



TESIS- RE142541

**STRATEGI ADAPTASI DAN MITIGASI PENURUNAN
EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) SEKTOR
TRANSPORTASI DAN SEKTOR PERSAMPAHAN DI
KOTA BATU**

**JUWITA AMANDA LESTARI
3315201201**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi, MT**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TESIS- RE142541

**STRATEGY OF ADAPTATION AND MITIGATION
FOR REDUCING GREENHOUSE GAS (GHG)
EMISSION TRANSPORTATION SECTOR AND
GARBAGE SECTOR IN BATU CITY**

**JUWITA AMANDA LESTARI
3315201201**

SUPERVISOR

**Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi, MT**

**MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

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

Oleh :
Juwita Amanda Lestari
NRP. 3315 201 201

Tanggal Ujian : 11 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh :

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.
NIP : 19660116 199703 1 001



(Pembimbing)

2. Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.
NIP : 19751018 200501 1 003



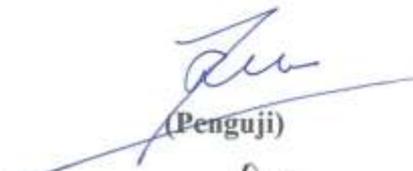
(Co. Pembimbing)

3. Prof. Dr. Ir. Nieke Kartaningroem, M.Sc.
NIP : 19550128 198503 2 001



(Penguji)

4. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.
NIP : 19650508 199303 1 001



(Penguji)

5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM
NIP : 19820119 200501 1 001

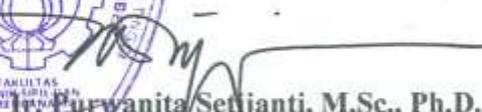


(Penguji)



Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dekan



Ir. Purwanita Setjianti, M.Sc., Ph.D.
NIP.19590427 198503 2 001

STRATEGI ADAPTASI DAN MITIGASI PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) SEKTOR TRANSPORTASI DAN SEKTOR PERSAMPAHAN DI KOTA BATU

Nama Mahasiswa : Juwita Amanda Lestari
NRP : 3315201201
Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
Co. Pembimbing : Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi, MT

ABSTRAK

Perkembangan pariwisata yang pesat di Kota Batu mengakibatkan peningkatan lalu lintas dan sektor persampahan. Kedua sektor ini berpotensi besar menghasilkan emisi yang dapat menyumbang gas rumah kaca (GRK) dan menyebabkan pemanasan global, sehingga diperlukan evaluasi pada emisi dan reduksi emisi dari kedua sektor. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 71 tahun 2011 bahwa setiap daerah wajib melakukan penyelenggaraan inventarisasi emisi GRK nasional, untuk menentukan strategi adaptasi dan mitigasi yang tepat dalam penurunan emisi GRK. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi emisi GRK, menurunkan emisi GRK serta menentukan strategi adaptasi dan mitigasi di Kota Batu pada sektor transportasi dan sektor persampahan.

Perhitungan emisi GRK pada penelitian ini menggunakan pendekatan dari IPCC 2006 untuk menentukan tingkat emisi dengan menggunakan data-data dari Dinas Perhubungan dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu. Penurunan emisi GRK menggunakan beberapa skenario sektor transportasi dan sektor persampahan. Penentuan strategi adaptasi dan mitigasi menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Hasil penelitian ini yaitu (1) emisi GRK skenario BAU pada tahun 2030 dari sektor transportasi mencapai 2072,64 GgCO₂ dan sektor persampahan mencapai 11,686 Gg CO₂-eq, (2) penurunan emisi GRK sektor transportasi paling besar -6,13% dari skenario penerapan Intelligent Transport System (ITS) dan sektor persampahan -25,32% dari skenario penerapan prinsip 3R, (3) Pada sektor transportasi hasil sintesis prioritas strategi adaptasi dengan peningkatan RTH dan strategi mitigasi dengan peremajaan angkutan umum. Pada sektor persampahan hasil sintesis prioritas strategi adaptasi dengan *reduce* dan strategi mitigasi dengan pengomposan.

Kata kunci: adaptasi, emisi, gas rumah kaca, mitigasi

STRATEGY OF ADAPTATION AND MITIGATION FOR REDUCING GREENHOUSE GAS EMISSION (GHG) SECTOR TRANSPORTATION AND GARBAGE SECTOR IN BATU CITY

Student Name : Juwita Amanda Lestari
NRP : 3315201201
Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
Co. Supervisor : Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi, MT

ABSTRACT

The development of developing tourism in Batu City is increasing the traffic and garbage sector. Sectors that can contribute greenhouse gas (GHG) and causes of global warming, are therefore needed. Based on Presidential Regulation of the Republic of Indonesia No. 71 of 2011 on each region is obliged to carry out the implementation of national GHG emission inventories, to determine appropriate adaptation and mitigation strategies in reducing GHG emissions. This research is intended to inventory GHG emissions, reduce GHG emissions and adaptation and mitigation strategy setting in Batu City on transportation sector and garbage sector.

The GHG emission calculation in this study used approach from IPCC 2006 to determine the emission level by using data data from the Department of Transportation and the Batu City Environment. GHG emission reductions use several scenarios of the transport sector and waste sector. Determination of adaptation and mitigation strategies using Analytical Hierarchy Process (AHP) method.

The results of this research are: (1) GHG scenario emissions of BAU in 2030 from transportation sector reaches 2072.64 GgCO₂ and garbage sector reaches 11,686 Gg CO₂-eq, (2) GHG emission reduction biggest sector -6,13% from application scenario Intelligent Transportation System (ITS) and garbage sector - 25.32% of scenario of application of 3R principle, (3) On transport sector of synthesis. Adapted to the increase of green space and mitigation strategies with public transportation rejuvenation. In the garbage sector the result of synthesis and mitigation strategy with composting

Keywords: adaption, emision, greenhouse gas, mitigation

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini berjudul “Strategi Adaptasi dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Transportasi dan Sektor Persampahan di Kota Batu”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan, petunjuk, dan arahnya dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karmaningroem, M.Sc, Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen penguji, yang telah memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun.
3. Seluruh dosen program studi Pascasarjana Teknik Lingkungan ITS yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Para narasumber di lingkungan Pemerintah Kota Batu yang sangat membantu dalam wawancara, perijinan, dan penyediaan data terkait dengan penelitian tesis.
5. Ibu Sri Rahayu dan Bapak Agus Kasiyanto selaku orang tua penulis dan adik Kirana Sita Pinasthika atas segala bantuan baik moril maupun materil, serta doa dan dukungan untuk menyelesaikan tesis ini.
6. Fandy Satria Fernanda atas segala motivasi, perhatian, dukungan dan doanya serta kesabaran dan bimbingan selama masa perkuliahan dan penyusunan tesis ini.
7. Bu Ferry dan Pak Rahman yang telah memberikan arahan dan saran, serta meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk penyusunan laporan tesis.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS yang telah memberi motivasi dan saran dalam pembuatan laporan tesis

9. Serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman, penulis mengharapkan saran dan masukan demi lebih baiknya tesis ini. Akhirnya harapan penyusun semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi peneulis maupun pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 17 Juli 2017

Juwita Amanda Lestari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Profil Wilayah Kota Batu	7
2.2 Gas Rumah Kaca (GRK)	9
2.3 Transportasi	11
2.4 Persampahan	12
2.5 Inventarisasi Gas Rumah Kaca	14
2.5.1 Estimasi Emisi dari Sektor Transportasi	16
2.5.2 Estimasi Emisi dari Sektor Persampahan	17
2.6 Skenario <i>Bussines As Ususal</i> (BAU)	22
2.7 Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim	23
2.8 Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	25
2.9 Penelitian Terdahulu	29

BAB 3	METODE PENELITIAN.....	31
3.1	Kerangka Penelitian	31
3.2	Tahapan Penelitian.....	31
3.2.1	Ide Penelitian	31
3.2.2	Studi Literatur	33
3.2.3	Pengumpulan Data.....	33
3.2.4	Analisa dan Pembahasan	35
3.2.4.1	Aspek Teknis	35
3.2.4.2	Aspek Lingkungan	36
3.2.4.3	Aspek Kelembagaan	39
3.2.5	Kesimpulan dan Saran	43
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1	Aspek Teknis	45
4.1.1	Inventarisasi Emisi Sektor Transportasi	45
4.1.1.1	Data-Data Historis	45
4.1.1.2	Pola Proyeksi	49
4.1.1.3	Populasi Kendaraan dari Kunjungan Wisatawan	55
4.1.1.4	Panjang Perjalanan Kendaraan Tahunan.....	57
4.1.1.5	Rata-Rata Konsumsi Bahan Bakar	61
4.1.1.6	Perhitungan Emisi CO ₂ Skenario BAU Sektor Transportasi	64
4.1.2	Inventarisasi Emisi dari Sektor Persampahan.....	66
4.1.2.1	Timbulan Sampah Kota Batu	66
4.1.2.2	Perhitungan Emisi GRK dari Penimbunan Limbah Padat Perkotaan	69
4.1.2.3	Perhitungan Emisi GRK dari Pembakaran Terbuka.....	74
4.1.2.4	Perhitungan Emisi GRK dari Pengolahan Biologis	78
4.1.2.4	Rekapitulasi Perhitungan Emisi GRK Sektor Persampahan.....	80
4.2	Aspek Lingkungan	82

4.2.1 Pencapaian Program Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi	82
4.2.2 Pencapaian Program Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan.....	102
4.3 Aspek Kelembagaan	111
4.3.1 Penentuan Prioritas Strategi Adaptasi Sektor Transportasi .	111
4.3.2 Penentuan Prioritas Strategi Mitigasi Sektor Transportasi ..	116
4.3.3 Penentuan Prioritas Strategi Adaptasi Sektor Persampahan.....	122
4.3.4 Penentuan Prioritas Strategi Mitigasi Sektor Persampahan.....	125
4.4 Rencana Penurunan Emisi GRK di Kota Batu	129
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	135
5.1 Kesimpulan	135
5.2 Saran	136
 DAFTAR PUSTAKA	137
 LAMPIRAN.....	143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sumber Emisi GRK dan Kekuatan Daya Rusak	11
Tabel 2.2	Nilai DOCi	19
Tabel 2.3	Klasifikasi TPA dan MCF.....	19
Tabel 2.4	Nilai Standar OX	20
Tabel 2.5	Skala Penilaian Perbandingan Pasangan.....	27
Tabel 3.1	Skenario Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi	36
Tabel 3.2	Skenario Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan.....	38
Tabel 3.3	Penentuan Kriteria Strategi Penurunan Emisi GRK di Kota Batu	40
Tabel 4.1	Jumlah Kendaraan Kota Batu.....	46
Tabel 4.2	Nilai PDB/Kapita Kota Batu	46
Tabel 4.3	Kendaraan/Kapita dan PDB/Kapita	48
Tabel 4.4	Kunjungan Wisatawan di Kota Batu	49
Tabel 4.5	Proyeksi PDB/kapita	50
Tabel 4.6	Proyeksi Kepemilikan Kendaraan Kota Batu.....	52
Tabel 4.7	Proyeksi Jumlah Penduduk Kota Batu	53
Tabel 4.8	Proyeksi Populasi Kendaraan Kota Batu	54
Tabel 4.9	Proyeksi Jumlah Kunjungan Wisatawan di Kota Batu	55
Tabel 4.10	<i>Traffic Counting</i> di Kota Batu.....	55
Tabel 4.11	Populasi Kendaraan dari Kunjungan Wisatawan di Kota Batu.....	56
Tabel 4.12	Rata-Rata Perjalanan Tahunan Kendaraan Kota Batu (km) dari Kepemilikan Kendaraan.....	59
Tabel 4.13	Rata-Rata Perjalanan Tahunan Kendaraan Kota Batu (km) dari Kunjungan Wisatawan	60
Tabel 4.14	Rata-Rata Konsumsi Bahan bakar Kota Batu (liter) dari Kepemilikan Kendaraan.....	62
Tabel 4.15	Rata-Rata Konsumsi Bahan bakar Kota Batu (liter) dari Kunjungan Wisatawan	63
Tabel 4.16	Emisi CO ₂ Skenario BAU Sektor Transportasi Kota Batu (Gg CO ₂) dari Kepemilikan Kendaraan.....	64

Tabel 4.17 Emisi CO2 Skenario BAU Sektor Transportasi Kota Batu (Gg CO2) dari Kunjungan Wisatawan	65
Tabel 4.18 Timbulan Sampah Kota Batu	67
Tabel 4.19 Distribusi Pengelolaan Persampahan Kota Batu	68
Tabel 4.20 Timbulan Sampah Kota Batu Berdasarkan Tipe Pengelolaannya	69
Tabel 4.21 Komposisi Sampah TPA	71
Tabel 4.22 Komposisi Sampah TPS	71
Tabel 4.23 Nilai DOC dengan Komposisi Sampah TPA	72
Tabel 4.24 Nilai DOC dengan Komposisi Sampah TPS	72
Tabel 4.25 Emisi GRK untuk Penimbunan Limbah Padat Perkotaan	74
Tabel 4.26 Emisi GRK dari Pembakaran Sampah	77
Tabel 4.27 Emisi GRK dari Kompos	80
Tabel 4.28 Rekapitulasi Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu	81
Tabel 4.29 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 1 ..	85
Tabel 4.30 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 2 ...	88
Tabel 4.31 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 3 ...	91
Tabel 4.32 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 4 ...	94
Tabel 4.33 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 5 ...	96
Tabel 4.34 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 6 ...	98
Tabel 4.35 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 7 ..	101
Tabel 4.36 Rekapitulasi Pencapaian Progam Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu	102
Tabel 4.37 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 1.	104
Tabel 4.38 Distribusi Pengelolaan Persampahan Skenario 2	105
Tabel 4.39 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 2.	106
Tabel 4.40 Distribusi Pengelolaan Persampahan Skenario 3	107
Tabel 4.41 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 3.	108
Tabel 4.42 Distribusi Pengelolaan Persampahan Skenario 3	109
Tabel 4.43 Perbandingan Emisi GRK Sektor Sampah dengan Skenario 4	110
Tabel 4.44 Rekapitulasi Pencapaian Progam Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu	111

