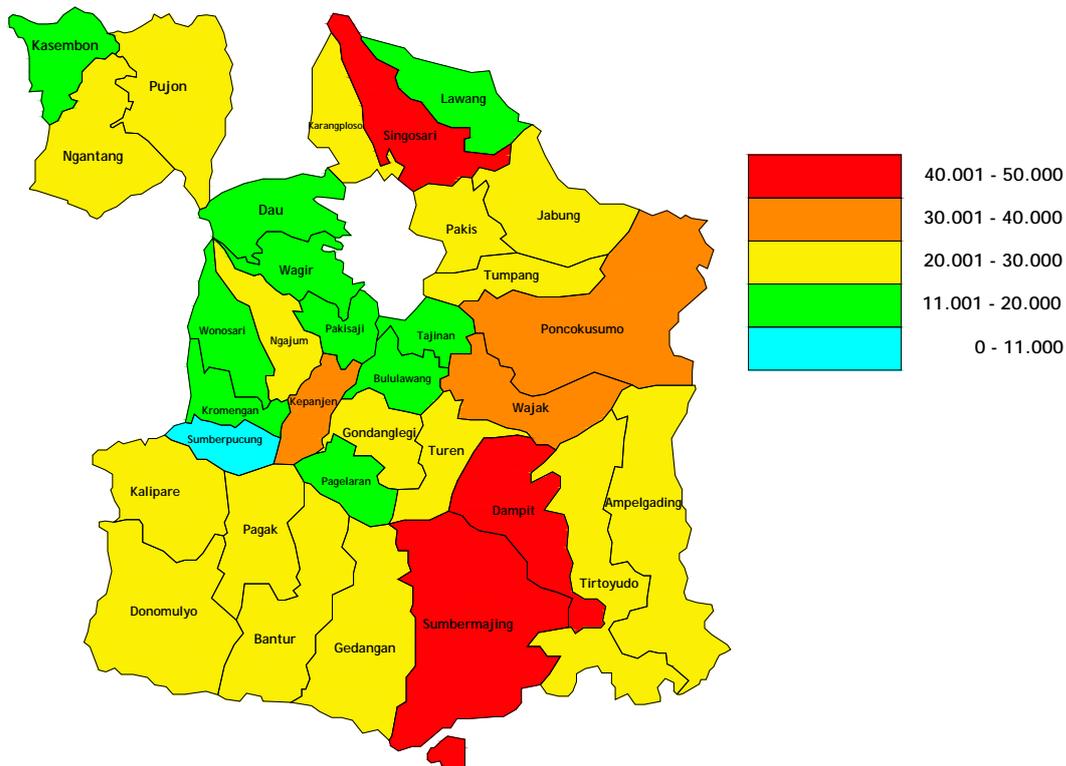
Terdapat 3 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yaitu, Kecamatan Singosari, Dampit dan Sumbermanjing.

- 30.000-40.000, untuk emisi yang tergolong tinggi

Hanya terdapat 3 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini yakni, Kecamatan Poncokusumo, Wajak, dan Kepanjen.

- 20.000-30.000, untuk emisi yang tergolong sedang
Hanya terdapat 16 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini diantaranya yaitu, Kecamatan Pujon, Pakis, Jabung, Bantur dan Tirtoyudo.
- 10.000-20.000, untuk emisi yang tergolong rendah
Terdapat 10 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini diantaranya yaitu, Lawang, Kasembon, Dau, Pakisaji dan Pagelaran.
- 0-10.000, untuk emisi yang tergolong sangat rendah
Hanya terdapat 1 Kecamatan yang tergolong dalam rentang ini diantaranya yaitu, Kecamatan Sumberpucung.

Gambar 4.6 menunjukkan Peta Tingkat Emisi CO₂ dari Sektor permukiman dan persampahan tiap Kecamatan di Kabupaten Malang.



Gambar 4.6 Peta Tingkat Emisi CO₂ dari Sektor Permukiman dan Persampahan Tiap Kecamatan, di Kabupaten Malang

4.2 Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan dalam penelitian ini terkait upaya penurunan beban emisi CO₂ berupa rancangan skenario sehingga dapat menjadi masukan untuk mengurangi beban emisi CO₂ di Kabupaten Malang. Skenario dalam penelitian ini diantaranya mengganti penggunaan bahan bakar Kayu bakar menjadi LPG serta meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA yang ada di Kabupaten Malang.

Untuk mengestimasi besar emisi yang akan dihasilkan dari setiap skenario yang ditetapkan, dilakukan perhitungan menggunakan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) yang telah diperoleh pada sub bab sebelumnya. Selain itu, digunakan persentase perbandingan jumlah pengguna bahan bakar yang ada di Kabupaten Malang berdasarkan hasil survei (Tabel 4.18).

Tabel 4.18 Persentase Jumlah Pengguna Bahan Bakar dari Hasil Survei

Kecamatan	LPG		Kayu Bakar		Kayu Bakar dan LPG	
	Perkotaan	Pedesaan	Perkotaan	Pedesaan	Perkotaan	Pedesaan
Kepanjen	9	1			1	
Singosari	15	2				1
Pujon	3	3				2
Sumbermanjing	2	3			5	1
Jabung	4	2			1	1
Turen	8	2			1	1
Jumlah Sampel	41	13	0	8	0	6
Persentase (%)	60	19	0	12	0	9

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.18, dari total responden sebanyak 60 % rumah tangga di wilayah perkotaan telah menggunakan LPG, sedangkan untuk rumah tangga di wilayah pedesaan hanya 19 % yang telah menggunakan LPG. Responden di wilayah pedesaan sebagian besar masih menggunakan kayu bakar, selain itu terdapat responden yang menggunakan kayu bakar dan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Pengguna kayu bakar di wilayah pedesaan sebesar 12 % dan 9 % adalah pengguna kedua bahan bakar (LPG dan minyak tanah).

Total emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor permukiman dan persampahan dari hasil perhitungan diperoleh 800.986,986 ton CO₂/tahun. Dimana, emisi CO₂ dari sektor permukiman terkait penggunaan bahan bakar menyumbangkan emisi sebesar 754.686,620 ton CO₂/tahun sedangkan besarnya emisi yang dihasilkan sektor persampahan sebesar 46.300,367 ton CO₂/tahun. Terkait besarnya beban emisi CO₂ tersebut, dibutuhkan upaya penurunan emisi CO₂ yang berupa rancangan skenario sehingga dapat menjadi masukan untuk mengurangi beban emisi CO₂ di Kabupaten Malang.

Berikut merupakan skenario-skenario penurunan emisi yang dapat diterapkan untuk mengurangi beban emisi karbon di Kabupaten Malang:

Skenario 1

- Persentase penggunaan LPG di wilayah perkotaan dan pedesaan menjadi 100% (berdasarkan Peraturan Presiden No 104 Tahun 2007 mengenai konversi bahan bakar ke LPG 3 kg)
- Tingkat pelayanan sampah ke TPA adalah tetap, yaitu 5,73 %

Skenario 2

- Persentase penggunaan LPG tetap, pengguna Kayu bakar menjadi pengguna LPG dan Kayu bakar
- Tingkat pelayanan sampah ke TPA menjadi 80% (Mengacu pada target *Millenium Development Goals* (MDGs) 2015)

Skenario 3

- Persentase penggunaan LPG tetap, pengguna LPG dan Kayu bakar menjadi pengguna Kayu bakar saja
- Tingkat pelayanan sampah ke TPA menjadi 80% (Mengacu pada target *Millenium Development Goals* (MDGs) 2015)

Estimasi besar emisi dari tiap skenario dihitung menggunakan metode perhitungan emisi CO₂ yaitu, dengan menggunakan nilai FES yang telah diperoleh (Tier 2). Tabel 4.20 menunjukkan hasil perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari masing-masing skenario.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Sektor Persampahan Berdasarkan Skenario

Skenario	Jumlah penduduk terlayani	% Pelayanan	Emisi Sampah (ton CO ₂ /tahun)
1	139.742	tetap	42814,962
2	1.950.947	80%	597744,080
3	1.950.947	80%	597744,080

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan pada Tabel 4.19 menunjukkan besar emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor persampahan pada skenario 1 adalah tetap yaitu 42814,962 ton CO₂/tahun sedangkan untuk skenario 2 dan 3 menunjukkan besar emisi CO₂ adalah 597744,080 ton CO₂/tahun. Untuk menentukan skenario yang terbaik dari sektor persampahan, tidak dapat diputuskan hanya berdasarkan hasil perhitungan emisi CO₂ tetapi dibutuhkan beberapa pertimbangan yaitu sistem pengolahan sampah di TPA, target tahun pencapaian dan bagaimana pemanfaatan dari gas yang dihasilkan di TPA.

Pada sektor persampahan besar emisi CO₂ yang dihasilkan dengan meningkatkan persen pelayanan justru menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat pelayanan yang tetap, hal ini dikarenakan sistem pengolahan di TPA terkait yang masih tergolong *unmanaged* sehingga meningkatnya persen pelayanan tidak mempengaruhi besar emisi CO₂ yang dihasilkan. Sistem pengolahan sampah pada empat TPA yang terdapat di Kabupaten Malang masih belum memiliki fasilitas yang memadai terkait penangkapan dan pemanfaatan gas yang dihasilkan sehingga jumlah gas CH₄ yang dihasilkan masih cukup besar.

Semakin besar jumlah gas CH₄ yang akan dihasilkan dengan peningkatan persen pelayanan maka idealnya semakin baik pula sistem pengolahan sampah yang diterapkan pada TPA tersebut. Untuk itu upaya yang dapat dilakukan selain meningkatkan persen pelayanan yaitu dengan mengoptimasi sistem pengolahan sampah dan pemanfaatan gas CH₄. Optimasi sistem pengelolaan sampah pada tiap TPA di Kabupaten Malang dari semi *control landfill* menjadi *santitary landfill*. Proses pengumpulan gas dalam TPA *santitary landfill* menjadi lebih optimal dimana gas yang dihasilkan dari TPA tidak lepas ke udara, sehingga tidak menambah beban emisi yang terakumulasi di udara.

Pada dasarnya Kabupaten Malang telah memasang Sambungan Rumah (SR) untuk optimasi Pemanfaatan gas menjadi energi berupa distribusi *landfill gas* (LFG) yang dihasilkan dari TPA Talangagung Kepanjen dan TPA Paras Poncokusumo dimana, TPA Talangagung telah memiliki 195 SR dan TPA Paras telah memiliki 165 SR di sekitar TPA (Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Malang, 2013) tetapi sistem pengelolaan sampah pada TPA-TPA tersebut masih semi *control landfill* bahkan dalam IPCC Guidelines (2006) dikategorikan *unmanaged* (belum terkelola) sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengoptimalkan TPA tersebut. Ketersediaan fasilitas yang dimiliki TPA di Kabupaten Malang juga masih sangat minim sebagai contoh, ketidak tersediaannya alat ukur gas CH₄. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Susilaningsih, dkk (2007) kebutuhan biogas yang digunakan untuk memasak adalah 1,25 m³/hari atau 0.25 m³/orang.hari.

Selanjutnya untuk sektor permukiman, dilakukan perhitungan estimasi emisi CO₂ dari masing-masing skenario menggunakan metode yang sama dengan perhitungan estimasi emisi dari sektor persampahan yaitu dengan menggunakan nilai FES yang diperoleh dari hasil perhitungan dalam sub bab sebelumnya.

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Sektor Permukiman Berdasarkan Skenario

Skenario	Emisi Bahan bakar (ton CO ₂ /tahun)		Emisi Bahan Bakar (ton CO ₂ /tahun)
	Perkotaan	Pedesaan	
1	77049,753	50740,081	127789,834
2	77049,753	397656,675	474706,428
3	77049,753	127595,033	204644,786

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan (Tabel 4.20), skenario 1 mampu menurunkan emisi CO₂ menjadi 127.789,834 ton CO₂/tahun yaitu 83,067 % dari total emisi CO₂ dimana, emisi mula-mula sebesar 754.686,620 ton CO₂/tahun. Pada sektor permukiman, skenario 1 merupakan skenario terbaik dalam upaya menurunkan emisi CO₂ terkait peningkatan persentase penggunaan LPG di wilayah pedesaan menjadi 100%.

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Sektor Permukiman dan Persampahan Berdasarkan Skenario

Skenario	Emisi Bahan Bakar (ton CO ₂ /tahun)	Emisi Sampah (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	127789,834	42814,962	170604,796
Skenario	Emisi Bahan Bakar (ton CO ₂ /tahun)	Emisi Sampah (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
2	474706,428	597744,080	1072450,507
3	204644,786	597744,080	802388,865

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 menunjukkan bahwa hasil estimasi emisi pada skenario 1 memiliki penurunan nilai emisi CO₂ terbesar. Bila target penurunan emisi berjangka pendek skenario 1 merupakan skenario terbaik yaitu dengan mengganti bahan bakar menjadi 100% LPG meski tingkat pelayanan sampah ke TPA tetap. Hal ini menunjukkan bahwa penggantian bahan bakar yaitu Kayu bakar menjadi LPG lebih memberikan kontribusi lebih besar dalam mengurangi beban emisi karbon di Kabupaten Malang. Skenario 1 dianggap paling memungkinkan dimana, dalam Peraturan Presiden No. 104 Tahun 2007 tentang konversi penggunaan bahan bakar dari minyak tanah ke LPG telah berhasil dilaksanakan. Berdasarkan hasil survei, tidak ada lagi responden yang menggunakan bahan bakar minyak tanah untuk kegiatan memasak.

Sebaliknya, bila target penurunan emisi berjangka panjang, maka yang perlu diupayakan selain penggantian bahan bakar untuk memasak adalah optimasi peningkatan sistem pelayanan ke TPA, optimasi sistem pengelolaan sampah TPA dari semi *control landfill* yang masih tergolong *unmanaged* dan *open dumping* menjadi *sanitary landfill* serta optimasi Sambungan Rumah (SR) untuk pemanfaatan gas metana sebagai bahan bakar untuk memasak. Hal ini didasarkan pada pertimbangan hasil estimasi emisi skenario dari sektor persampahan yang menunjukkan bahwa dengan meningkatkan persen pelayanan saja, maka besar emisi karbon di suatu TPA justru semakin meningkat bila tanpa dilakukan upaya lainnya. Semakin tinggi tingkat pelayanan maka idealnya semakin baik pula sistem pengolahan sampah di TPA serta harus semakin optimal pula pemanfaatan gas yang dihasilkan dari TPA tersebut. Sehingga, bila belum mampu meningkatkan pemanfaatan daripada gas yang dihasilkan dari TPA maka

sebaiknya mengutamakan penggantian bahan bakar rumah tangga terkait kegiatan memasak.

4.3 Aspek Peran Masyarakat

Menurut Hadi (1995) dalam Artiningsih (2008), dari segi kualitas, partisipasi atau peran serta masyarakat penting sebagai:

- ✓ Input atau masukan dalam rangka pengambilan keputusan/kebijakan.
- ✓ Strategi untuk memperoleh dukungan dari masyarakat sehingga kredibilitas dalam mengambil suatu keputusan akan lebih baik.
- ✓ Komunikasi bahwa pemerintah memiliki tanggung jawab untuk menampung pendapat, aspirasi dan *concern* masyarakat.
- ✓ Media pemecahan masalah untuk mengurangi ketegangan dan memecahkan konflik untuk memperoleh konsensus.