Tabel 4.45 Hasil Pembobotan Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi di Kota Batu	114
Tabel 4.46 Hasil Pembobotan Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi di Kota Batu	120
Tabel 4.47 Hasil Pembobotan Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan di Kota Batu.....	124
Tabel 4.48 Hasil Pembobotan Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan di Kota Batu.....	128
Tabel 4.49 Perencanaan Penurunan Emisi GRK di Kota Batu Tahun 2010- 2030.....	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Administrasi Kota Batu.....	8
Gambar 2.2	Efek Rumah Kaca dan Pemanasan Bumi	10
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	32
Gambar 3.2	Posisi Baseline dalam Mitigasi Perubahan Iklim	36
Gambar 3.3	Proses Analisis Hirarki Strategi Adaptasi Sektor Transportasi	41
Gambar 3.4	Proses Analisis Hirarki Strategi Mitigasi Sektor Transportasi	42
Gambar 3.5	Proses Analisis Hirarki Strategi Adaptasi Sektor Persampahan.....	42
Gambar 3.5	Proses Analisis Hirarki Strategi Mitigasi Sektor Persampahan.....	43
Gambar 4.1	Grafik Jumlah Penduduk Kota Batu	47
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Data Kepemilikan Kendaraan Kota Batu	48
Gambar 4.3	Grafik Korelasi antara kendaraan/1000 vs. PDB/kapita.....	51
Gambar 4.4	Grafik Emisi CO ₂ Sektor Transportasi Skenario BAU	66
Gambar 4.5	Grafik Emisi GRK dari Penimbunan Limbah Padat Perkotaan.....	73
Gambar 4.6	Grafik Rekapitulasi Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu .	82
Gambar 4.7	Prioritas Alternatif Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi	116
Gambar 4.8	Prioritas Alternatif Strategi Mitigasi Penuurunan Emisi GRK Sektor Transportasi	121
Gambar 4.9	Prioritas Alternatif Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan.....	125
Gambar 4.10	Prioritas Alternatif Strategi Mitigasi Sektor Penuurunan Emisi GRK Sektor Persampahan	129

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuisisioner <i>Analytical Hierarchy Process</i>	143
Lampiran 2 Nilai <i>Inconsistency Ratio</i> dan Prioritas Strategi Adaptasi Transportasi.....	163
Lampiran 3 Nilai <i>Inconsistency Ratio</i> dan Prioritas Strategi Mitigasi Transportasi.....	166
Lampiran 4 Nilai <i>Inconsistency Ratio</i> dan Prioritas Strategi Adaptasi Persampahan.....	170
Lampiran 5 Nilai <i>Inconsistency Ratio</i> dan Prioritas Strategi Mitigasi Persampahan.....	173

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Batu merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki fungsi pengembangan wilayah di bidang pariwisata (Budiyanto, 2010). Kondisi alam pada daerah pegunungan membuat Kota Batu memiliki pemandangan alam yang indah dan berudara sejuk menjadi daya tarik tersendiri bagi wisatawan untuk berkunjung ke Kota Batu (Hanas dan Sasmita, 2014). Kota Batu memiliki objek wisata yang cukup beragam yaitu taman rekreasi, wisata alam, wisata sejarah, wisata budaya, wisata minat khusus (paralayang), dan agrowisata. Aktivitas wisata di Kota Batu mengalami peningkatan setiap tahun. Menurut BPS Kota Batu (2016) pada tahun 2016 daerah tujuan wisata yang dikunjungi semakin banyak dibanding 2015, dengan total kunjungan mengalami kenaikan sekitar 7,67% dari tahun sebelumnya. Peningkatan jumlah wisatawan akan mengakibatkan kepadatan lalu lintas dan mempengaruhi kondisi lingkungan sekitar (Nurhidayati, 2009).

Peningkatan kepadatan lalu lintas yang disebabkan oleh kebutuhan transportasi, akan meningkatkan gas buang dari kendaraan bermotor. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor akan mencemari udara, sehingga menjadi penyebab kualitas udara menurun dan mengancam kesehatan manusia (Adak *et al.*, 2016). Menurut Boedoyo (2008) transportasi merupakan sektor yang signifikan menghasilkan emisi karbon dengan pertumbuhan proyeksi emisi karbon sebesar 10% per tahun. Proses pembakaran karbon dari bahan bakar minyak pada kegiatan transportasi menghasilkan emisi karbon yang dapat menyumbang gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer. Menurut Zhang *et al.* (2013), transportasi darat merupakan sumber terbesar GRK yang menyumbang 77% dari total emisi transportasi yang sebagian besar berasal dari kendaraan mobil pribadi.

Objek wisata yang beragam membuat laju pembangunan dan ekonomi Kota Batu meningkat. Salah satu dampak perkembangan kota yang pesat adalah

bertambah besarnya volume timbunan sampah yang diproduksi oleh masyarakat serta pusat kegiatan ekonomi (pasar, perhotelan, tempat wisata, restoran, perindustrian, pertokoan) (Anggraini, 2011). Sampah memiliki potensi untuk memberi sumbangan terhadap meningkatnya emisi GRK, peristiwa ini terjadi pada penumpukan sampah tanpa diolah yang melepaskan gas metan (CH_4). Gas CH_4 memiliki potensi merusak 21 kali lebih besar dari gas CO_2 (KLH, 2012). Menurut laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2006) sektor persampahan dari TPA menyumbang GRK sebesar 3 – 4 % dari emisi GRK global. Atas dasar inilah, intervensi sektor persampahan perlu dilakukan untuk mengurangi timbunan sampah di TPA sebagai sumber utama penghasil emisi gas CH_4 .

Pengurangan emisi GRK di sektor transportasi dan sektor persampahan merupakan hal yang penting dalam upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim sesuai dengan Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). RAN-GRK berencana dapat menurunkan emisi GRK sebesar 26% (0,767 Gton CO_2) tanpa intervensi dan mencapai 41% (1,244 Gton CO_2) jika mendapat dukungan dari internasional pada tahun 2020. Hal ini menyebabkan setiap pemerintahan daerah kabupaten atau kota berkewajiban melakukan inventarisasi emisi GRK yang telah diatur pada Peraturan Presiden No. 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional. Pelaksanaan inventarisasi emisi GRK menggunakan pedoman IPCC.

Inventarisasi emisi GRK dilakukan untuk menghasilkan informasi terkait tingkat emisi yang merupakan besaran emisi GRK tahun dasar. Menurut KLH (2012) profil tingkat emisi memberikan gambaran kondisi emisi GRK dalam satu kurun waktu tertentu untuk dapat diperbandingkan berdasarkan hasil penghitungan GRK, menggunakan metode dan faktor emisi yang konsisten. Profil tingkat emisi GRK digunakan sebagai dasar proyeksi emisi GRK di masa mendatang dengan menggunakan skenario *Business as Usual* (BAU). Menurut Kementerian ESDM (2012) skenario BAU memberikan asumsi kecenderungan pembangunan masa depan sama seperti masa lalu, atau tidak ada perubahan kebijakan yang akan terjadi. Skenario BAU menggambarkan tingkat emisi GRK

yang tinggi, untuk mencerminkan kelanjutan dari kebijakan subsidi saat ini atau kegagalan sektor lainnya. Skenario BAU dianggap mempengaruhi penurunan emisi GRK, jika terlalu tinggi, target penurunan emisi GRK yang dicapai cukup mudah, namun jika terlalu rendah, maka sulit untuk mencapai tujuan.

Hasil inventarisasi emisi GRK dengan skenario BAU menggambarkan kenaikan tingkat emisi GRK setiap tahun. Kenaikan tingkat emisi GRK setiap tahun dapat mempengaruhi sistem iklim sehingga temperatur bumi dan muka air laut naik. Menurut BAPPENAS (2012) untuk menstabilkan jumlah konsentrasi emisi GRK di atmosfer pada level aman, maka harus dilakukan program penurunan emisi GRK di atmosfer. Program penurunan emisi GRK dilihat sebagai investasi, yaitu biaya yang dikeluarkan saat ini untuk menghindari risiko bencana yang lebih besar dimasa yang akan datang sebagai bentuk upaya penanggulangan dampak perubahan iklim.

Program penurunan emisi GRK perlu didukung oleh strategi adaptasi dan mitigasi untuk menentukan target penurunan emisi GRK sebagai bagian dari kontribusi Kota Batu kepada RAN-GRK. Strategi adaptasi dan mitigasi dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim dengan mencari cara untuk memperlambat atau menahan emisi GRK (Klein dan Huq, 2007). Penelitian ini dalam menentukan strategi adaptasi dan mitigasi sektor transportasi dan sektor persampahan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP dapat membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan hasil, dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot atau prioritas (Saaty, 1993). Oleh karena itu, diperlukan inventarisasi emisi GRK sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu untuk menentukan strategi adaptasi dan mitigasi yang tepat dalam menurunkan tingkat emisi GRK.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, dapat disusun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana inventarisasi GRK sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu menggunakan skenario BAU?
2. Bagaimana capaian program untuk penurunan emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu?
3. Bagaimana strategi adaptasi dan mitigasi yang tepat untuk menurunkan emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Menginventarisasi emisi GRK sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu menggunakan skenario BAU.
2. Mengidentifikasi capaian program untuk penurunan emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu.
3. Menentukan strategi adaptasi dan mitigasi yang tepat untuk menurunkan emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain:

1. Tersedianya profil tingkat emisi GRK sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu.
2. Menjadi acuan bagi kota dan kabupaten lain yang akan melakukan inventarisasi emisi GRK serta penentuan strategi adaptasi dan mitigasi untuk sektor transportasi dan sektor persampahan.
3. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada instansi pemerintah daerah dalam pembuatan kebijakan pengurangan emisi karbon dan upaya penanggulangan perubahan iklim.

1.5 Ruang Lingkup

Pembatasan masalah diperlukan dalam penelitian ini agar pokok pembahasan tidak melebar. Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dibatasi dalam ruang lingkup sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian ini dilakukan di Kota Batu pada sektor transportasi dan sektor persampahan.
2. Inventarisasi emisi GRK menggunakan pedoman IPCC “*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*” 2006.
3. Parameter emisi GRK yang dihitung dalam inventarisasi emisi CO₂, CH₄ dan N₂O.
4. Tahun dasar data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan emisi GRK adalah tahun 2010 – 2015.
5. Proyeksi emisi GRK dilakukan hingga pada tahun 2030.
6. Penyusunan strategi adaptasi dan mitigasi berdasarkan analisis aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek kelembagaan.
7. Prioritas pemilihan strategi menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

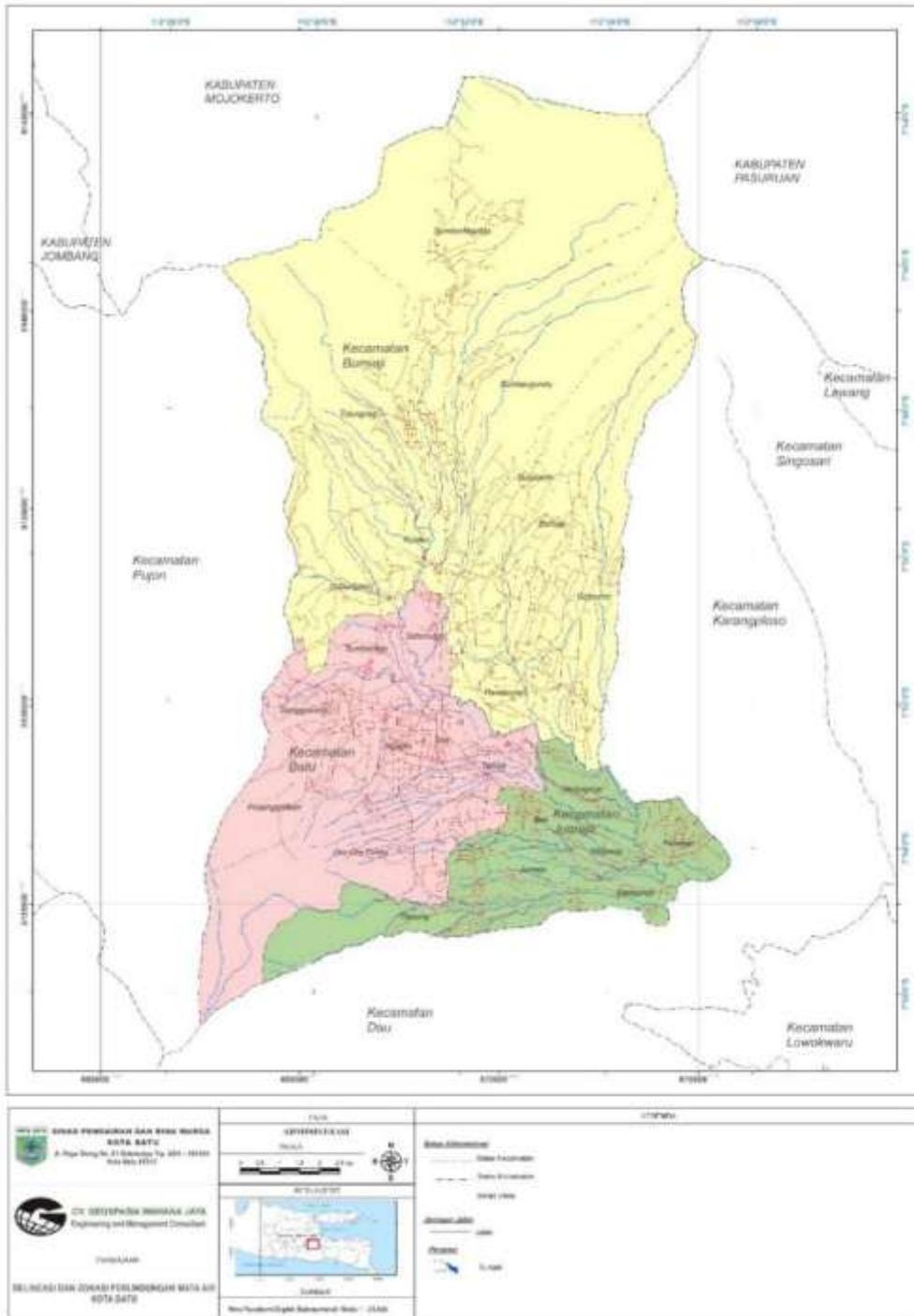
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil Wilayah Kota Batu

Kota Batu secara geografis merupakan bagian dari wilayah Jawa Timur yang terletak pada posisi antara 122° 17' - 122° 57' Bujur Timur dan 7° 44' - 8° 26' Lintang Selatan. Luas wilayah Kota Batu secara keseluruhan 46.377 km² yang terdiri dari 3 Kecamatan dan 23 Desa. Kecamatan Batu dengan luas 110.046 km² terdiri dari desa Ngaglik Oro-oro Ombo, Pesangrahan, Sidomulyo, Sisir, Songgokerto, Sumberrejo dan Temas. Kecamatan Junrejo dengan luas 26.234 km² terdiri dari desa Beji, Dadaprejo, Junrejo, Mojorejo, Pendem, Tlekung dan Torongrejo. Kecamatan Bumiaji dengan luas 130.189 km² terdiri dari desa Bulukerto, Bumiaji, Giripurno, Gunungsari, Pandanrejo, Punten, Sumbergondo dan Tulungrejo. Wilayah Kota Batu pada Gambar 2.1 dibatasi oleh:

- Sebelah Utara : Kabupaten Mojokerto dan Pasuruan
- Sebelah Timur : Kabupaten Malang
- Sebelah Selatan : Kabupaten Malang
- Sebelah Barat : Kabupaten Malang

Kondisi topografi Kota Batu memiliki dua perbedaan karakteristik. Bagian sebelah utara dan barat memiliki karakteristik bergelombang dan berbukit. Bagian sebelah timur dan selatan memiliki wilayah yang relatif datar. Secara umum wilayah Kota Batu merupakan daerah perbukitan dan pegunungan karena Kota Batu dikelilingi oleh Gunung Panderman, Gunung Banyak, Gunung Welirang, dan Gunung Bokong. Kondisi klimatologi Kota Batu antara lain memiliki suhu minimum 24–18°C dan suhu maksimum 32–28°C dengan kelembaban udara sekitar 75–98% dan curah hujan rata-rata 875–3000 mm/tahun. Kondisi geologi dan hidrologi Kota Batu memiliki struktur tanah yang subur, karen berasal endapan dari sederetan gunung yang mengelilingi Kota Batu (Nurhidayati, 2009).



Gambar 2.1 Peta Administrasi Kota Batu
(BAPEDA Kota Batu, 2014)

Kota Batu sudah dikenal sejak dahulu sebagai daerah tujuan wisata di Provinsi Jawa Timur. Kekayaan wisata alam yang memiliki pemandangan indah dan berada di kawasan pegunungan membuat suhu udara terasa sejuk dan tidak lembab. Kondisi yang demikian membuat Kota Batu sangat baik untuk melakukan pengembangan pariwisata (Rahayu *et al.*, 2013). Pengembangan wisata semakin pesat sejak dicanangkan Kota Batu sebagai Kota Wisata pada tahun 2010 sehingga objek wisata di Kota Batu menjadi semakin beragam seperti taman rekreasi, wisata alam, wisata sejarah, wisata budaya, wisata minat khusus (paralayang), dan agrowisata (BPS Kota Batu, 2016).

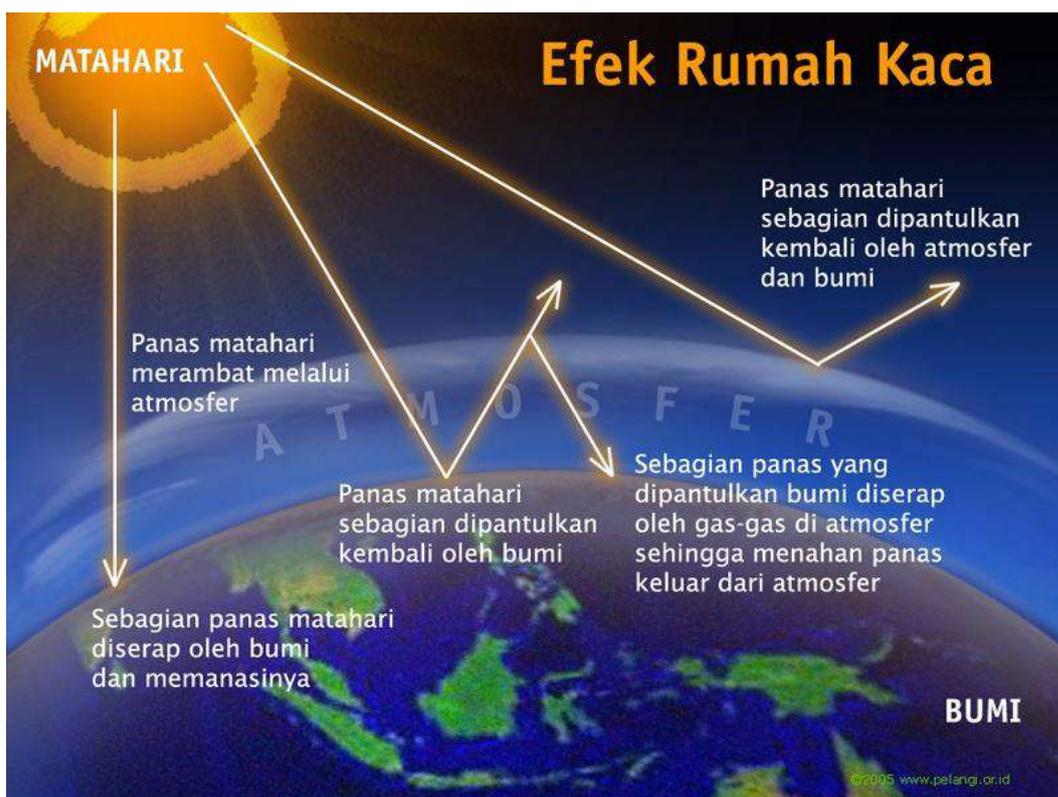
2.2 Gas Rumah Kaca (GRK)

Istilah GRK merupakan fungsi dari atmosfer bumi yang digambarkan seperti kaca pada bangunan rumah kaca dalam praktek budidaya tanaman. Atmosfir melewatkan cahaya matahari hingga mencapai dan menghangatkan permukaan bumi sehingga memungkinkan untuk ditinggali makhluk hidup. Hal tersebut terjadi karena adanya gas-gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah, sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 2.2. Gas-gas tersebut disebut sebagai GRK karena sifatnya yang sama seperti rumah kaca (KLH, 2012).

Peningkatan konsentrasi GRK menjadi salah satu penyebab dari terjadinya pemanasan global karena meningkatkan suhu permukaan bumi. GRK ini mempunyai sifat menyerap energi panas dari matahari sehingga menimbulkan efek rumah kaca. Peningkatan suhu di permukaan bumi telah menimbulkan perubahan iklim secara global seperti adanya musim salju yang sangat dingin dan suhu musim panas yang sangat ekstrim di negara-negara belahan bumi utara dan selatan dan pada negara-negara tropis terjadi perubahan pola iklim hujan sehingga meningkatkan curah hujan yang sangat ekstrim. Perubahan iklim juga menimbulkan dampak kepada pola pertanian, pola ekosistem serta menimbulkan wabah penyakit tertentu (Kementerian ESDM, 2012).

Menurut UNFCCC (2005) ada enam jenis GRK yaitu: CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), N₂O (nitrous oxide), HFCs (hidrofluorokarbon), PFCs

(perfluorokarbon) dan SF₆ (sulfur heksafluorida). Kekuatan daya rusak untuk setiap gas dan sumber emisinya di tunjukkan pada Tabel 2.1. Satuan yang digunakan untuk menunjukkan besarnya pengurangan emisi adalah t-CO₂, sehingga jika kita mengurangi 1 ton dari GRK yang lain (selain CO₂), maka hasilnya dikalikan dengan daya kekuatannya dibandingkan CO₂. Emisi CO₂ merupakan bagian terbesar dari emisi GRK yang ada.



Gambar 2.2 Efek Rumah Kaca dan Pemanasan Bumi
(KLH, 2012)

Tab 2.1 Sumber Emisi GRK dan Kekuatan Daya Rusak

Jenis	Kekuatan	Sumber Emisi
CO ₂	1	–Pembakaran bahan bakar fosil untuk pembangkit energi –Pembuatan batu kapur dan semen
CH ₄	21	–Fermentasi anaerobik di TPA sampah –Pengolahan anaerobik limbah organik cair, kotoran ternak, dan lain-lain
N ₂ O	310	–Industri asam nitrat – Proses pencernaan kotoran ternak
HFCs	140 - 11.700	–Produksi HCFC-22 –Kebocoran dari media pendingin pada kulkas dan AC
PFCs	6.500 – 9.200	–Penggunaan bahan <i>etching</i> dalam proses produksi semi konduktor –Penggunaan bahan <i>fluxing</i> pada proses pembersihan metal
SF ₆	23.900	–Penggunaan penutup gas dalam proses pencairan magnesium –Penggunaan dalam proses produksi bahan semi konduktor

Sumber : UNFCCC (2005)

2.3 Transportasi

Transportasi merupakan sektor kegiatan yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat. Masyarakat melakukan kegiatan transportasi untuk mengangkut manusia dan/atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Menurut Munawar (2005) transportasi terdiri dari lima unsur pokok yaitu: (1) orang yang membutuhkan, (2) barang yang dibutuhkan, (3) kendaraan sebagai alat angkut, (4) jalan sebagai prasarana angkutan, (5) organisasi pengelola angkutan. Transportasi dapat dikelompokkan menjadi 3 moda yaitu: transportasi darat, transportasi laut dan transportasi udara. Transportasi udara dan transportasi laut memiliki karakteristik sebagai angkutan yang tetap karena jumlah angkutan orang dan/atau barang tetap, pada waktu yang tetap dan menggunakan jenis bahan bakar yang tetap. Transportasi darat memiliki karakteristik sebagai angkutan yang fleksibel karena mudah berubah dari segi tujuan perjalanan, jenis angkutan dan jenis bahan bakar yang digunakan (Kementerian ESDM, 2012).

Transportasi darat merupakan konsumen terbesar produk bahan bakar minyak. Kendaraan bermotor pada transportasi darat mengubah bahan bakar minyak menjadi energi mekanik dan 40% diubah menjadi energi panas yang berdampak memanaskan lingkungan (Tanczos dan Torok, 2006). Setiap liter bahan bakar minyak yang dibakar akan mengemisikan sekitar 100 gram karbon monoksida, 30 gram oksida nitrogen, 2,5 kg karbon dioksida dan berbagai senyawa lainnya termasuk senyawa sulfur (Hickman, 1999). Tindakan untuk mengurangi emisi dari sektor transportasi perlu dilakukan secara signifikan karena emisi GRK yang dihasilkan akan meningkat dua kali lipat dalam waktu kurang dari 10 tahun. Hal ini menyebabkan transportasi mempunyai kontribusi besar terhadap polusi udara di atmosfer karena menyumbang emisi GRK (Dewan Nasional Perubahan Iklim, 2010).

Jalan sebagai sarana penunjang transportasi memiliki peran yang sangat penting khususnya untuk transportasi darat. Pada tahun 2016 di Kota Batu hanya ada dua kategori jalan yaitu jalan provinsi sepanjang 39,5 km dan jalan kota sepanjang 402,99 km. Jalan kota dibandingkan tahun 2014 tidak ada penambahan. Jalan provinsi jenis permukaannya aspal dengan kondisi sedang dan termasuk jalan kelas I. Sedangkan jalan kota dari 402,99 km, 86% lebih permukaan aspal sisanya kerikil dan tanah. Kalau dibedakan menurut kondisi jalan dari seluruh jalan Kota yang ada hanya 53% yang kondisinya baik, 8,5% kondisi sedang dan 38% lebih kondisinya rusak ringan sampai berat. Jalan yang ada di Kota Batu 24% termasuk kelas III, hanya 21,6% yang termasuk kelas I dan II. Jumlah kendaraan yang wajib uji di Kota Batu pada tahun 2015 sebanyak 21.254 kendaraan yang terdiri dari mobil penumpang 14.354 kendaraan, mobil barang 6.760 kendaraan dan sisanya kendaraan bus dan kereta gandeng (BPS Kota Batu, 2016).

2.4 Persampahan

Masalah sampah tidak hanya menjadi masalah saat ini, namun juga menjadi masalah di masa mendatang. Menurut Arief (2013) dampak yang ditimbulkan oleh residu sampah terhadap lingkungan dan masyarakat ditentukan oleh

enam faktor yaitu: (1) potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh bahan, (2) skala spasial dari dampak yang ditimbulkan, (3) tingkat bahaya yang ditimbulkan, (4) tingkat pajanan/eksposur yang muncul, (5) kualitas bahan yang digunakan, dan (6) waktu perbaikan dan pemulihan. Faktor yang terakhir ini menggambarkan kebutuhan periode waktu tertentu sebelum kerusakan bisa dipulihkan. Waktu yang diperlukan untuk pemulihan bisa lama dan bisa cepat, bahkan efeknya tidak bisa dipulihkan. Efek polusi yang baru dirasakan pada periode waktu yang lama, kerap terjadi pada polusi yang terakumulasi.

Sampah memiliki potensi untuk memberi sumbangan terhadap meningkatnya emisi GRK, peristiwa ini terjadi pada penumpukan sampah tanpa diolah yang melepaskan gas metan (CH_4). Manusia dalam setiap kegiatannya hampir selalu menghasilkan sampah. Sampah memiliki daya dukung yang besar terhadap emisi GRK yaitu gas metan (CH_4). Setiap 1 ton sampah padat menghasilkan 50 kg gas CH_4 . Dengan jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat, diperkirakan pada tahun 2020 sampah yang dihasilkan sekitar 500 juta ton/hari atau 190 ribu ton/tahun. Hal ini berarti pada tahun tersebut Indonesia akan mengemisikan gas CH_4 ke atmosfer sebanyak 9500 ton (Meiviana *et al.*, 2004). Dari uraian tersebut menunjukkan bahwa sampah adalah salah satu penyumbang GRK dalam bentuk CH_4 . Hal ini terjadi utamanya pada pembuangan sampah terbuka (*open dumping*) di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), mengakibatkan sampah organik yang tertimbun mengalami dekomposisi secara anaerobik. Proses itu menghasilkan gas CH_4 . Sampah yang dibakar juga menghasilkan gas CO_2 . Gas CH_4 memiliki potensi merusak 21 kali lebih besar dari gas CO_2 .

Volume sampah yang diproduksi di Kota Batu sebesar 475 m^3 /hari. Dari sampah yang dihasilkan, hanya 245 m^3 /hari yang terangkut ke TPA sampah. Tingkat pelayanan kebersihan yang dilakukan di Kota Batu baru sebesar 66% dimana 16 desa/kelurahan sudah terlayani sedangkan 7 desa/kelurahan belum terlayani. Untuk melayani pengangkutan sampah di Kota Batu, Dinas Kebersihan Kota Batu memiliki 5 unit *dump truck*, 6 unit *amroll truck*, 1 unit *open truck* dan 1 unit *shovel*. Selain itu dari sumber sampah ke TPS dilayani oleh 116 unit gerobak sampah yang tersebar di berbagai titik di Kota Batu. Untuk menampung sampah-

sampah dari warga, telah dibangun berbagai tempat penampungan sementara (TPS) diberbagai titik sejak tahun 2006. Pada tahun 2006 telah dibangun TPS sebesar 7 unit, tahun 2007 ada penambahan sebesar 5 unit, tahun 2008 4 sebesar unit, tahun 2009 sebesar 7 unit serta tahun 2010 sebesar 4 unit. Sampah –sampah dari TPS untuk selanjutnya diproses di TPA Tlekung yang berada di wilayah Kelurahan Tlekung dengan luas sebesar 6,08 Ha (Arief, 2013).