Dalam penelitian ini, digunakan kuisioner untuk mengetahui peran serta masyarakat dari kedua sektor yang akan dianalisis. Aspek peran masyarakat sangat terkait dengan hasil skenario yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Dimana, skenario 1 adalah upaya terbaik yang dapat dilakukan dan lebih efektif dibandingkan dengan skenario lainnya yaitu, dengan mengganti penggunaan bahan bakar LPG dan Kayu bakar serta rumah tangga yang menggunakan kayu bakar saja menjadi 100 % menggunakan LPG untuk kegiatan memasak.

4.3.1 Sektor Permukiman

Untuk mewujudkan skenario tersebut, mengingat rata-rata rumah tangga pengguna kayu bakar adalah rumah tangga di wilayah pedesaan yaitu sebesar 12 % yang hanya menggunakan kayu bakar dan 9 % menggunakan kayu bakar dan LPG maka, peran masyarakat dipandang sangat penting untuk mewujudkan skenario tersebut. Peran masyarakat dalam hal ini adalah bagaimana masyarakat pedesaan menjadi tidak enggan untuk membeli LPG dimana, 78,571 % responden pedesaan menjawab bahwa mereka enggan mengeluarkan biaya untuk membeli LPG.

Alasan masyarakat pedesaan enggan menggunakan LPG sebagai bahan bakar utama untuk memasak adalah sebagian besar masyarakat pedesaan masih

merasa lebih mudah memperoleh kayu bakar. Kayu bakar yang mereka peroleh sebagian besar dari hutan dekat permukiman mereka, dari kebun, dan dari ladang mereka sendiri. Selain itu, masyarakat pedesaan sebagian besar tidak mengetahui apakah dampak yang akan ditimbulkan dari menggunakan kayu bakar untuk memasak.

Adanya teknologi baru bagi masyarakat yang tinggal di pedesaan dengan segala keterbatasan membuat masyarakat sulit untuk beradaptasi dengan penggunaan gas LPG. Masyarakat memerlukan waktu untuk dapat menerima LPG sebagai pengganti bahan bakar yang sudah biasa digunakan sebagai bahan bakar utama kebutuhan dapur (Komalasari dan Wirawan, 2013). Berdasarkan hasil kuisisioner, hanya 35,714 % rumah tangga pedesaan yang mau mengganti bahan bakar yang digunakan menjadi LPG. Dengan persentase tersebut emisi dari penggunaan bahan bakar hanya dapat diturunkan 0,88 % dari total emisi 754.686,620 ton CO₂/tahun yakni menjadi 89372,527 ton CO₂/tahun. Sedangkan skenario terpilih (skenario 1) menunjukkan bahwa upaya terbaik untuk menurunkan beban emisi CO₂ dari Kabupaten Malang yaitu dengan mengoptimalkan penggantian bahan bakar masyarakat untuk memasak dari kayu bakar menjadi LPG. Untuk itu, dibutuhkan peran serta masyarakat sepenuhnya untuk mewujudkan skenario tersebut. Upaya mitigasi yang dapat diterapkan:

- Optimasi kegiatan sosialisasi dan edukasi yang diharapkan mampu meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak dari penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak melalui kegiatan tersebut.
- Adanya kegiatan pendataan dan pendampingan
- Adanya kegiatan pendistribusian serta sosialisasi
- Adanya kegiatan pengawasan, berupa evaluasi dari kegiatan pendampingan yang telah dilakukan, dalam pelaksanaan sosialisasi dan edukasi serta kegiatan lainnya. Sehingga dapat dilakukan perbaikan kinerja dari tiap kegiatan terkait upaya mitigasi yang ditetapkan.

Kondisi tersebut diadaptasi dari upaya konversi bahan bakar minyak tanah ke LPG yang dilakukan di Kabupaten-Kota Se Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Upaya mitigasi yang dilakukan tidak terlepas dari

kerjasama dengan Pemerintah setempat dan pihak terkait lainnya dalam hal ini Dinas Pertambangan dan Energi bekerja sama dengan PT Pertamina⁽¹⁾ (Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2007).

Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sebelumnya telah melakukan beberapa upaya mitigasi, diantaranya adalah kegiatan BINA DESA oleh Bupati Malang. Dalam kegiatan ini Dinas ESDM Kabupaten Malang telah melaksanakan kegiatan Sosialisasi Penggunaan LPG 3 Kg. Dalam pelayanan kepada masyarakat, Dinas ESDM Kabupaten Malang bekerjasama dengan PT. Pertamina dan Bagian Perekonomian Sekretariat Daerah Kabupaten Malang memberikan sosialisasi dan edukasi mengenai penggunaan LPG 3 Kg. Peserta sosialisasi berjumlah ± 50 Ibu-ibu PKK (Pembinaan Kesejahteraan Keluarga) warga Desa Pandansari (Bina desa kedua setelah di desa Bendosari Kecamatan Pujon). Ibu-ibu PKK sangat antusias pada acara sosialisasi ini karena juga diserahkan bantuan kompor gas dan beberapa *doorprice*. Diharapkan setelah sosialisasi seluruh warga Desa Pandansari Kecamatan Poncokusumo tidak takut lagi menggunakan LPG 3Kg dan mau menggunakan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak.⁽²⁾

Upaya yang telah dilaksanakan di Kabupaten Malang pada dasarnya telah cukup baik namun, bila melihat upaya yang telah dilakukan di Lombok (NTB), terdapat hal yang perlu diperhatikan adalah pelaksanaan kegiatan yang dilakukan secara kontinyu atau berkelanjutan secara terus-menerus baik dari kegiatan sosialisasi dan edukasi maupun kegiatan setelahnya yakni pengawasan.

⁽¹⁾ I Gede Tatar Sutaryana, Bambang Tri Nugroho, Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Nusa Tenggara Barat, "Pelaksanaan Konversi Minyak Tanah Bersubsidi Ke Lpg 3 Kg Di Kabupaten-Kota Se Pulau Lombok Provinsi NTB Dan Permasalahannya" diakses dari <http://distamben.ntbprov.go.id/>, pada tanggal 12 Desember 2014

⁽²⁾ Dinas ESDM Kabupaten Malang, "Sosialisasi Penggunaan LPG Oleh Dinas ESDM dan Pertamina" diakses dari <http://esdm.malangkab.go.id/berita-13.html>, pada tanggal 25 Desember 2014

4.3.1 Sektor Persampahan

Pada sektor persampahan kendala yang ditemui terkait peran serta masyarakat yakni kesadaran masyarakat terhadap penanganan sampah yang masih sangat rendah. Terkait dengan kegiatan pembakaran sampah, aspek peran masyarakat juga lah yang mendasari apakah upaya-upaya penurunan emisi CO₂ dari kegiatan *open burning* baik dari pemerintah maupun dari pihak lain dapat tercapai atau sebaliknya.

Dari hasil kuisisioner, 69 % responden melakukan pembakaran sampah secara terbuka (*open burning*) sedangkan 16 % responden membuang sampahnya ke sungai, ditimbun, dibuang ke lahan kosong/hutan, atau dibiarkan sampai membusuk. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat di Kabupaten Malang, masih melakukan pengolahan sampah sendiri atau belum terangkut ke TPA. Hasil kuisisioner juga menunjukkan bahwa, hanya 13,174 % dari jumlah responden atau sebanyak 9 reponden yang bersedia sampahnya diangkut dan dibawa ke TPA. Responden lainnya menjawab bahwa mereka keberatan karena tidak mengetahui akibat dari pembakaran sampah secara langsung terhadap lingkungan, alasan lainnya adalah karena lahan mereka masih kosong. Kedala lain yang menjadi alasan responden adalah bila sampahnya diangkut dibutuhkan biaya retribusi kebersihan tiap bulan dimana biaya tersebut bagi masyarakat pedesaan cukup memberatkan mereka. Bila persen pelayanan meningkat hanya sebesar 30 % maka emisi yang dihasilkan sebesar 97.133,413 ton CO₂/tahun. Selain itu, hasil survei juga menunjukkan hanya 7,319 % dari total responden yang mau mengikuti kegiatan sosialisasi mengenai pengolahan sampah. Sebagian besar responden yang tidak bersedia mengikuti kegiatan sosialisai menjawab bahwa mereka keberatan karena merasa kegiatan tersebut cukup menyulitkan dan sebagian merasa tidak perlu.