2.5 Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca

Inventarisasi emisi merupakan kumpulan informasi secara kuantitas tentang pencemaran udara dari keseluruhan sumber yang berada pada suatu wilayah geografis selama periode waktu tertentu. Inventarisasi emisi menyediakan informasi dari semua sumber emisi beserta lokasi, ukuran, frekuensi, durasi waktu, serta kontribusi relatif emisi. Inventarisasi emisi tersebut nantinya dapat digunakan sebagai dasar acuan untuk tindakan pencegahan terhadap pencemaran udara pada masa yang akan datang serta membantu dalam menganalisa aktivitas yang berperan dalam peningkatan pencemaran di area geografis dalam studi yang dilakukan (Canter, 1996). Selain itu, menurut KLH (2012) inventarisasi emisi bermanfaat untuk:

1. Mengukur beban pencemaran udara.
2. Mengukur perkembangan atau perubahan kualitas udara.
3. Sebagai data dasar untuk perencanaan/pengelolaan udara yang lebih bersih.
4. Untuk keperluan pembuatan peraturan perundangan di bidang lingkungan.
5. Sebagai data dasar untuk pemodelan kualitas udara khususnya model dispersi udara.
6. Terkait dengan *long-range transport*, studi inventarisasi emisi bermanfaat untuk memahami penyebaran pencemar udara yang melewati batasan wilayah (*transboundary*).

Inventarisasi emisi menyajikan perhitungan kuantitas suatu kontaminan yang diemisikan oleh sumber tertentu dan dikombinasikan dengan emisi yang berasal dari sumber lainnya. Metodologi dasar dari inventarisasi emisi menggunakan rata-rata emisi untuk setiap aktivitas yang didasarkan pada

kuantitas penggunaan material seperti bahan bakar. Penting untuk diperhatikan bahwa inventarisasi emisi menampilkan perhitungan rata-rata emisi dalam periode waktu tertentu dan tidak mengindikasikan emisi yang aktual dalam satuan hari (Wilton, 2001).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) merupakan organisasi independen yang dibentuk oleh PBB pada tahun 1998. Organisasi ini melakukan survei secara ilmiah dan teknis terkait dengan perubahan iklim di seluruh dunia. Pedoman IPCC memberikan metodologi untuk memperkirakan emisi antropogenik level nasional baik dari sumber dan penyerapan oleh GRK. (Lundie *et al.*, 2009). Pedoman yang digunakan untuk menyusun inventarisasi emisi GRK di Indonesia ialah *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Selain itu juga dilengkapi dengan dua pedoman lainnya yaitu *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* tahun 2000 dan *the Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry* (GPG for LULUCF) tahun 2003. Sejalan dengan perkembangan pengetahuan tentang inventarisasi emisi GRK, IPCC kemudian menyusun pedoman inventarisasi emisi GRK baru pada tahun 2006 yang sudah memperbaiki dan mengakomodasi metode yang disusun di ketiga pedoman sebelumnya yaitu *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* yang terdiri dari lima volume (KLH, 2012).

Menurut IPCC (2006) ketelitian untuk estimasi emisi GRK dikelompokkan dalam tiga tingkat ketelitian. Dalam kegiatan inventarisasi emisi GRK, tingkat ketelitian dikenal dengan istilah “Tier”. Tier untuk estimasi emisi GRK yakni:

- Tier 1 : Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default* IPCC
- Tier 2 : Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi suatu negara atau suatu pabrik
- Tier 3 : Estimasi berdasarkan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik.

Penentuan tier dalam inventarisasi emisi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara tersebut.

2.5.1 Estimasi Emisi dari Sektor Transportasi

Sumber emisi dari transportasi jalan raya meliputi mobil pribadi (misalnya sedan, minivan, jeep), kendaraan niaga (misalnya bus, minibus, pick-up, truk), dan sepeda motor. GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar di sektor transportasi adalah CO₂, CH₄ dan N₂O. Berdasarkan IPCC (2006) estimasi emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi dihitung dari konsumsi bahan bakar yang dikonsumsi tiap bulan atau tiap tahun (L/bulan atau L/tahun). Jumlah bahan bakar yang dikonsumsi dikali faktor emisi untuk setiap bahan bakar untuk mendapat hasil estimasi emisi GRK (Persamaan 2.1).

$$\text{Emisi} = \sum \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a \quad (2.1)$$

dimana:

Emisi : Emisi CO₂, CH₄ dan N₂O (kg GRK)

Konsumsi BB_a : Bahan bakar dikonsumsi (TJ)

Faktor Emisi_a : Faktor emisi CO₂, CH₄ dan N₂O menurut jenis bahan bakar (kg GRK/TJ),

a : Jenis bahan bakar (bensin, solar)

Perhitungan emisi berdasarkan jumlah kendaraan dan rata-rata jarak tempuhnya merupakan perhitungan dari cara bawah ke atas (*bottom-up*) untuk menurunkan tingkat emisi CO₂ pada kegiatan transportasi dalam bentuk konsumsi bahan bakar kendaraan. Berdasarkan jumlah kendaraan dan rata-rata jarak tempuhnya, total kilometer kendaraan dari semua moda dapat dihitung (Persamaan 2.2). Dengan membagi total kilometer armada kendaraan dengan konsumsi bahan bakar rata-rata kendaraan akan menghasilkan jumlah konsumsi bahan bakar. Kemudian (seperti dalam bahan bakar berbasis pendekatan *top-*

down), konsumsi bahan bakar total dapat diubah menjadi CO₂ melalui penerapan faktor-faktor emisi tertentu per liter bahan bakar. Kedua pendekatan tersebut dapat digunakan untuk memeriksa dan memverifikasi data.

$$Emisi (CO_2) = \text{jumlah kendaraan} \times \frac{\emptyset \text{Kilometer Kendaraan}}{\emptyset \text{Konsumsi Bahan Bakar} \left(\frac{\text{km}}{\text{L}} \right)} \times \text{faktor emisi}_a \left(\text{kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{L}} \right) \quad (2.2)$$

dimana:

Emisi (CO ₂)	: Emisi CO ₂ (kg GRK)
Jumlah Kendaraan	: Jumlah kendaraan tiap jenis (unit)
∅Kilometer Kendaraan	: Panjang rata-rata perjalanan (km/unit)
∅Konsumsi Bahan Bakar	: Bahan bakar dikonsumsi (km/L)
Faktor Emisi _a	: Faktor emisi CO ₂ (kg CO ₂ /L)
a	: Jenis bahan bakar (bensin, solar)

2.5.2 Estimasi Emisi dari Sektor Persampahan

Emisi dari sektor persampahan bersumber dari berbagai macam tipe pengelolaan atau pembuangan. Menurut IPCC (2006), tipe-tipe tersebut terdiri dari pembuangan sampah di TPA, pembakaran sampah, dan pengolahan sampah secara biologis.

1. Pengolahan sampah di TPA

Sampah yang dihasilkan dari rumah tangga di Indonesia sebagian besar kandungan sampah basah lebih besar dibanding dengan jenis sampah lainnya. Sampah basah menghasilkan emisi CH₄ yang lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan sampah basah maka semakin besar emisi CH₄ yang dihasilkan. Emisi CH₄ dari pembuangan sampah ke TPA pertahun dapat diestimasi menggunakan Persamaan 2.3 berikut:

$$Emisi CH_4 = (MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12 - R) \times (1 - OX) \quad (2.3)$$

Keterangan :

MSW _T	= Timbulan sampah kota (Gg/tahun)
MSW _F	= Persentase sampah yang masuk ke TPA
MCF	= Faktor koreksi metana
DOC	= Degradasi organik karbon (kg C/kg sampah)
DOC _F	= Fraksi DOC
F	= Fraksi dari CH ₄ di TPA
R	= Recovery CH ₄ (Gg/tahun)
OX	= Faktor oksidasi

Berdasarkan IPCC (2006), penentuan pemilihan nilai serta keterangan dari DOC, DOC_F, F, R, dan OX sebagai berikut:

a. *Degradable Organic Carbon* (DOC)

DOC merupakan nilai dekomposisi karbon organik dalam sampah. Menurut IPCC, nilai DOC dapat dicari dengan Persamaan 2.4 berikut:

$$DOC = \sum_i DOC_i \times W_i \quad (2.4)$$

Keterangan :

DOC	= Degradasi organik karbon dalam sampah (Gg C/ Gg Sampah)
DOC _i	= Degradasi organik karbon jenis sampah i (Tabel 2.2)
W _i	= Komposisi jenis sampah i (diperoleh dari penelitian).

b. *Fraction of Degradable Organic Dissimilated* (DOC_F)

DOC_f adalah perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA, serta menggambarkan 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 di TPA adalah anaerobik). Nilai DOC_F tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dan lain-lain.

Tabel 2.2 Nilai DOC_i

No.	Jenis Sampah	Nilai DOC_i
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,20
3	Sampah kertas	0,40
4	Sampah kayu dan jerami	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,24
7	Karet dan kulit	0,39
8	Lumpur	0,05
9	Kaca, plastic, logam	0,00

Sumber: IPCC, 2006

c. Fraksi CH_4 pada Gas *Landfill* yang dihasilkan (F)

Sebagian besar sampah di *landfill* menghasilkan gas CH_4 sekitar 50%. Hanya bahan seperti lemak atau minyak yang dapat menghasilkan gas CH_4 lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi CH_4 adalah 0,5.

d. *Methane Correction Factors* (MCF)

Nilai MCF tergantung pada pengelolaan metana yang dilakukan di TPA. Klasifikasi TPA dan MCF merupakan nilai dari IPCC 2006 (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Klasifikasi TPA dan MCF

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik ¹	1,0
Terkelola-semi-aerobik ²	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampah > 5m) dan/ air tanah yang dangkal ³	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampah < 5m) ⁴	0,4
TPA tidak memiliki kategori 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 mekanik; atau (iii) perataan sampah.
2. TPA terkelola-semi anaerobik: tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara pada setiap lapisan sampah: (i) bahan

- penutup yang permeable; (ii) sistem drainase lindi; (iii) pengaturan umur kolam; (iv) sistem ventilasi gas.
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal: semua TPA yang tidak ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan kedalaman lebih besar atau sama dengan 5m dan atau air tanah dangkal.
 4. TPA tidak terkelola-dangkal: semua TPA yang tidak ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5m.
 5. TPA tidak memiliki kategori: hanya jika negara tidak dapat mengkategorikan TPA ke dalam empat kategori TPA yang telah disebutkan sebelumnya.

e. *Oxidation Factor (OX)*

Oxidation factor (OX) mencerminkan sejumlah CH_4 dari TPA yang dioksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi sampah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi dari pada TPA yang tidak dikelola. Nilai Standar OX dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Standar OX

Tipe TPA	Nilai Standar OX
TPA terkelola ¹ , tidak terkelola, dan tidak terkategori TPA terkelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH_4 ²	0 0,1

Sumber: IPCC, 2006

Keterangan:

¹Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi

²Contohnya: tanah, kompos.

2. Insinerasi dan pembakaran terbuka

Perhitungan emisi yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran sampah, emisi yang dihasilkan bukan hanya CO_2 saja, tetapi terbentuk juga emisi CH_4 dan N_2O . Sebelum dilakukan perhitungan emisi yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka, dilakukan perhitungan jumlah sampah yang dibakar terlebih dahulu. Perhitungan emisi karbon yang ditimbulkan

akibat aktivitas pembakaran sampah secara terbuka, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$MSW_B = P \times P_{frac} \times MWS_f \times B_{frac} \times \text{jumlah hari dalam setahun} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- MSW_B = Jumlah sampah yang dilakukan pembakaran terbuka
- P = Jumlah penduduk di Kota Batu
- P_{frac} = Fraksi penduduk yang melakukan pembakaran terbuka
- MWS_f = Jumlah timbulan sampah per hari
- B_{frac} = Fraksi jumlah sampah yang dibakar terhadap jumlah sampah yang diolah

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum_i (SW_i \times dmi \times FCF_i \times OF_i) \times 44/12 \quad (2.6)$$

Keterangan:

- SW_i = Total berat (basah) limbah padat yang dibakar, Ggram/tahun
- dmi = Fraksi *dry matter* di dalam limbah (basis berat basah)
- CF_i = Fraksi karbon di dalam *dry matter*
- FCF_i = Fraksi karbon fosil di dalam karbon total
- OF_i = Faktor oksidasi (fraksi)
- $44/12$ = Faktor konversi dari C menjadi CO_2
- i = Jenis limbah

$$\text{Emisi CH}_4 = MSW_B \times \text{Faktor Koreksi CH}_4 \quad (2.7)$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = MSW_B \times \text{Faktor Koreksi N}_2\text{O} \quad (2.8)$$

Keterangan :

- MSW_B = Jumlah sampah yang dilakukan pembakaran terbuka
- Faktor Koreksi CH_4 = Faktor emisi CH_4
- Faktor Koreksi N_2O = Faktor emisi N_2O

3. Pengolahan limbah padat secara biologi

Sumber emisi GRK dari pengolahan limbah padat secara biologi pada dasarnya mencakup pengomposan, anaerobik digester, dan lain-lain. Pengolahan limbah padat secara biologi di Indonesia hanya meliputi pengomposan mengingat pengolahan limbah padat dengan anaerobik biodigester dan pengolahan biologi lainnya belum ada.

$$\text{Emisi CH}_4 = \Sigma(\text{Mix EFi}) \times 10^{-3} - R \quad (2.9)$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \Sigma(\text{Mix EFi}) \times 10^{-3} \quad (2.10)$$

Keterangan:

Emisi CH₄ = CH₄ total pada tahun inventori, Gg CH₄

Emisi N₂O = N₂O total pada tahun inventori, Gg N₂O

M_i = Massa limbah organik yang diolah biologi tipe *i*, Gg

EF = Faktor emisi untuk pengolahan tipe *i*, g CH₄ atau N₂O /kg

i = Tipe pengolahan biologi (pengomposan atau digester anaerobik)

R = Jumlah CH₄ yang dapat direcovery dalam tahun inventori,
Gg CH₄

2.6 Skenario *Bussines as Ususal* (BAU)

Kondisi masa depan dapat diprakirakan berdasarkan beberapa skenario. Penentuan skenario menggabungkan isu-isu yang terkait dengan kebijakan pembangunan nasional suatu negara seperti: pertumbuhan ekonomi, modifikasi struktur ekonomi, evolusi demografi, perbaikan taraf hidup, serta kemajuan teknologi. Peran penentuan skenario menjadi sangat penting dalam lingkup permasalahan di negara berkembang karena mereka memberikan fleksibilitas dalam hal pertumbuhan ekonomi dan peningkatan standar hidup untuk memungkinkan suatu upaya penilaian dalam mengurangi emisi (Kementerian Perhubungan, 2010).