Melihat kondisi dari wilayah penelitian yang telah dijabarkan diatas, maka dianggap perlu meningkatkan kesadaran dan memberi wawasan kepada masyarakat di Kabupaten Malang, khususnya wilayah pedesaan karena pada dasarnya masyarakat adalah kontributor terbesar dalam menghasilkan emisi CO₂ dan mewujudkan upaya penurunan emisi karbon. Meskipun merubah perilaku

masyarakat adalah hal yang sulit, namun jika dilakukan pembinaan secara terus-menerus maka akan ada hasilnya walaupun perlu waktu.

Menurut Artiningsih (2008), masalah sampah mutlak harus ditangani secara bersama-sama antara pemerintah, lembaga swadaya masyarakat dan masyarakat itu sendiri. Oleh karena itu, dibutuhkan kesadaran dan komitmen bersama menuju perubahan sikap, perilaku dan etika yang berbudaya lingkungan.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Malang (2013), Kabupaten Malang telah memiliki 106 TPS (Tempat Penampungan Sampah) termasuk 11 TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu). Terdapat perbedaan antara TPS dan TPST di Kabupaten Malang, TPST merupakan TPS yang telah menerapkan program 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*), sedangkan TPS adalah tempat penampungan sampah sementara tanpa adanya upaya pengelolaan sampah.

Melalui survei di lapangan yang dilakukan dengan wawancara, berdirinya beberapa TPST di Kabupaten Malang ada yang bermula dari kelompok swadaya masyarakat, diantaranya yakni Kelompok Swadaya Masyarakat “Mulyoagung Bersatu” di Kecamatan Dau yang saat ini telah menjadi TPST. TPST Mulyoagung di Kecamatan Dau yang terletak di Desa Mulyoagung yang telah beroperasi sejak akhir desember tahun 2010. Melalui musyawarah kelompok bersama di Desa Mulyoagung yang dinamakan dengan Kelompok Swadaya Masyarakat “Mulyoagung Bersatu” diperoleh solusi dari ancaman pencemaran lingkungan akibat sampah yang dihasilkan dari permukiman setempat yaitu dengan mendirikan TPS yang didalamnya juga melibatkan peran masyarakat dalam melakukan program 3R. Kelompok Swadaya Masyarakat ini selanjutnya berusaha untuk mengajukan proposal ke badan atau instansi terkait untuk pendanaan selain pendanaan dari Kelompok Swadaya Masyarakat itu sendiri. Sehingga akhirnya pada bulan Desember tahun 2010, dibangunlah TPST Mulyoagung, yang terletak di Kecamatan Dau.

Melihat perwujudan dari upaya tersebut, maka menurut Artiningsih (2008) sebagai upaya menggugah kepedulian dalam penanganan permasalahan lingkungan, khususnya persampahan serta untuk menciptakan kualitas lingkungan

pemukiman yang bersih dan ramah lingkungan perlu dilakukan perubahan paradigma pengelolaan sampah dengan cara:

1. *Pengurangan volume sampah dari sumbernya*

Pengurangan volume sampah dari sumbernya dengan pemilihan (organik dan non organik) atau pemrosesan dengan teknologi yang sederhana seperti komposting dengan skala rumah tangga atau skala lingkungan. Upaya ini mampu mereduksi jumlah sampah dari sumbernya dan secara tidak langsung mampu berkontribusi dalam menurunkan beban emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan di Kabupaten Malang. Sebagaimana rekomendasi McDougall *et al.* (2001) dalam Sunarto,dkk (2013), peningkatan peran TPS menjadi tempat pengolahan sampah untuk produk daur ulang adalah salah satu cara yang dapat dilakukan oleh pengelola sampah untuk mereduksi emisi GRK dan mengurangi beban TPA. Pilihan tersebut sesuai dengan kondisi di Kabupaten Malang yang di beberapa TPS-nya yaitu TPST telah menerapkan praktek pemilahan sampah.

2. *Meningkatkan keterlibatan/peran masyarakat dalam pengelolaan sampah*

Meningkatkan keterlibatan/peran masyarakat dalam pengelolaan sampah yang di koordinir oleh Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM), kelompok ini bertugas mengkoordinir pengelolaan kebersihan lingkungan. Dalam hal ini, yang dapat diadaptasi sebagai contoh untuk optimasi TPS yang telah ada di Kabupaten Malang adalah KSM “Mulyoagung Bersatu” di Kecamatan Dau. Penerapan 3R tersebut dapat dilakukan di sumber asal sampah, di TPS, atau di TPA (Anschutz *et al.*, 2004 dalam Sunarto,dkk., 2013). Sebagaimana teori pengelolaan sampah terpadu yang dikemukakan oleh Anschutz *et al.* (2004), pengolahan sampah adalah elemen penting dari elemen teknis sampah. Berbagai cara pemrosesan sampah yang dipilih, yaitu pencegahan, pengurangan, daur ulang sampah, dan pemulihan material, akan berpengaruh terhadap keberlanjutan pengelolaan sampah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil perhitungan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - Sektor permukiman memiliki 2 nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) yakni FES Perkotaan sebesar 0,412 (ton CO₂ /RT perkotaan.tahun) dan FES Pedesaan sebesar 1,755 (ton CO₂ /RT pedesaan.tahun). Nilai FES dari rumah tangga di wilayah pedesaan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai FES di wilayah perkotaan, hal ini dipengaruhi oleh jenis dan tingkat konsumsi bahan bakar dimana di wilayah pedesaan sebagian besar masih menggunakan kayu bakar selain itu rata-rata konsumsi bahan bakar di wilayah pedesaan juga lebih tinggi dibandingkan wilayah perkotaan.
 - Dari sektor persampahan diperoleh nilai FES yang pertama sebesar 0,306 ton CO₂/penduduk terlayani.tahun, FES kedua sebesar 0,0018 ton CO₂ /penduduk *open burning*.tahun, dan yang ketiga sebesar 0,0193 ton CO₂ /jiwa.tahun. FES dari pembuangan sampah ke TPA lebih besar dibandingkan dengan FES *open burning* dikarenakan CH₄ yang dihasilkan di TPA lebih besar.

Nilai FES dapat dipergunakan untuk estimasi beban emisi karbon di wilayah lain yang memiliki karakteristik yang sama dengan Kabupaten Malang, Jawa Timur dan disesuaikan dengan ketersediaan data yang ada.

2. Hasil estimasi emisi karbon menggunakan metode dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* (2006) dengan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) diperoleh:
 - Total emisi CO₂ dari sektor permukiman di wilayah perkotaan sebesar 127.789,834 ton CO₂/tahun dan wilayah pedesaan sebesar 626.896,785 ton CO₂/tahun. Hal tersebut dipengaruhi nilai rata-rata penggunaan bahan bakar rumah tangga pedesaan lebih besar yaitu 93,538 kg/bulan

dibandingkan wilayah perkotaan 11,512 kg/bulan. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa Kecamatan Dampit dan Sumbermanjing dengan jumlah rumah tangga pedesaan terbesar di Kabupaten Malang menghasilkan tingkat emisi tertinggi sedangkan Kecamatan Sumberpucung menghasilkan nilai emisi CO₂ terendah dimana jumlah rumah tangga pedesaannya memiliki jumlah terendah di Kabupaten Malang. Sehingga dapat diketahui bahwa besarnya total emisi dari penggunaan bahan bakar di suatu Kecamatan dipengaruhi oleh jumlah rumah tangga dan jenis bahan bakar yang digunakan.

- Hasil estimasi emisi karbon untuk sektor persampahan:
 - Untuk emisi CO₂ yang bersumber dari TPA, beban emisi terbesar dihasilkan oleh TPA Talangagung di Kecamatan Kepanjen yaitu sebesar 19347,801 ton CO₂/tahun. Hal yang mempengaruhi besar emisi CO₂ dari TPA adalah luas cakupan pelayanan dan jumlah penduduk yang terlayani.
 - Untuk kegiatan *open burning*, emisi terbesar dihasilkan di Kecamatan Kasembon dimana Kecamatan Kasembon merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terendah di Kabupaten Malang. Selain itu, Kecamatan Kasembon merupakan wilayah yang belum terlayani (pengangkutan sampah ke TPA) sehingga sebagian besar penduduk mengolah sampahnya dengan pembakaran terbuka (*open dumping*).

Hasil pemetaan dari sektor persampahan menunjukkan bahwa Kecamatan Kepanjen dan Singosari tergolong dalam tingkat emisi yang sangat tinggi. Sedangkan Terdapat 29 Kecamatan yang tergolong sangat rendah diantaranya yaitu, Kecamatan Pujon, Pakis, Dau, dan Dampit.

- Diperoleh total emisi dari sektor permukiman sebesar 754.686,620 ton CO₂/tahun dan dari sektor persampahan 46.300,367 ton CO₂/tahun dengan total emisi yang dihasilkan Kabupaten Malang sebesar 800.986,986 ton CO₂/tahun. Besarnya emisi dari tiap sektor

dipengaruhi oleh jumlah unit kegiatan (jumlah jiwa atau rumah tangga) dari setiap sektor kegiatan yang menghasilkan emisi.

3. Penyebaran emisi CO₂ dari sektor permukiman dan persampahan dari hasil pemetaannya berdasarkan estimasi emisi karbon di Kabupaten Malang menunjukkan bahwa Kecamatan Singosari, Dampit dan Sumbermanjing merupakan Kecamatan dengan tingkat emisi tergolong sangat tinggi sedangkan tingkat emisi terendah berada pada wilayah Kecamatan Sumberpucung. Sektor yang paling mempengaruhi besarnya nilai emisi CO₂ tersebut adalah sektor permukiman terkait penggunaan energi.

5.2 Saran

1. *Basic* data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data tahun 2013 dikarenakan keterbatasan ketersediaan data dari instansi-instansi terkait di Kabupaten Malang. Untuk mendapatkan hasil yang lebih mewakili, pemerintah Kabupaten Malang agar kedepannya lebih mengoptimalkan kelengkapan data yang dibutuhkan dalam inventarisasi emisi sehingga sesuai dengan tahun inventarisasi.
2. Diharapkan pemerintah melakukan upaya pengendalian pencemaran udara khususnya pada sektor permukiman dan persampahan di wilayah yang menunjukkan tingkat emisi tertinggi.
3. Kajian mengenai penentuan Faktor Emisi Spesifik (FES) pada sektor perkebunan dan kehutanan mengingat Kabupaten Malang secara geografis dan berdsarkan sumber mata pencaharian penduduk didominasi oleh kedua sektor tersebut selain itu, sesuai dengan wilayah pengembangannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, D. 2012. *Kemitraan Antara Pemerintah dan Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Mandiri*. Jurusan Administrasi Publik Fakultas Ilmu Administrasi - Universitas Brawijaya, Malang.
- Anonim. 2010. *Peraturan Daerah No.3 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang*. Kabupaten Malang.
- Anonim. 2011a. *Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman*. Jakarta.
- Anonim. 2011b. *Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Jakarta.
- Anonim. 2011c. *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur*. Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur, Surabaya.
- Anonim. 2012a. *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 5 tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Tahun 2011-2031*. Surabaya.
- Anonim. 2012b. *Data Profil TPA di Kabupaten Malang*. Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang, Kabupaten Malang.
- Anonim. 2012c. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Buku I Pedoman Umum*. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Anonim. 2012d. *Laporan Buku Putih Sanitasi Kabupaten Malang 2012*. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. Kabupaten Malang.
- Anonim. 2013a. *Kabupaten Malang Dalam Angka 2013*. Badan Pusat Statistik., Surabaya.
- Anonim. 2013b. *Data Timbulan Sampah*. Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang, Kabupaten Malang.
- Anonim. 2010a. *Jumlah Rumah Tangga Menurut Wilayah dan Bahan Bakar untuk Memasak*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <http://sp2010.bps.go.id/index.php/site/tabel?tid=302&wid=3507000000>

- Anonim. 2010b. *Jumlah Rumah Tangga Menurut Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <http://sp2010.bps.go.id/index.php/site/tabel?tid=302&wid=3507000000>
- Boedisantoso, R. 2014. *Pengembangan Metode Perhitungan Emisi CO₂-e dari Limbah Tinja dan Penggunaan Bahan Bakar LPG Aktivitas Rumah Tangga*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS, Surabaya.
- Fairus S., dkk. 2011. *Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi: Biogas dan Precursor Briket*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Yogyakarta ISSN: 1693-4393.
- IPCC. 1995. *Greenhouse gas inventory reference manual*. IPCC WGI Technical Support Unit, Hardley Center, Meteorology Office, London Road, Braknell, RG 122 NY, United Kingdom.
- Komalasari E. Dan Wirawan, B. 2013. *Tanggapan Masyarakat Terhadap Program Konversi Minyak Tanah ke LPG (Studi Pada Masyarakat Dusun Ribu-Ribu Kampung Bukti Gemuruh Kecamatan Way Tuba Kabupaten Way Kanan)*. Jurnal Sociologie, Vol. 1, No. 3: 252-261.
- Lelieveld J., dkk. 1993. *Climate Effects of Atmospheric Methane*. Chemosphere 26, 1-4:739-768.
- Noor dan Sofyan. 2008. *Inventarisasi Emisi Pencemaran Udara dan Gas Rumah Kaca di Jabodetabek dengan Menggunakan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis)*. Jurusan Teknik Lingkungan – ITB, Bandung.
- Pradiptya, V. 2011. *Kajian Emisi CO₂ Dengan Menggunakan Persamaan Longrange Energy Alternatives Planning (LEAP) Dari Sektor Permukiman di Kota Surabaya*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS, Surabaya.
- Salant, P. dan Dillman, D. A. 1994. *How to Conduct Your Own Survey*. New York: Wiley
- Setiawan, N. 2007. *Penentuan Ukuran Sampel Memakai Rumus Slovin dan Tabel Krejcie – Morgan: Telaah Konsep dan Aplikasinya*. Universitas Padjajaran – Fakultas Peternakan, Bandung.
- Singarimbun M. dan Effendi S. 1995. *Metode Penelitian Survei*. Jakarta: LP3ES.
- Stern. 2006. *Review on The Economics of Climate Change*. United Kingdom.