Menurut Bappenas (2012) untuk mengevaluasi keberhasilan penurunan emisi GRK perlu dibuat acuan yang disebut garis dasar (*baseline*) yang terbagi

menjadi 2 yaitu: *baseline* pada tahun dasar (*base year*, misal tahun 2010) dan *baseline* pada tahun proyeksi (*forecast year*, misal tahun 2020). *Baseline* digunakan untuk perkiraan tingkat emisi dan proyeksi GRK dengan skenario tanpa intervensi kebijakan dan teknologi mitigasi dari bidang-bidang yang telah diidentifikasi dalam kurun waktu yang disepakati (tahun 2010-2020). Skenario tanpa intervensi kebijakan dan teknologi mitigasi disebut juga skenario *Business as Usual* (BAU).

Skenario BAU mengasumsikan kecenderungan pembangunan masa depan sama seperti masa lalu, atau tidak ada perubahan kebijakan yang akan terjadi. Skenario ini juga mengasumsikan bahwa pola demografi akan terus berlangsung seperti yang diperkirakan dan begitu juga pola urbanisasi kedepannya. Proses perencanaan penurunan emisi GRK menggunakan proyeksi berdasarkan skenario pertumbuhan ekonomi dan penduduk serta perkembangan teknologi dan ketersediaan cadangan sumber daya energi. Skenario BAU mengasumsikan bahwa tidak ada intervensi kebijakan apapun (Kementerian ESDM, 2012).

2.7 Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim

Adaptasi merupakan pengembangan pola pembangunan yang tahan terhadap dampak perubahan iklim dan gangguan anomali cuaca yang terjadi saat ini danantisipasi ke depan (Ridwan dan Chazanah, 2013). Menurut Setiawan (2010), adaptasi adalah pendekatan strategi respon yang penting dalam upaya meminimalkan bahaya akibat perubahan iklim. Adaptasi berperan dalam mengurangi dampak yang segera muncul akibat perubahan iklim yang tidak dapat dilakukan oleh mitigasi.

Upaya Pemerintah dalam memfasilitasi adaptasi perubahan iklim melalui Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API) yang merupakan bagian dari kerangka pembangunan nasional Indonesia. RAN-API memberikan arahan pada Rencana Kerja Pemerintah dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN), serta menjadi acuan bagi pemerintah daerah dalam menyusun Strategi/Rencana Aksi Daerah Adaptasi Perubahan Iklim sebagai

arahan dalam menyiapkan dokumen perencanaan pembangunan yang tahan perubahan iklim (Bappenas, 2014).

Strategi adaptasi dilakukan dengan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif dari perubahan iklim. Efektifitas dari strategi adaptasi akan sulit dicapai apabila laju perubahan iklim melebihi kemampuan beradaptasi. Kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim dilakukan dengan cara mengurangi kerusakan yang ditimbulkan, mengambil manfaat atau mengatasi perubahan dengan segala akibatnya. Menurut Slamet (2015) strategi adaptasi perubahan iklim dapat dilakukan melalui:

- a. Mengurangi kerentanan sosial-ekonomi dan lingkungan yang bersumber dari perubahan iklim.
- b. Meningkatkan daya tahan masyarakat dan ekosistem.
- c. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal (mengentaskan kemiskinan).

Menurut UNFCCC (2005) mitigasi diartikan sebagai upaya-upaya untuk mencegah, menahan pelepasan karbon, meningkatkan penyerapan karbon ke hutan atau penyerap karbon lainnya, dan memperlambat efek GRK yang menjadi penyebab pemanasan global. Sedangkan menurut Slamet (2015), mitigasi adalah usaha menekan penyebab perubahan iklim, seperti GRK dan lainnya agar resiko terjadinya perubahan iklim dapat diminimalisir atau dicegah.

Upaya Pemerintah dalam memfasilitasi mitigasi penurunan emisi GRK melalui Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca RAN-GRK yang ditindaklanjuti oleh provinsi di seluruh Indonesia dengan menyusun Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca RAD-GRK. Strategi mitigasi dapat didefinisikan untuk memenuhi target pengurangan emisi tertentu dan menilai dampak potensial dari kebijakan atau teknologi tertentu. Analisis strategi mitigasi sangat penting untuk menghitung biaya keseluruhan dan dampak emisi secara akurat, karena dampak pengurangan emisi dapat terjadi karena melaksanakan opsi tertentu yang tergantung pada opsi lainnya. Contohnya, tingkat pengurangan dalam emisi GRK yang diasosiasikan dengan opsi yang menghemat listrik tergantung pada sumber listrik yang akan dihindari (contoh: batu bara, minyak, hidro, atau campuran) (Bappenas, 2011).

Secara garis besar berdasarkan RAN-GRK strategi penurunan emisi GRK tersebut akan dilakukan melalui (Bappenas, 2011):

- a. Pengelolaan lahan gambut secara lestari.
- b. Pengurangan laju deforestasi dan degradasi hutan.
- c. Pengembangan penyerapan karbon di sektor kehutanan dan pertanian.
- d. Pengurangan limbah padat dan cair.
- e. Mendorong efisiensi energi dan penggunaan teknologi rendah karbon.
- f. Pengembangan alternatif sumber energi terbarukan.
- g. Perubahan menuju moda transportasi rendah emisi.

2.8 Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Proses Hirarki Analitik (PHA) atau dalam Bahasa Inggris disebut *Analytical Hierarchy Process* (AHP), pertama kali dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematika dari Universitas Pittsburg, Amerika Serikat pada tahun 1970-an. AHP pada dasarnya didisain untuk menangkap secara rasional persepsi orang yang berhubungan sangat erat dengan permasalahan tertentu melalui prosedur yang didesain untuk sampai pada suatu skala preferensi diantara berbagai set alternatif. Analisis ini ditujukan untuk membuat suatu model permasalahan yang tidak mempunyai struktur, biasanya ditetapkan untuk memecahkan masalah yang terukur (kuantitatif), masalah yang memerlukan pendapat (*judgement*) maupun pada situasi yang kompleks atau tidak terkerangka, pada situasi dimana data, informasi statistik sangat minim atau tidak ada sama sekali dan hanya bersifat kualitatif yang didasari oleh persepsi, pengalaman ataupun intuisi. AHP ini juga banyak digunakan pada keputusan untuk banyak kriteria, perencanaan, alokasi sumberdaya dan penentuan prioritas dari strategi strategi yang dimiliki pemain dalam situasi konflik. (Suryadi dan Ramadhani, 1998).

Menurut Saaty (1988) AHP memiliki kelebihan dalam sistem analisisnya yaitu:

- a. Kesatuan (*Unity*)

AHP membuat permasalahan yang luas dan tidak terstruktur menjadi suatu model yang fleksibel dan mudah dipahami.

b. Kompleksitas (*Complexity*)

AHP memecahkan permasalahan yang kompleks melalui pendekatan sistem dan pengintegrasian secara deduktif.

c. Saling ketergantungan (*Inter Dependence*)

AHP dapat digunakan pada elemen-elemen sistem yang saling bebas dan tidak memerlukan hubungan linier.

d. Struktur Hierarki (*Hierarchy Structuring*)

AHP mewakili pemikiran alamiah yang cenderung mengelompokkan elemen sistem ke level-level yang berbeda dari masing-masing level berisi elemen yang serupa.

e. Pengukuran (*Measurement*)

AHP menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas.

f. Konsistensi (*Consistency*)

AHP mempertimbangkan konsistensi logis dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan prioritas.

g. Sintesis (*Synthesis*)

AHP mengarah pada perkiraan keseluruhan mengenai seberapa diinginkan masing-masing alternatif.

h. *Trade Off*

AHP mempertimbangkan prioritas relatif faktor-faktor pada sistem sehingga orang mampu memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka.

i. Penilaian dan Konsensus (*Judgement and Consensus*)

AHP tidak mengharuskan adanya suatu konsensus, tapi menggabungkan hasil penilaian yang berbeda.

j. Pengulangan Proses (*Process Repetition*)

AHP mampu membuat orang menyaring definisi dari suatu permasalahan dan mengembangkan penilaian serta pengertian mereka melalui proses pengulangan.

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan AHP ada beberapa tahapan dari pengambilan keputusan yaitu (Saaty, 1988):

1. Pembuatan konstruksi model

Membangun suatu model dari permasalahan akan didasarkan komponen-komponen penting dalam masalah tersebut. Kriteria yang relevan dan alternatif keputusan akan distrukturkan ke dalam suatu hierarki dimana semakin tinggi levelnya, maka semakin strategis keputusannya. Sub komponen dan atribut merupakan elemen paling atas pada hierarki. Pemebentukan atribut pada tiap level dan definisi hubungannya akan dibutuhkan dalam konstruksi model.

2. Pembentukan matriks perbandingan berpasangan

Kriteria dan alternatif dilakukan dengan perbandingan berpasangan. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan mengekspresikan pendapat dapat diukur menggunakan Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Skala Penilaian Perbandingan Pasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan

Sumber : Saaty, 1988

Setelah perbandingan berpasangan telah selesai dibuat, vektor prioritas w yang disebut *eVector* atau *eigenvector* merupakan bobot prioritas suatu matrik yang dihitung dengan Persamaan 2.11.

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w \tag{2.11}$$

Keterangan:

A = matrik perbandingan berpasangan

Λ_{\max} = *eigenvalue* terbesar dari A

3. Sintesis prioritas

Menentukan prioritas dari elemen-elemen kriteria dapat dipandang sebagai bobot/kontribusi elemen tersebut terhadap tujuan pengambilan keputusan. AHP melakukan analisis prioritas elemen dengan metode perbandingan berpasangan antar dua elemen sehingga semua elemen yang ada tercakup. Prioritas ini ditentukan berdasarkan pandangan para pakar dan pihak-pihak yang berkepentingan terhadap pengambilan keputusan, baik secara langsung (diskusi) maupun secara tidak langsung (kuisisioner).

4. Perhitungan rasio konsistensi

Dalam proses pembobotan nilai kriteria, terdapat kemungkinan konsistensi dari perbandingan berpasangan yang telah dilakukan. Rasio konsistensi (*Consistency Ratio*) memberikan suatu penilaian numerik bagaimana ketidakkonsistenan suatu evaluasi. Indeks konsistensi (*Consistency Index*) suatu matrik perbandingan dihitung dengan Persamaan 2.12.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.12)$$

Keterangan:

Λ_{\max} = *eigenvalue* terbesar matrik perbandingan berpasangan n x n.

n = jumlah item yang dibandingkan.

Rasio konsistensi diperoleh dengan membandingkan indeks konsistensi dengan suatu nilai yang sesuai dari bilangan indeks konsistensi acak (*Random Consistency Index*) yang didapatkan dengan Persamaan 2.13. Jika $CI < 0,1$, maka penilaian responden dianggap konsisten. Jika $CI \geq 0,1$, maka penilaian responden tidak dianggap konsisten.

$$CR = \frac{CI}{RCI} \quad (2.13)$$

Keterangan:

CR = *Consistesncy Ratio*

CI = *Consistency Index*

RCI = *Random Consistency Index*

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai strategi adaptasi dan mitigasi terhadap penurunan emisi GRK telah banyak dilakukan. Penelitian Ridwan dan Chazanah (2013) tentang penanganan dampak perubahan iklim global pada bidang perkeretaapian melalui pendekatan mitigasi dan adaptasi. Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim yang ekstrim ini, maka bidang perkeretaapian perlu merumuskan dua kebijakan yaitu kebijakan mitigasi dan kebijakan adaptasi. Upaya mitigasi dapat dilakukan dengan pengembangan meminimalisasi emisi gas buang pada bidang sarana, prasarana dan operasional. Sedangkan untuk upaya adaptasi dilakukan dengan penyesuaian kondisi fisik prasarana kereta api seperti: kegiatan mengangkat jalur kereta api (*track*) secara bertahap termasuk stasiun dan fasilitas lainnya pada posisi aman terhadap ancaman banjir, modifikasi desain bangunan stasiun serta prasarana lainnya.

Menurut penelitian Wijayanti (2013) tentang peluang pengelolaan sampah perkotaan sebagai salah satu strategi mitigasi dalam mengurangi emisi gas CH₄ dan menciptakan ketahanan iklim Kota Semarang. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk mengidentifikasi dan menggambarkan tiga faktor ketahanan iklim, yaitu *urban system*, *social agent*, dan *urban institution*, disertai dengan metode kuantitatif skoring yang disarankan oleh IPCC untuk menemukan peluang beberapa strategi pengelolaan sampah dalam rangka membentuk ketahanan iklim. Hasil penelitian ini menunjukkan strategi pengolahan sampah oleh pihak ketiga di TPA memiliki peluang kontribusi lebih besar terhadap pembangunan ketahanan iklim dibandingkan strategi pengolahan sampah di

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST). Adanya intervensi pihak ketiga dalam pengolahan sampah telah mengurangi volume timbunan sampah di TPA sebesar 20,90%. Dampaknya menurunkan emisi CH₄ sebesar 1,634 Gg/tahun dan CO₂ sebesar 1,909 Gg/tahun. Secara luas dapat menurunkan emisi di Kota Semarang sebesar 35,27% untuk CH₄ dan 31,91% untuk CO₂.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan rangkaian kegiatan dalam pelaksanaan penelitian. Metode penelitian dibuat dengan tujuan mempermudah pelaksanaan pengerjaan tesis yang berisi rancangan alur penelitian, hal tersebut dilakukan agar tujuan dari penelitian dapat tercapai.