- Sudarman. 2010. *Meminimalkan Daya Dukung Sampah Terhadap Pemanasan Global*. Profesional 8, 1:1693-3745.
- Suhedi, F. 2005. *Emisi CO₂ dari Konsumsi Energi Domestik*. Pusat Litbang Permukiman Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sunarto, dkk. 2013. *Pengolahan Sampah Di TPS Tlogomas Malang untuk Mereduksi Jejak Karbon*. Jurusan Ilmu Lingkungan - Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tchobanoglous G., Theisen H., dan Vigil S. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Wati, L. 2009. *Penentuan Faktor Emisi HC, CO, dan CO₂ pada Pembakaran Sampah Rumah Tangga*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS, Surabaya.
- Widyanadiari, S.R. 2011. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau sebagai Penyerap Emisi CO₂ di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus: Surabaya Pusat dan Selatan)*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS, Surabaya.
- Wiedmann, T. dan Minx, J. 2008. *A Definition of Carbon Footprint*. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. (Italy) as a case study. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol 29, pp. 39-50.
- Zhang, J., dkk. 2000. *Greenhouse gases and other airborne pollutants from household stoves in China: a database for emission factors*. *Atmospheric Environment* 34 (2000) 4537-4549.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

1. KUESIONER

KUESIONER	
Tanggal	:
Surveyor	:
Kecamatan	:
Kelurahan	:
DATA RESPONDEN	
Nama	:
Alamat	:
Jumlah Penghuni (<i>jiwa</i>)	:
Pekerjaan	:
SEKTOR PERMUKIMAN	
LPG	
Konsumsi (<i>kg/tabung</i>)	:
Periode Pembelian	:
Minyak Tanah	
Konsumsi (<i>liter/jerigen</i>)	:
Periode Pembelian	:
Kayu	
Sumber Pasokan	:
Periode Pemasokan	:
Lainnya	
	:
Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak	
Apakah bersedia dilakukan penggantian minyak tanah/kayu dengan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak? (YA atau TIDAK)	
Alasan:	
SEKTOR PERSAMPAHAN	
Pengelolaan Sampah	Dibakar <input type="checkbox"/>
	Dibawa ke TPA <input type="checkbox"/>
Jumlah Sampah yang dihasilkan/hari (<i>kg atau liter</i>) :	
Apakah bersedia untuk tidak melakukan pembakaran sampah? (YA atau TIDAK)	
Alasan :	
Apakah bersedia membayar iuran sampah jika semua sampah yang dihasilkan diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah? (YA atau TIDAK)	
Alasan :	
Jika diadakan sosialisasi mengenai pengolahan sampah apakah saudara bersedia ikut? (YA atau TIDAK)	
Alasan :	

LAMPIRAN

2. HASIL PERHITUNGAN SEKTOR PERMUKIMAN – DATA TIAP RESPONDEN

1. Wilayah Pengembangan Kec Kepanjen (Kec Kepanjen)

No Kuisiонер	Perkotaan/ Pedesaan	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		LPG					Kayu Bakar				
		LPG	Kayu Bakar	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)
1	Perkotaan	18	-	47,3	63,1	53723,340	0,020727	0,644680	-	-	-	-	-
2	Perkotaan	6	-	47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893	-	-	-	-	-
3	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787	-	-	-	-	-
4	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787	-	-	-	-	-
5	Perkotaan	9	-	47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340	-	-	-	-	-
6	Perkotaan	6	-	47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893	-	-	-	-	-
7	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787	-	-	-	-	-
8	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787	-	-	-	-	-
9	Perkotaan	18	-	47,3	63,1	53723,340	0,020727	0,644680	-	-	-	-	-
Rata-rata RT Perkotaan		12				34820,683	0,013434	0,417848					
Total RT Perkotaan		105				799134682,500	308,308134	9589,616190					
1	Pedesaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
2	Pedesaan		158						15	112	265440	0,102407	3,185280
Rata-rata RT Pedesaan		6	158			17907,780	0,006909	0,214893					3,185280
Total RT Pedesaan		6	158			69016584,120	26,626769	828,199009					
Rata-rata Kec						52728,463	0,020343	0,632742					3,185280
Total Kec						868151266,620	334,934902	10417,815199					

2. Wilayah Pengembangan Lingkar Kota Malang (Kec Singosari)

No Kuisiонер	Perkotaan/ Pedesaan	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		LPG					Kayu Bakar				
		LPG	Kayu Bakar	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)
1	Perkotaan	9	-	47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340			-	-	
2	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787			-	-	
3	Perkotaan	18	-	47,3	63,1	53723,340	0,020727	0,644680			-	-	
4	Perkotaan	15	-	47,3	63,1	44769,450	0,017272	0,537233			-	-	
5	Perkotaan	9	-	47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340			-	-	
6	Perkotaan	18	-	47,3	63,1	53723,340	0,020727	0,644680			-	-	
7	Perkotaan	18	-	47,3	63,1	53723,340	0,020727	0,644680			-	-	
8	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787			-	-	
9	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787			-	-	
10	Perkotaan	9	-	47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340			-	-	
11	Perkotaan	12	-	47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787			-	-	
12	Perkotaan	18	-	47,3	63,1	53723,340	0,020727	0,644680			-	-	
13	Perkotaan	6	-	47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893			-	-	
14	Perkotaan	9	-	47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340			-	-	
15	Perkotaan	9	-	47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340			-	-	
Rata-rata RT Perkotaan		12,4				37009,412	0,014278	0,444113					
Total RT Perkotaan		186				1349252133,284	520,544805	16191,025599					
1	Pedesaan	6	158	47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893	15	112	265440	0,102407	3,185280
2	Pedesaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787			-	-	
3	Pedesaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787			-	-	
Rata-rata RT Pedesaan		10				29846,300	0,011515	0,358156					3,185280
Total RT Pedesaan		30	158			208327174,000	80,373138	2499,926088					
Rata-rata Kec						66855,712	0,025793	0,802269					
Total Kec						1557579307,284	600,917943	18690,951687					

3. Wilayah Pengembangan Kec Ngantang (Pujon)

No Kuisiонер	Perkotaan/ Pedesaan	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		LPG					Kayu Bakar				
		LPG	Kayu Bakar	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)
1	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
2	Perkotaan	9		47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340					
3	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
Rata-rata RT Perkotaan		11				32830,93	0,012666	0,393971					
Total RT Perkotaan		33				206802028,070	79,784733	2481,624337					
1	Pedesaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
2	Pedesaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
3	Pedesaan	9		47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340					
4	Pedesaan	6	158	47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893	15	112	265440	0,102407	3,185280
5	Pedesaan	6	158	47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893	15	112	265440	0,102407	3,185280
Rata-rata RT Pedesaan		7,8	158,0			23280,114	0,008982	0,279361					3,185280
Total RT Pedesaan		39	316			261715041,588	100,970309	3140,580499					
Rata-rata Kec						56111,044	0,021648	0,673333					
Total Kec						468517069,658	180,755042	5622,204836					

4. Wilayah Pengembangan Kec Sumbermajing (Kec Sumbermajing)

No	Perkotaan/ Pedesaan	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		LPG					Kayu Bakar				
		LPG	Kayu Bakar	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)
1	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
2	Perkotaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
Rata-rata RT Perkotaan		9				26861,670	0,010363	0,322340					
Total RT Perkotaan		18				105512639,760	40,707037	1266,151677					
1	Pedesaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
2	Pedesaan		158						15	112	265440	0,102407	3,185280
3	Pedesaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
4	Pedesaan	3	158	47,3	63,1	8953,890	0,003454	0,107447	15	112	265440	0,102407	3,185280
5	Pedesaan		237						15	112	398160	0,153611	4,777920
6	Pedesaan		158						15	112	265440	0,102407	3,185280
7	Pedesaan		158						15	112	265440	0,102407	3,185280
8	Pedesaan		237	47,3	63,1	0,000	0,000000	0,000000	15	112	398160	0,153611	4,777920
9	Pedesaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
Rata-rata RT Pedesaan		6,75	184,3			16117,002	0,006218	0,193404					3,716160
Total RT Pedesaan		27	1106			353623140,882	136,428681	4243,477691					
Rata-rata Kec						42978,672	0,016581	0,515744					
Total Kec						459135780,642	177,135718	5509,629368					