3.1 Kerangka Penelitian

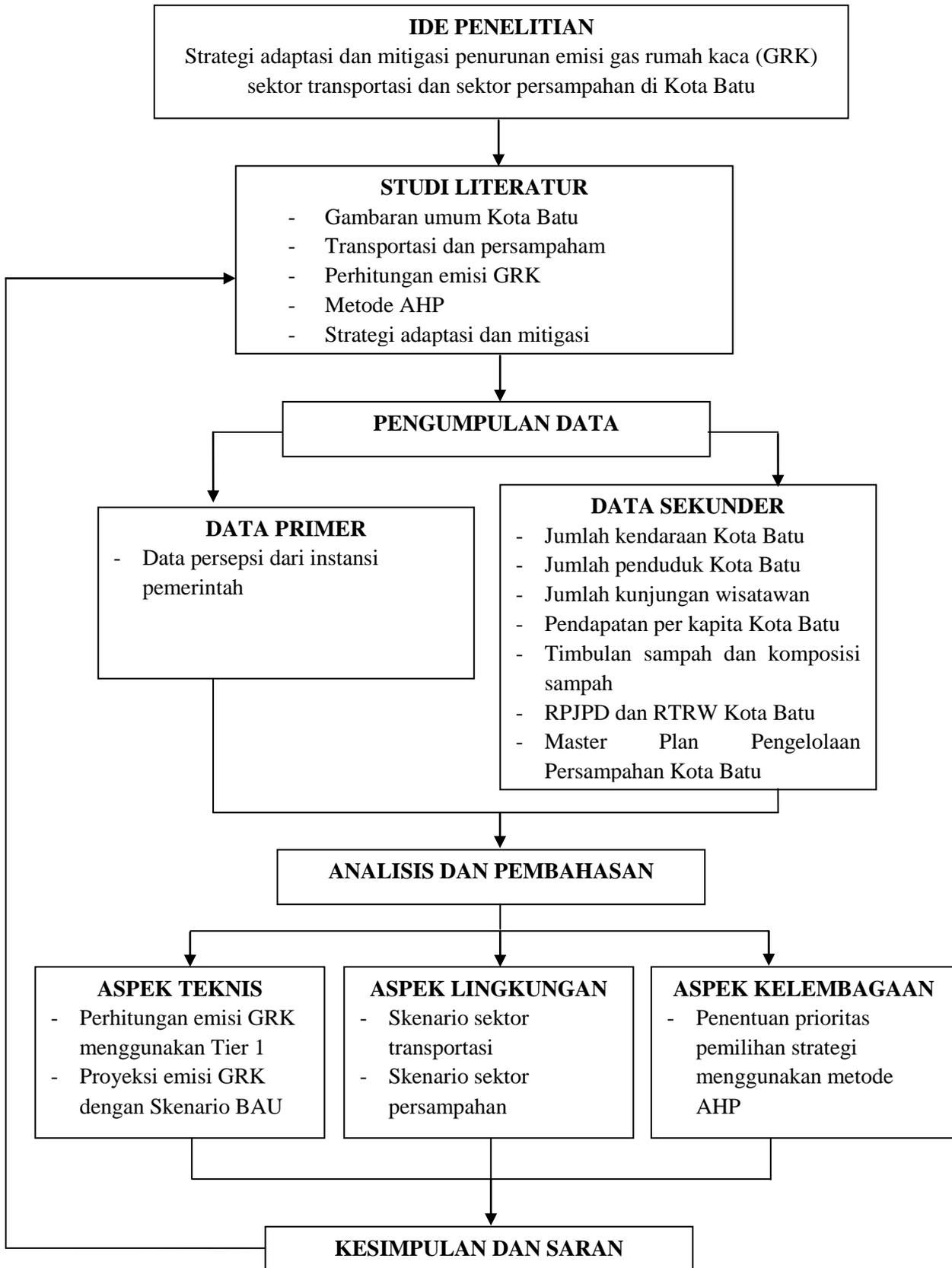
Kerangka penelitian merupakan gambaran mengenai tahapan-tahapan yang disusun secara berurutan dan sistematis dalam melaksanakan penelitian ini. Untuk lebih jelas, kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan urutan kegiatan yang dilakukan sampai penelitian ini selesai. Tahapan penelitian ini yaitu ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, analisa dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian ini adalah analisis strategi adaptasi dan mitigasi terhadap penurunan emisi GRK di Kota Batu. Pemilihan Kota Batu sebagai wilayah studi dikarenakan Kota Batu merupakan daerah dengan fungsi pengembangan wilayah pariwisata yang meningkatkan kepadatan lalu lintas dan bertambahnya volume timbulan sampah, sehingga semakin besar pula emisi yang dapat menyumbang GRK dan menyebabkan pemanasan global. Berdasarkan Peraturan Presiden republik Indonesia No. 71 tahun 2011 tentang setiap daerah perlu melakukan penyelenggaraan inventarisasi GRK nasional, sehingga diharapkan penelitian ini dapat membantu Pemerintahan Kota Batu dalam menentukan strategi adaptasi dan mitigasi yang tepat pada sektor transportasi dan sektor persampahan untuk penurunan emisi GRK di Kota Batu.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang kuat dan akurat dalam mengidentifikasi masalah dan mengembangkan suatu pendekatan masalah. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jurnal ilmiah, *chapter book*, *paper bag*, *text book*, *website*, dan peraturan pemerintah. Beberapa bidang atau topik literatur yang digunakan yaitu gambaran umum Kota Batu, pencemaran udara dari sektor transportasi dan sektor persampahan, pedoman IPCC tahun 2006 untuk perhitungan emisi, menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), strategi adaptasi dan mitigasi, dan topik-topik lain yang mendukung penelitian.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan agar mendapatkan gambaran mengenai suatu keadaan serta untuk membantu memecahkan masalah yang dihadapi. Jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan. Pengumpulan data primer diperoleh dengan metode pengamatan di lapangan, penyebaran kuisisioner dan wawancara. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data persepsi dari instansi pemerintah. Data persepsi dari instansi pemerintah dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang prioritas strategi penurunan emisi GRK di Kota Batu berdasarkan kriteria dan alternatif yang ada. Data ini diperoleh dengan penyebaran dan pengisian kuisisioner kepada para ahli yang mempunyai tugas dan tanggung jawab dalam penurunan emisi GRK. Para ahli yang dimaksud adalah orang-orang dalam jabatan tertentu di Dinas Perhubungan Kota Batu, dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu. Kuisisioner yang diberikan ke para ahli dapat dilihat pada Lampiran 1.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui instansi-instansi terkait. Adapun data–data sekunder yang dibutuhkan yaitu:

1. Jumlah kendaraan di Kota Batu

Jumlah kendaraan yang di Kota Batu didapatkan dari Sistem Administrasi Manunggal Satu Atap (SAMSAT) Kota Batu. Jumlah kendaraan yang didapatkan, diidentifikasi dalam berbagai jenis kendaraan, yaitu sepeda motor, mobil (bahan bakar solar dan bensin), bus dan truk.

2. Jumlah penduduk di Kota Batu

Jumlah penduduk di Kota Batu didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu. Data ini merupakan banyaknya penduduk di setiap Kecamatan di Kota Batu.

3. Jumlah kunjungan wisatawan

Jumlah kunjungan wisatawan di Kota Batu digunakan untuk memperkirakan jumlah kendaraan yang masuk ke Kota Batu dari aktivitas pariwisata. Data jumlah kunjungan wisatawan didapatkan dari BPS Kota Batu.

4. Pendapatan per kapita

Data pendapatan per kapita digunakan untuk menentukan strategi adaptasi dan mitigasi yang sesuai dengan kemampuan masyarakat di Kota Batu. Data ini didapatkan dari BPS Kota Batu.

5. Timbulan dan komposisi sampah

Timbulan dan komposisi sampah di Kota Batu diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu. Data ini merupakan jumlah sampah yang terangkut ke TPA Tlekung.

6. RPJPD dan RTRW Kota Batu

Rencana Jangka Panjang Daerah (RPJPD) dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Batu merupakan rencana daerah pembangunan daerah Kota Batu yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Batu. RPJPD dan RTRW Kota Batu digunakan sebagai dasar dalam menentukan strategi adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim di Kota Batu

7. Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu

Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu memuat data perencanaan sektor persampahan di Kota Batu. Dokumen ini didapatkan dari BAPPEDA Kota Batu.

3.2.4 Analisa dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan dilakukan berdasarkan hasil dari pengolahan data-data yang didapatkan. Beberapa aspek yang dilakukan analisa dan pembahasan sebagai berikut:

3.2.4.1 Aspek Teknis

Analisa dan pembahasan aspek teknis dilakukan untuk menentukan profil tingkat emisi dan sumber emisi utama yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total emisi GRK sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu. Langkah-langkah yang dilakukan dalam aspek teknis yaitu:

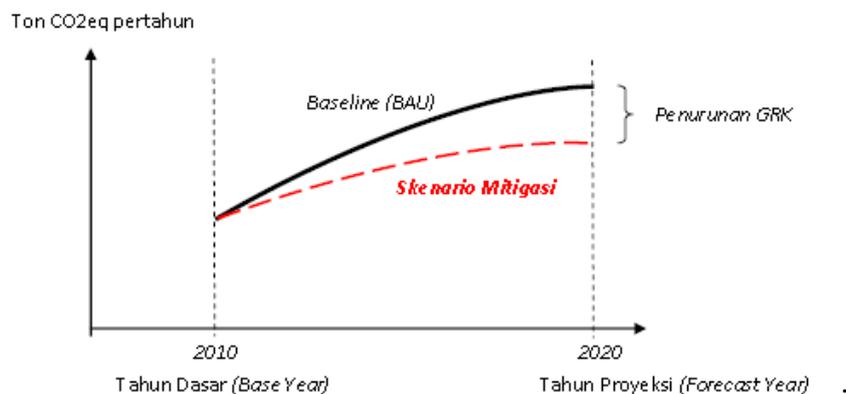
- a. Perhitungan emisi GRK pada sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu menggunakan pedoman IPCC dengan ketelitian Tier 1.

Tahun dasar (*base year*) data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan emisi GRK tahun 2010-2015. Perhitungan estimasi emisi GRK sektor transportasi menggunakan Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2. Estimasi emisi GRK dari sektor persampahan bersumber dari berbagai macam tipe pengelolaan/pembuangan. Penghitungan emisi pada sektor persampahan dengan pengolahan sampah di TPA menggunakan Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4, insenerasi dan pembakaran terbuka menggunakan Persamaan 2.5 sampai 2.8, dan pengolahan secara biologi menggunakan Persamaan 2.9 dan Persamaan 2.10.

- b. Membuat proyeksi emsi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan menggunakan skenario *Business as Usual*.

Proyeksi emisi diawali dengan penentuan tahun dasar dan tahun perkiraan (Gambar 3.2). Tahun dasar adalah tahun yang akan menjadi titik awal

perhitungan emisi. Sementara itu tahun perkiraan adalah tahun di masa datang untuk perkiraan emisi GRK dimana kegiatan berlangsung seperti biasa (BAU). Tahun perkiraan untuk proyeksi tingkat emisi GRK hingga tahun 2030 dengan pendekatan historical (proyeksi linier dengan melihat kecenderungan berdasarkan periode tahun dasar).



Gambar 3.2 Posisi *Baseline* dalam Mitigasi Perubahan Iklim

3.2.4.2 Aspek Lingkungan

Pada aspek lingkungan ditentukan beberapa skenario-skenario pada sektor transportasi dan sektor persampahan. Pembuatan skenario bertujuan sebagai upaya atau langkah alternatif dalam rangka mengurangi emisi GRK di Kota Batu berdasarkan emisi GRK eksisting yang dihasilkan. Skenario-skenario yang ditentukan dapat digunakan untuk mengetahui penurunan emisi sebagai bahan pertimbangan pemilihan alternatif. Adapun skenario-skenario untuk sektor transportasi pada Tabel 3.1 dan sektor persampahan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Skenario Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi

Skenario	Uraian	Sumber
1	Pembangunan <i>Intelligent Transport System (ITS)</i> sebagai teknologi komunikasi dan informasi yang diterapkan pada sarana dan prasarana transportasi untuk meningkatkan	– RTRW Kota Batu pasal 10 Tahun 2011 – RPJPD Kota Batu misi perhubungan tahun 2005-2025

	kualitas pelayanan transportasi.	–Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012
2	Penerapan Pengendalian Analisis Dampak Lalu Lintas (Andalalin) dari pembangunan pusat kegiatan, permukiman dan infrastruktur.	–RTRW Kota Batu pasal 71 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi perhubungan tahun 2005-2025 – Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012
3	Penerapan manajemen parkir mempengaruhi kenyamanan dan kemudahan untuk mencapai tujuan perjalanan (aksesibilitas secara keseluruhan).	–RTRW Kota Batu pasal 10 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi perhubungan tahun 2005-2025 –Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012
4	Reformasi sistem transit <i>Bus Rapid Transit</i> (BRT) menggunakan mobil bus dengan lajur khusus sehingga meningkatkan kapasitas angkut yang bersifat masal.	–RTRW Kota Batu pasal 31 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi pekerjaan umum, perumahan dan penataan ruang tahun 2005-2025 –Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012
5	Peremajaan armada angkutan umum dengan pergantian kendaraan angkutan umum yang lama, yang sudah tidak laik jalan digantikan dengan kendaraan yang baru.	–RTRW Kota Batu pasal 10 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi pekerjaan umum, perumahan dan penataan ruang tahun 2005-2025

		– Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012
6	Gasifikasi angkutan umum dengan mengkonversi penggunaan bahan bakar minyak (BBM) ke bahan bakar gas (BBG) pada angkutan umum dengan menggunakan <i>converter kit</i> .	–RTRW Kota Batu pasal 10 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi pekerjaan umum, perumahan dan penataan ruang tahun 2005-2025 – Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012
7	Pelatihan dan sosialisasi <i>Smart Driving</i> membuat strategi perilaku pengemudi dalam berkendara agar dicapai konsumsi bahan bakar yang paling efisien.	–RPJPD Kota Batu misi pekerjaan umum, perumahan dan penataan ruang tahun 2005-2025 –Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Tahun 2012

Tabel 3.2 Skenario Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan

Skenario	Uraian	Sumber
1	Meningkatkan spesifikasi TPA dari <i>unmanaged shallow</i> menjadi <i>managed semiaerobik</i> .	– RTRW Kota Batu pasal 25 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi lingkungan hidup tahun 2005-2025 –Rencana Tindak Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu dalam jangka menengah Tahun 2014
2	Meningkatkan pembuatan kompos pada setiap TPS di Kota Batu.	– RTRW Kota Batu pasal 25 Tahun 2011 –RPJPD Kota Batu misi lingkungan hidup tahun 2005-2025

		– Rencana Tindak Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu dalam jangka panjang Tahun 2014
3	Mengurangi sampah sebanyak mungkin dari sumbernya dengan menerapkan prinsip 3R.	– RTRW Kota Batu pasal 25 Tahun 2011 – RPJPD Kota Batu misi lingkungan hidup tahun 2005-2025 – Rencana Tindak Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu dalam jangka panjang Tahun 2014
4	Mengurangi pembakaran sampah dan sampah terhampa sembarangan dengan meningkatkan cakupan layanan TPA.	– RTRW Kota Batu pasal 25 Tahun 2011 – RPJPD Kota Batu misi lingkungan hidup tahun 2005-2025 – Rencana Tindak Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu dalam jangka panjang Tahun 2014