5. Wilayah Pengembangan Kec Tumpang (Kec Jabung)

No	Perkotaan/ Pedesaan	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		LPG					Kayu Bakar				
		LPG	Kayu Bakar	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)
1	Perkotaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
2	Perkotaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
3	Perkotaan	15		47,3	63,1	44769,450	0,017272	0,537233					
4	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
Rata-rata RT Perkotaan		9,75				29100,143	0,011227	0,349202					
Total RT Perkotaan		39				309130813,778	119,263431	3709,569765					
1	Pedesaan	9		47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340					
2	Pedesaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
3	Pedesaan	3	158	47,3	63,1	8953,890	0,003454	0,107447	15	112	265440	0,102407	3,185280
4	Pedesaan		158	47,3	63,1	0,000	0,000000	0,000000	15	112	265440	0,102407	3,185280
Rata-rata RT Pedesaan		6	158			13430,835	0,005182	0,161170					3,185280
Total RT Pedesaan		18	316			126773651,565	48,909588	1521,283819					
Rata-rata Kec						42530,978	0,016409	0,510372					
Total Kec						435904465,343	168,173019	5230,853584					

6. Wilayah Pengembangan Kec Turen dan Dampit (Kec Turen)

No	Perkotaan/ Pedesaan	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		LPG					Kayu Bakar				
		LPG	Kayu Bakar	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)	NCV (MJ/Kg)	EF (gr/Carbon/MJ)	Emisi (gr/Bulan)	Emisi (gr/detik)	Emisi (ton/tahun)
1	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
2	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
3	Perkotaan	10		47,3	63,1	29846,300	0,011515	0,358156					
4	Perkotaan	24		47,3	63,1	71631,120	0,027635	0,859573					
5	Perkotaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
6	Perkotaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
7	Perkotaan	9		47,3	63,1	26861,670	0,010363	0,322340					
8	Perkotaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
Rata-rata RT Perkotaan		11,4				33950,166	0,013098	0,407402					
Total RT Perkotaan		91				694518550,976	267,946972	8334,222612					
1	Pedesaan	3	79	47,3	63,1	8953,890	0,003454	0,107447	15	112	132720	0,051204	1,592640
2	Pedesaan	12		47,3	63,1	35815,560	0,013818	0,429787					
3	Pedesaan		158						15	112	265440	0,102407	3,185280
4	Pedesaan	6		47,3	63,1	17907,780	0,006909	0,214893					
Rata-rata RT Pedesaan		7	119			20892,410	0,008060	0,250709					2,388960
Total RT Pedesaan		21	237			202865301,100	78,265934	2434,383613					
Rata-rata Kec						54842,576	0,021158	0,658111					
Total Kec						897383852,076	346,212906	10768,606225					

LAMPIRAN

3. HASIL PERHITUNGAN DARI SEKTOR PERMUKIMAN – DATA DARI KEGIATAN OPEN BURNING

No	Kecamatan	Penduduk (orang)	Penduduk Tidak Terlayani (orang)	Penduduk Open Burning (orang)	Sisa Timbunan Sampah Permukiman yang Dibakar (Gg/tahun)	Timbunan (m3/hari)	Masuk ke TPA (m3/hari)	Sisa Timbunan Sampah (m3/hari)	Sisa Timbunan Sampah Permukiman yang Dibakar (m3/hari)	Sisa Timbunan Sampah Permukiman yang Dibakar (m3/tahun)	Sisa Timbunan Sampah Permukiman yang Dibakar (kg/hari)	Sisa Timbunan Sampah Permukiman yang Dibakar (kg/tahun)	Sisa Timbunan Sampah Permukiman yang Dibakar (Gg/tahun)
1	Donomulyo	72.727	71.770	60.287	0,711513	11,422	0,150292	11,272	7,778	2838,825	1601,253	584457,246	0,584457
2	Kalipare	66.932	65.836	55.302	0,652687	10,512	0,172085	10,340	7,135	2604,118	1468,865	536135,891	0,536136
3	Pagak	50.984	49.257	41.376	0,488321	8,007	0,271278	7,736	5,338	1948,322	1098,961	401120,611	0,401121
4	Bantur	72.256	70.136	58.915	0,695317	11,348	0,332898	11,015	7,601	2774,206	1564,804	571153,429	0,571153
5	Gedangan	56.410	56.410	47.384	0,559237	8,860	0,000000	8,860	6,113	2231,266	1258,556	459373,062	0,459373
6	Sumbermanjing	97.496	97.085	81.551	0,962475	15,312	0,064626	15,248	10,521	3840,124	2166,040	790604,711	0,790605
7	Dampit	116.533	115.299	96.851	1,143045	18,302	0,193877	18,108	12,495	4560,570	2572,411	938930,121	0,938930
8	Tirtoyudo	63.216	63.216	53.101	0,626710	9,928	0,000000	9,928	6,851	2500,474	1410,404	514797,510	0,514798
9	Ampelgading	57.432	56.614	47.556	0,561257	9,020	0,128500	8,892	6,135	2239,328	1263,104	461032,849	0,461033
10	Poncokusumo	93.372	93.372	78.432	0,925670	14,665	0,000000	14,665	10,119	3693,277	2083,211	760371,948	0,760372
11	Wajak	84.114	83.703	70.310	0,829809	13,211	0,064626	13,146	9,071	3310,806	1867,476	681628,815	0,681629
12	Turen	113.120	106.149	89.165	1,052336	17,766	1,094880	16,671	11,503	4198,653	2368,270	864418,669	0,864419
13	Bululawang	62.503	56.771	47.688	0,562815	9,816	0,900251	8,916	6,152	2245,543	1266,609	462312,387	0,462312
14	Gondanglegi	79.490	77.026	64.702	0,763618	12,484	0,387003	12,097	8,347	3046,716	1718,515	627257,875	0,627258
15	Pagelaran	67.901	67.901	57.037	0,673156	10,664	0,000000	10,664	7,358	2685,786	1514,931	552949,660	0,552950
16	Kepanjen	100.393	67.584	56.771	0,670017	15,767	5,152775	10,615	7,324	2673,263	1507,867	550371,336	0,550371
17	Sumberpucung	54.517	50.010	42.008	0,495787	8,562	0,707877	7,854	5,419	1978,111	1115,763	407253,422	0,407253
18	Kromengan	38.889	38.889	32.667	0,385537	6,108	0,000000	6,108	4,214	1538,233	867,648	316691,349	0,316691
19	Ngajum	50.525	49.295	41.408	0,488703	7,935	0,193126	7,742	5,342	1949,849	1099,822	401435,011	0,401435
20	Wonosari	43.665	43.665	36.679	0,432886	6,858	0,000000	6,858	4,732	1727,145	974,204	355584,555	0,355585
21	Wagir	80.448	79.630	66.889	0,789433	12,635	0,128500	12,506	8,629	3149,713	1776,611	648462,922	0,648463
22	Pakisaji	75.713	70.790	59.463	0,701793	11,891	0,773254	11,118	7,671	2800,041	1579,377	576472,517	0,576473
23	Tajinan	51.095	50.277	42.233	0,498434	8,025	0,128500	7,896	5,448	1988,672	1121,720	409427,689	0,409428
24	Tumpang	75.054	71.705	60.232	0,710865	11,788	0,526023	11,262	7,771	2836,240	1599,795	583925,115	0,583925
25	Pakis	124.217	114.466	96.151	1,134790	19,509	1,531480	17,977	12,404	4527,631	2553,832	932148,677	0,932149
26	Jabung	72.780	69.909	58.724	0,693065	11,431	0,450877	10,980	7,576	2765,219	1559,735	569303,264	0,569303
27	Lawang	93.394	78.499	65.939	0,778225	14,668	2,339301	12,329	8,507	3104,995	1751,387	639256,283	0,639256
28	Singosari	156.338	130.697	109.785	1,295701	24,554	4,027085	20,527	14,163	5169,641	2915,961	1064325,705	1,064326
29	Karangploso	55.409	48.356	40.619	0,479395	8,702	1,107655	7,595	5,240	1912,709	1078,873	393788,567	0,393789
30	Dau	58.717	53.018	44.535	0,525614	9,222	0,894991	8,327	5,746	2097,115	1182,888	431753,963	0,431754
31	Pujon	62.402	60.967	51.212	0,604410	9,801	0,225439	9,575	6,607	2411,500	1360,218	496479,537	0,496480
32	Ngantang	59.103	59.103	49.647	0,585935	9,282	0,000000	9,282	6,405	2337,786	1318,640	481303,423	0,481303
33	Kasembon	31.539	31.539	26.493	0,312671	4,953	0,000000	4,953	3,418	1247,508	703,663	256836,855	0,256837
Jumlah		2.438.684	2.298.942	1.931.112	22,791227	383,009	21,947199	361,062	249,133	90.933,383	51.291,411	18.721.364,977	18,721365