3.2.4.3 Aspek Kelembagaan

Aspek kelembagaan menjadi dasar pelaksanaan kebijakan-kebijakan yang akan diambil terkait strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK. Analisa aspek kelembagaan yaitu mengidentifikasi prioritas pemilihan strategi adaptasi dan mitigasi ditingkat institusi pengelola sektor transportasi dan sektor persampahan dalam penurunan emisi GRK. Untuk menentukan prioritas pemilihan strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK, maka digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Metode AHP dipilih karena dapat mendekomposisi strategi, memberikan penilaian dengan membandingkan antar elemen hasil dekomposisi strategi, dan menyusun prioritas penentuan strategi mana yang sebaiknya diterapkan. Media dalam metode AHP menggunakan kuisioner untuk menentukan peringkat relatif dari seluruh alternatif strategi. Pengolahan jawaban responden dilakukan mengikuti tahapan pada metode AHP yang dianalisa melalui program *Super*

Decision untuk menentukan prioritas kriteria dan alternatif. Tahapan dalam pengolahan data pada metode AHP yaitu:

a. Penentuan kriteria yang berpengaruh

Melakukan studi literatur dan wawancara dengan para ahli/pakar/stakeholder. Beberapa kriteria yang merupakan bagian dari strategi penurunan emisi GRK di Kota Batu disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Penentuan Kriteria Strategi Penurunan Emisi GRK di Kota Batu

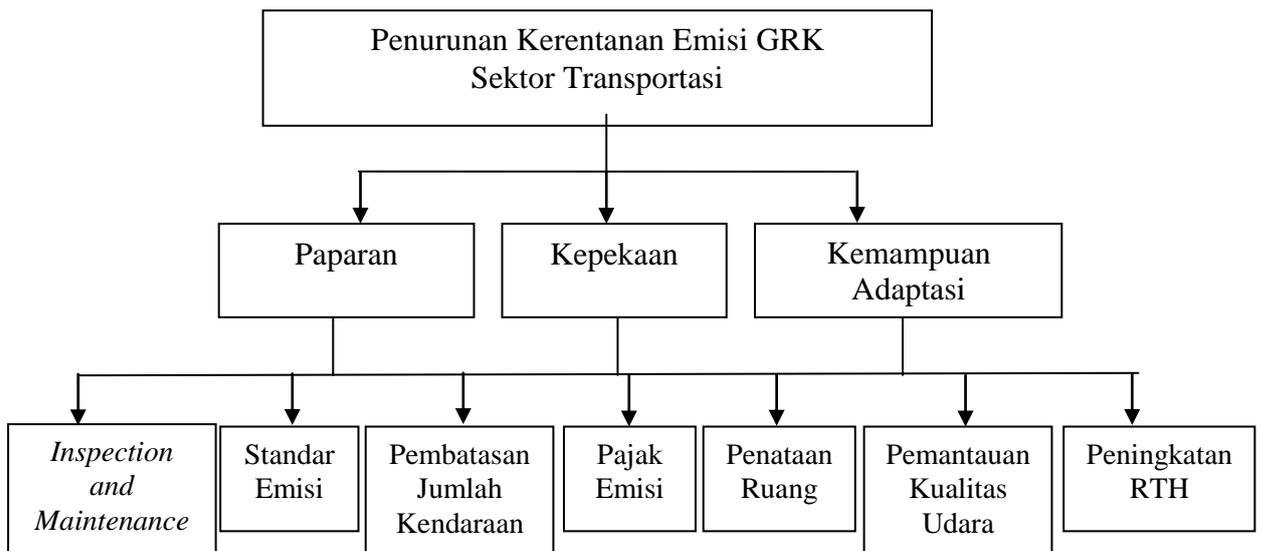
Strategi	Sektor	Kriteria	Sumber
Adaptasi	Transportasi	– Paparan – Kepekaan – Kemampuan Adaptasi	– IPCC, 2001
Mitigasi	Transportasi	– Polusi Udara – Biaya Investasi – Efisiensi – Keberlanjutan – Kemudahan Manajemen	– Javid <i>et al.</i> , 2014 – Mandra, 2013
Adaptasi	Persampahan	– Perilaku – Pemahaman – Teknis Operasional – Kelestarian Lingkungan	– Affandy <i>et al.</i> , 2015
Mitigasi	Persampahan	– Sosial – Ekonomi – Lingkungan – Teknis	– Widawati <i>et al.</i> , 2014

b. Pembuatan konstruksi model

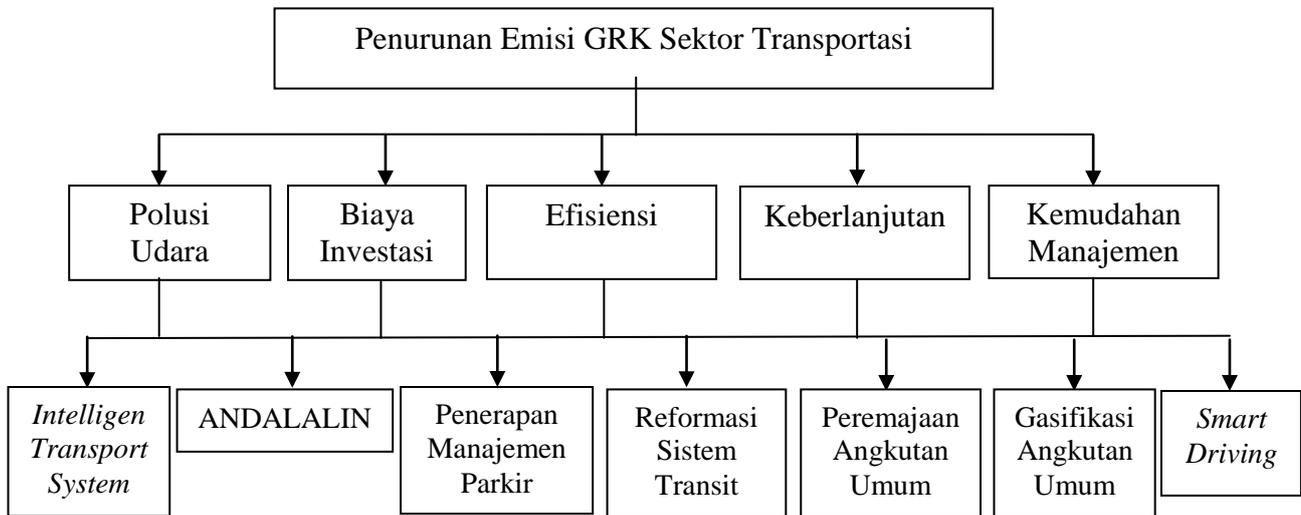
Analisis AHP strategi penurunan emisi GRK di Kota Batu ditetapkan tiga level. Level pertama adalah tujuan, yaitu kegiatan yang efektif dan efisien untuk mereduksi emisi GRK di Kota Batu. Level kedua adalah kriteria yang digunakan untuk menentukan prioritas strategi penurunan emisi GRK. Level

ketiga adalah alternatif strategi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu.

Pembuatan matrik perbandingan berpasangan antar kriteria dan alternatif berdasarkan kuesioner (Lampiran 1). Untuk mempermudah penyusunan pertanyaan pada kuisisioner, maka struktur hierarki AHP dibuat agar mempermudah dalam menentukan strategi yang dinilai, berikut sub variabelnya digambarkan dalam bagan alir Proses Analisis Hirarki pada Gambar 3.3 sampai Gambar 3.6. Penelitian dilakukan oleh responden mengunakan skala fundamental 1 – 9. Hasil penelitian tersebut dihitung nilai rata-ratanya menggunakan deret geometrik untuk mendapatkan nilai kepentingan relatif. Nilai kepentingan relatif tersebut yang nantinya akan digunakan untuk pengolahan data menggunakan *software Super Decision*.



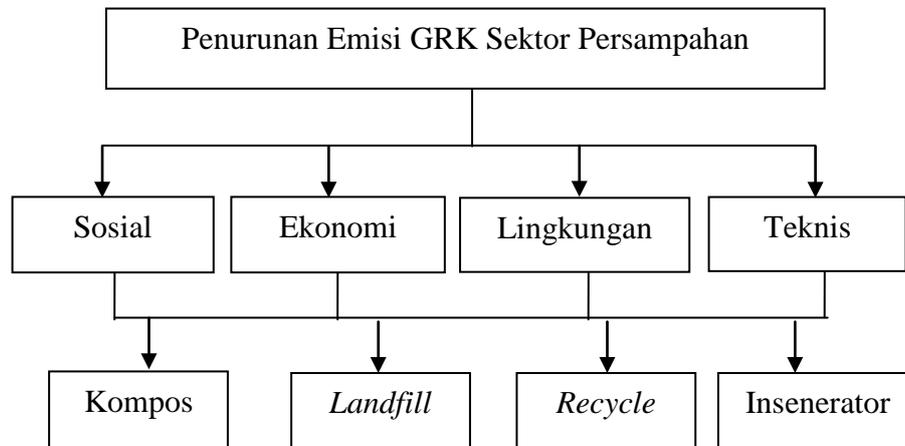
Gambar 3.3 Proses Analisis Hirarki Strategi Adaptasi Sektor Transportasi



Gambar 3.4 Proses Analisis Hirarki Strategi Mitigasi Sektor Transportasi



Gambar 3.5 Proses Analisis Hirarki Strategi Adaptasi Sektor Persampahan



Gambar 3.6 Proses Analisis Hirarki Strategi Mitigasi Sektor Persampahan

c. Penentuan prioritas kriteria dan alternatif

Nilai prioritas akhir didapatkan dari supermatriks limit. Selanjutnya dilakukan normalisasi berdasarkan kelompok, sehingga total nilai prioritas pada masing-masing kelompok berjumlah satu. Penentuan nilai prioritas berdasarkan normalisasi. Penentuan ranking dilakukan dengan melakukan normalisasi nilai prioritas limit.

3.2.5 Kesimpulan dan Saran

Hasil pembahasan yang didapat dari analisis data yang dilakukan, maka dapat dirumuskan kesimpulan dan saran sesuai dengan alur kerangka penelitian. Kesimpulan merupakan hasil dari analisis dan pembahasan secara ringkas sesuai dengan tujuan penelitian. Saran diberikan untuk memberikan masukan yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya. Kesimpulan dan saran dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi Pemerintah Daerah Kota Batu dalam pembuatan kebijakan pengurangan emisi GRK serta upaya adaptasi dan mitigasi dan perubahan iklim bagi instansi Pemerintah Nasional.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Aspek Teknis

Aspek teknis pada penelitian ini meliputi perhitungan emisi GRK dan membuat proyeksi emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan menggunakan skenario *Business as Usual* (BAU). Perhitungan estimasi emisi GRK sektor transportasi berdasarkan jumlah kendaraan dan rata-rata jarak tempuh, sedangkan perhitungan estimasi emisi GRK dari sektor persampahan berdasarkan dari tipe pengelolaan/pembuangan yaitu pengolahan sampah di TPA, pengolahan secara biologi kompos, pembakaran terbuka dan sampah tidak terkelola.

4.1.1 Inventarisasi Sektor Transportasi

Perhitungan emisi GRK sektor transportasi menggunakan pendekatan berdasarkan jumlah kendaraan dan rata-rata jarak tempuhnya untuk menurunkan tingkat emisi CO₂ pada kegiatan transportasi dalam bentuk konsumsi bahan bakar kendaraan. Dalam proses menginventarisasi emisi sektor transportasi perlu dilakukan beberapa hal yaitu mengumpulkan data-data historis, membuat proyeksi dari data historis, menghitung jumlah kendaraan dari wisatawan, menghitung panjang perjalanan kendaraan tahunan, menghitung rata-rata konsumsi bahan bakar dan menghitung emisi CO₂ skenario BAU.

4.1.1.1 Data-Data Historis

Langkah awal yang dilakukan dalam melakukan inventarisasi emisi sektor transportasi di Kota Batu ialah mengumpulkan data-data historis yang diperlukan dalam perhitungan emisi CO₂ sektor transportasi. Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung emisi GRK sektor transportasi yaitu:

a. Kendaraan

Tingkat kenaikan emisi CO₂ sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan kendaraan bermotor. Pertumbuhan kendaraan bermotor yang sangat tinggi, memerlukan kontrol polusi yang lebih besar. Data jumlah kendaraan mulai tahun 2010-2015 didapatkan dari SAMSAT Kota Batu (Tabel 4.1). Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat kenaikan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Kenaikan jumlah kendaraan sepeda motor yang paling besar dibandingkan dengan moda lainnya.

Tabel 4.1 Jumlah Kendaraan Kota Batu

Tahun	Kendaraan				
	Mobil	Bus	Truk	Motor	Total
2010	7.063	67	3.780	47.113	58.023
2011	7.910	75	4.234	52.767	64.986
2012	8.891	88	4.958	68.839	82.776
2013	10.750	100	5.425	99.185	115.460
2014	12.040	112	6.076	111.087	129.315
2015	13.485	125	6.805	124.418	144.833

Sumber : SAMSAT Kota Batu, 2016

b. Produk Domestik Bruto (PDB)

Nilai PDB/kapita digunakan untuk memperkirakan jumlah kendaraan karena daya beli PDB menggambarkan kemampuan penduduk untuk membeli kendaraan bermotor. Data nilai PDB Kota Batu tahun 2010-2015 didapatkan dari BPS Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.2. Asumsi dari BPS angka pertumbuhan PDB yaitu sebesar 4.5% per tahun, berdasarkan data kondisi ekonomi beberapa tahun terakhir ini (Kemenhub, 2010).

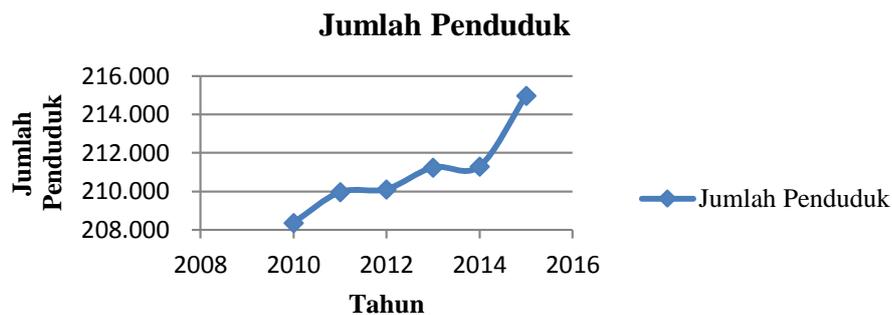
Tabel 4.2 Nilai PDB/Kapita Kota Batu

Tahun	PDB/Kapita (Ribuan Rupiah)
2010	24.090
2011	37.940
2012	41.497
2013	46.271
2014	51.612
2015	57.408

Sumber : BPS Kota Batu, 2016

c. Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk sangat penting untuk memperkirakan jumlah kendaraan yang disebabkan oleh korelasi positifnya. Jumlah penduduk dihitung berdasarkan pendataan dan dilakukan secara rutin dalam jangka waktu tertentu, umumnya setiap 10 tahun. Data mengenai total jumlah penduduk Kota Batu tahun 2010-2015 didapatkan dari BPS Kota Batu dapat dilihat pada Gambar 4.1. Grafik tersebut menunjukkan bahwa perkembangan populasi penduduk Kota Batu meningkat secara linear.