LAMPIRAN

4. HASIL PERHITUNGAN SEKTOR PERSAMPAHAN – SAMPAH YANG TERANGKUT KE TPA

No	Kecamatan	Penduduk (orang)	Timbulan sampah (Kg/tahun)	Timbulan sampah (Gg/tahun)	Penduduk Terlayani (orang)	% Pelayanan	Sampah Terlayani ke TPA (m3/hari)	Sampah Terangkut ke TPA (m3/hari)	Sampah Terangkut ke TPA (m3/tahun)	Sampah Terangkut ke TPA (Kg/tahun)	Sampah Terangkut ke TPA (Gg/tahun)
1	Donomulyo	72.727	11422179,567	11,422	957	1,316	2	2	730,000	150292,400	0,150292
2	Kalipare	66.932	10512042,608	10,512	1096	1,637	2,29	2,29	835,850	172084,798	0,172085
3	Pagak	50.984	8007320,569	8,007	1727	3,388	7,86	3,61	1317,650	271277,782	0,271278
4	Bantur	72.256	11348206,399	11,348	2120	2,933	4,43	4,43	1616,950	332897,666	0,332898
5	Gedangan	56.410	8859504,027	8,860	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
6	Sumbermanjing	97.496	15312288,683	15,312	411	0,422	0,86	0,86	313,900	64625,732	0,064626
7	Dampit	116.533	18302155,340	18,302	1234	1,059	2,58	2,58	941,700	193877,196	0,193877
8	Tirtoyudo	63.216	9928424,155	9,928	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
9	Ampelgading	57.432	9020014,807	9,020	818	1,425	1,71	1,71	624,150	128500,002	0,128500
10	Poncokusumo	93.372	14664591,562	14,665	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
11	Wajak	84.114	13210571,206	13,211	411	0,489	0,86	0,86	313,900	64625,732	0,064626
12	Turen	113.120	17766124,721	17,766	6971	6,163	16	14,57	5318,050	1094880,134	1,094880
13	Bululawang	62.503	9816443,542	9,816	5732	9,171	11,98	11,98	4372,700	900251,476	0,900251
14	Gondanglegi	79.490	12484346,305	12,484	2464	3,100	5,15	5,15	1879,750	387002,930	0,387003
15	Pagelaran	67.901	10664229,444	10,664	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
16	Kepanjen	100.393	15767278,634	15,767	32809	32,680	72,57	68,57	25028,050	5152774,934	5,152775
17	Sumberpucung	54.517	8562197,855	8,562	4507	8,267	9,42	9,42	3438,300	707877,204	0,707877
18	Kromengan	38.889	6107733,595	6,108	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
19	Ngajum	50.525	7935232,068	7,935	1230	2,434	2,57	2,57	938,050	193125,734	0,193126
20	Wonosari	43.665	6857830,940	6,858	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
21	Wagir	80.448	12634805,530	12,635	818	1,017	7,71	1,71	624,150	128500,002	0,128500
22	Pakisaji	75.713	11891147,463	11,891	4923	6,503	21,29	10,29	3755,850	773254,398	0,773254
23	Tajinan	51.095	8024753,736	8,025	818	1,601	1,71	1,71	624,150	128500,002	0,128500
24	Tumpang	75.054	11787647,850	11,788	3349	4,462	7	7	2555,000	526023,400	0,526023
25	Pakis	124.217	19508970,248	19,509	9751	7,850	25,51	20,38	7438,700	1531479,556	1,531480
26	Jabung	72.780	11430503,511	11,431	2871	3,945	6	6	2190,000	450877,200	0,450877
27	Lawang	93.394	14668046,784	14,668	14895	15,948	33,7	31,13	11362,450	2339301,206	2,339301
28	Singosari	156.338	24553751,827	24,554	25641	16,401	67,99	53,59	19560,350	4027084,858	4,027085
29	Karangploso	55.409	8702291,413	8,702	7053	12,728	23,14	14,74	5380,100	1107654,988	1,107655
30	Dau	58.717	9221831,199	9,222	5699	9,705	61	11,91	4347,150	894991,242	0,894991
31	Pujon	62.402	9800580,930	9,801	1435	2,300	3	3	1095,000	225438,600	0,225439
32	Ngantang	59.103	9282454,644	9,282	0	0,000	1,71	0	0,000	0,000	0,000000
33	Kasembon	31.539	4953375,244	4,953	0	0,000			0,000	0,000	0,000000
	Jumlah	2.438.684	383008876,406	383,009	139742	0,057	400,04	292,06	106601,900	21947199,172	21,947199

LAMPIRAN

5. NILAI STANDART DEVIASI DAN VARIANS DARI JUMLAH SAMPEL

Kecamatan	Sampel Perkotaan (Rumah Tangga)	Sampel Pedesaan (Rumah Tangga)
Kepanjen	9	2
Singosari	15	3
Pujon	3	5
Sumbermanjing	2	9
Jabung	4	4
Turen	8	4
<i>Standart deviasi</i>	4,915	2,429
<i>Varians</i>	24,155	5,900

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan *Microsoft Excel* diperoleh nilai *standart deviasi* untuk sampel perkotaan sebesar 4,915 dan dengan *varians* 2, 155 sedangkan untuk sampel pedesaan sandart deviasi sebesar 2,429 dan *varians* 5,900.

6. DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Tipe Rumah di wilayah Perkotaan di Kabupaten Malang



Gambar 2. Tipe Rumah di wilayah Pedesaan di Kabupaten Malang

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Nganjuk, pada tanggal 18 Desember 1990, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Pertiwi Tolitoli (Sulawesi Tengah), SD Negeri 2 Tolitoli, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Tolitoli dan SMA Negeri 5 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2008, penulis diterima di Jurusan Teknik Lingkungan - FTSP ITS pada tahun 2008. Pada masa perkuliahan, penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Aktif menjadi panitia beberapa kegiatan yang diselenggarakan jurusan seperti Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan (LITL), TL3M yaitu Kegiatan Keduliaan Lingkungan oleh divisi KPPL (Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan) di Teknik Lingkungan ITS dalam Mereduksi, Memilah dan Mengolah Sampah, dan berbagai kegiatan lainnya. Penulis juga mengikuti beberapa seminar seperti Seminar Nasional dan pelatihan pengembangan kepribadian yang diselenggarakan Jurusan maupun Institut diantaranya, Pelatihan TD (Latihan Ketrampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar), OHSAS 18001, TEDxITS, Workshop Inventarisasi Emisi Pencemaran Udara Perkotaan dan Industri 2014 dan sebagainya. Selain itu penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Adiprima Suraprinta-Jawa Pos Group, Wringinanom-Gresik. Setelah menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis melanjutkan pendidikan magister di Jurusan Teknik Lingkungan ITS pada tahun 2013 melalui program Beasiswa *Freshgraduate* DIKTI (Direktorat Pendidikan Tinggi) dan terdaftar dengan NRP. 3313201024.