Gambar 4.1 Grafik Jumlah Penduduk Kota Batu
(Sumber: BPS, 2016)

d. Kepemilikan kendaraan

Kepemilikan kendaraan dihitung dengan membagi jumlah kendaraan dengan jumlah penduduk. Setiap jenis kepemilikan kendaraan dihitung dari tahun 2010-2015, sebagai dasar data untuk memproyeksikan kendaraan (Tabel 4.3). Data kendaraan dan populasi berasal dari BPS Kota Batu.

Contoh perhitungan kepemilikan kendaraan mobil tahun 2010 :

Jumlah mobil = 7.063 unit

Jumlah penduduk = 208.366 kapita

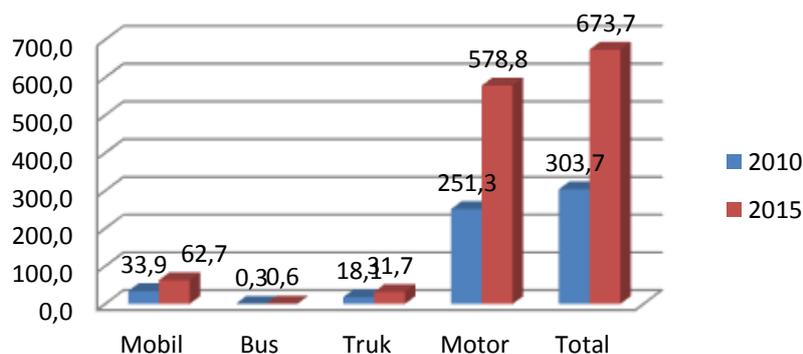
$$\begin{aligned} \text{Kepemilikan mobil} &= \text{Jumlah mobil} / \text{Jumlah penduduk} / 1000 \\ &= 7.063 / 208.366 / 1000 \\ &= 33,9 \text{ Mobil} / 1000 \text{ kapita} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2015 dan jenis kendaraan bus, truk, serta motor.

Tabel 4.3 Kendaraan/Kapita dan PDB/Kapita

Tahun	Mobil/1000 kapita	Bus/1000 kapita	Truk/1000 kapita	Motor/1000 kapita
2010	33,9	0,3	18,1	226,1
2011	37,7	0,4	20,2	251,3
2012	42,3	0,4	23,6	327,6
2013	50,9	0,5	25,7	469,5
2014	57,0	0,5	28,8	525,7
2015	62,7	0,6	31,7	578,8

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Data Kepemilikan Kendaraan Kota Batu

Perbandingan data kepemilikan kendaraan pada tahun 2010 dan 2015 untuk setiap kendaraan ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Grafik tersebut menunjukkan bahwa selama 6 tahun terakhir, kepemilikan kendaraan meningkat sampai 0,7-1,3. Kepemilikan mobil meningkat 0,9, bus 0,8, motor 1,3 dan truk 0,7.

e. Kunjungan wisatawan

Komitmen dan konsistensi Pemerintah Kota Batu dalam mengemban visi dan misi pengembangan pariwisata berbasis agropolitan tersebut telah mebuahkan hasil dengan semakin meningkatnya kunjungan wisatawan, berkembangnya agrobisnis, serta semakin dikenalnya Kota Batu di dunia internasional. Data Tabel 4.4 menunjukkan data kunjungan wisatawan di Kota Batu tahun 2010-2015. Kunjungan wisatawan di Kota Batu mengalami peningkatan setiap tahunnya, tercatat pada Tahun 2015 kunjungan wisatawan meningkat kembali menjadi 2.249.201 wisatawan dan meningkat sebesar 7,67% dibandingkan tahun sebelumnya.

Tabel 4.4 Kunjungan Wisatawan di Kota Batu

Tahun	Kunjungan Wisatawan (orang)
2010	2.140.866
2011	1.961.559
2012	1.603.441
2013	1.881.446
2014	2.089.022
2015	2.249.201

Sumber : BPS Kota Batu, 2016

4.1.1.2 Pola Proyeksi

Setelah diperoleh data-data historis untuk perhitungan emisi GRK sektor transportasi pada tahun dasar, maka tahap selanjutnya adalah memperkirakan (proyeksi) data-data tersebut untuk masa yang akan datang (tahun 2016 – 2030). Proyeksi data-data historis di masa mendatang dengan menggunakan skenario *Business As Usual* (BAU) atau tidak ada perubahan kebijakan yang akan terjadi. Pola proyeksi untuk data-data historis untuk perhitungan emisi GRK sektor transportasi sebagai berikut:

a. Proyeksi PDB/kapita

Proyeksi PDB/kapita menggunakan asumsi pertumbuhan tahunan dari BPS sebesar 4,5% dan bernilai konstan selama 20 tahun berikutnya. Contoh perhitungan proyeksi PDB/Kapita tahun 2016:

$$\text{Pertumbuhan PDB} = 4,5\% = 0,045$$

$$\text{PDB tahun 2015} = 57.408 \text{ ribu rupiah}$$

$$\text{PDB tahun 2016} = \text{PDB tahun 2015} (1 + \text{Pertumbuhan PDB})^{2016-2015}$$

$$= 57.408 (1 + 0,045)^{2016-2015}$$

$$= 59.991 \text{ ribu rupiah}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030. Tabel 4.5 menunjukkan nilai proyeksi PDB/kapita Kota Batu untuk tahun 2016-2030. PDB/kapita pada tahun 2030 adalah sekitar Rp 111.101.000, yang berarti dua kali lipat dibanding tahun 2016.

Tabel 4.5 Proyeksi PDB/kapita

Tahun	PDRB/Kapita (Ribu Rupiah)
2015	57.408
2016	59.991
2017	62.691
2018	65.512
2019	68.460
2020	71.541
2021	74.760
2022	78.124
2023	81.640
2024	85.314
2025	89.153
2026	93.165
2027	97.357
2028	101.738
2029	106.316
2030	111.101

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

b. Proyeksi kepemilikan kendaraan

Berdasarkan skenario BAU hubungan antara PDB/kapita dan kepemilikan kendaraan untuk setiap jenis kendaraan dihitung menggunakan model regresi linier. Untuk setiap jenis kendaraan, korelasi dibuat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Grafik tersebut menunjukkan korelasi yang tinggi antara dua variabel (koefisien korelasi, $R^2 > 0,9$).

Persamaan untuk setiap jenis kendaraan dapat digunakan untuk merumuskan kendaraan/kapita dimasa mendatang. Kepemilikan kendaraan/kapita tahun 2016-2030 dapat dihitung menggunakan proyeksi PDB/kapita di masa mendatang. Contoh perhitungan kepemilikan mobil tahun 2016:

Persamaan dari grafik korelasi antara mobil/1000 vs. PDB/kapita ialah $y = 977,0 x - 3188$. Dimana y = kepemilikan mobil dan x = PDB/kapita.

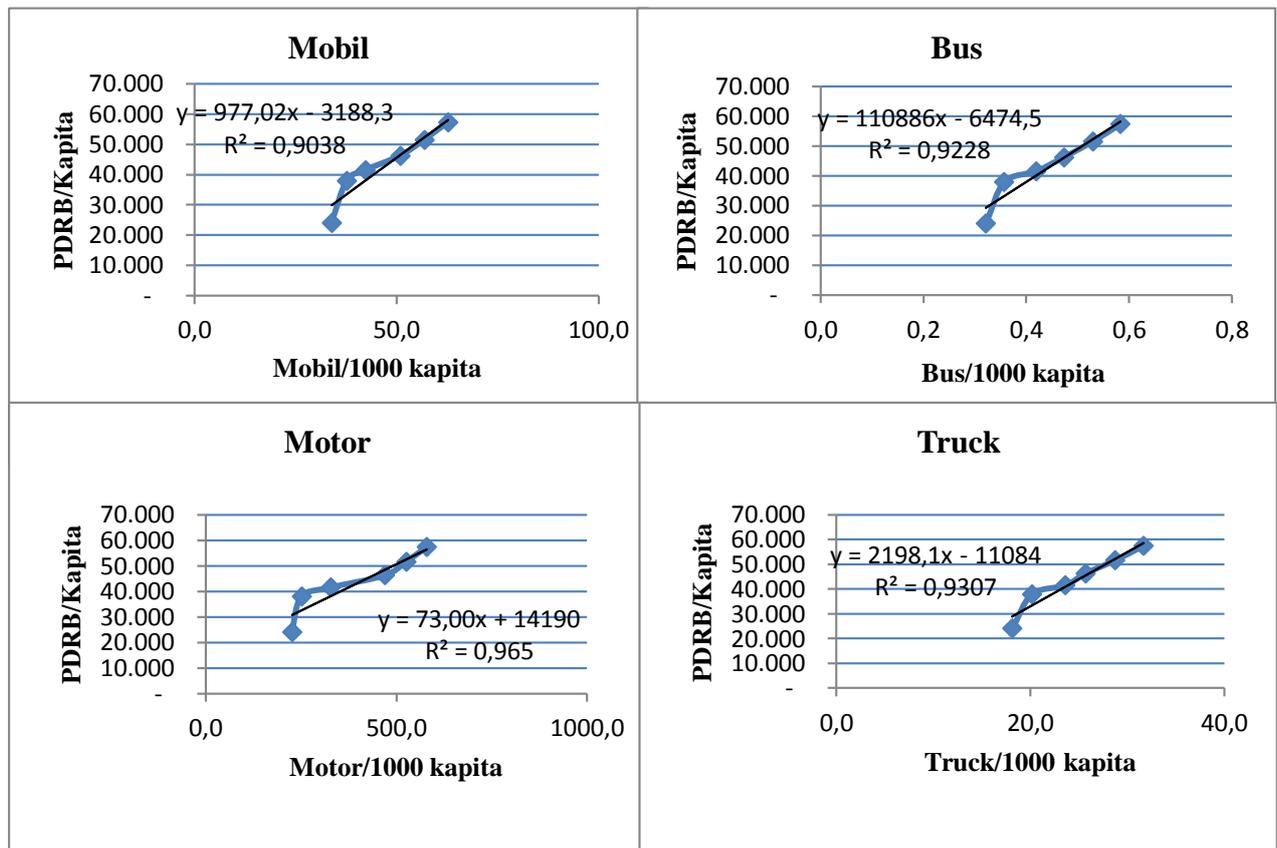
PDB/kapita tahun 2016 = 59.991 ribu rupiah

Kepemilikan mobil tahun 2016 = $(977,0 \times 59.991) - 3188$

= 64,7 mobil/1000 kapita

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030 dan jenis kendaraan bus, truk, serta motor. Tabel 4.6 menunjukkan proyeksi kepemilikan kendaraan Kota Batu tahun 2016-2030. Pada tahun 2030 terdapat

117,0/1000 kapita untuk mobil, 1,06/1000 kapita untuk bus, 55,6/1000 kapita untuk sepeda motor dan 1327,5/1000 kapita untuk truk, dengan jumlah 1739,3 kendaraan/1000 kapita.



Gambar 4.3 Grafik Korelasi antara kendaraan/1000 vs. PDB/kapita

Tabel 4.6 Proyeksi Kepemilikan Kendaraan KotaBatu

Tahun	Mobil/1000 kapita	Bus/1000 kapita	Truk/1000 kapita	Motor/1000 kapita
2016	64,7	0,60	32,3	627,4
2017	67,4	0,62	33,6	664,4
2018	70,3	0,65	34,8	703,0
2019	73,3	0,68	36,2	743,4
2020	76,5	0,70	37,6	785,6
2021	79,8	0,73	39,1	829,7
2022	83,2	0,76	40,6	875,8
2023	86,8	0,79	42,2	924,0
2024	90,6	0,83	43,9	974,3
2025	94,5	0,86	45,6	1026,9
2026	98,6	0,90	47,4	1081,8
2027	102,9	0,94	49,3	1139,3
2028	107,4	0,98	51,3	1199,3
2029	112,1	1,02	53,4	1262,0
2030	117,0	1,06	55,6	1327,5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

c. Proyeksi jumlah penduduk

Angka pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Batu sesuai dengan RPJPD Kota Batu tahun 2005-2025 sebesar 0,76% per tahun. Contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk tahun 2016:

$$\begin{aligned}\text{Pertumbuhan jumlah penduduk} &= 0,76\% = 0,00076 \\ \text{Jumlah penduduk tahun 2015} &= 214.969 \text{ orang} \\ \text{Jumlah penduduk tahun 2016} &= \text{Jumlah penduduk tahun 2015} (1 + \text{Jumlah} \\ &\quad \text{penduduk tahun 2016})^{2016-2015} \\ &= 592,49 (1+0,00076)^{2016-2015} \\ &= 2166.036 \text{ orang}\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030. Tabel 4.7 menunjukkan proyeksi jumlah penduduk Kota Batu tahun 2010-2016. Proyeksi tahun 2030 jumlah penduduk Kota Batu mencapai 240.823 orang yang berarti terdapat peningkatan jumlah penduduk 0,11 dari sebelumnya di tahun 2016.

Tabel 4.7 Proyeksi Jumlah Penduduk KotaBatu

Tahun	Jumlah Penduduk
2016	216603
2017	218249
2018	219908
2019	221579
2020	223263
2021	224960
2022	226669
2023	228392
2024	230128
2025	231877
2026	233639
2027	235415
2028	237204
2029	239007
2030	240823

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

d. Proyeksi populasi kendaraan dari kepemilikan kendaraan

Proyeksi populasi kendaraan dari kepemilikan kendaraan dihitung dari proyeksi kepemilikan kendaraan/1000kapita dikalikan dengan proyeksi jumlah penduduk. Contoh perhitungan populasi mobil tahun 2016:

Kepemilikan mobil= 64,7 mobil/1000 kapita

Jumlah penduduk = 216.603 orang = 0,216 juta orang

Populasi mobil = Kepemilikan mobil x Jumlah penduduk x 1000

= 64,7 mobil/1000 kapita x 0,216 juta orang x 1000

= 14.007 mobil

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030 dan jenis kendaraan bus, truk, serta motor. Tabel 4.8 menunjukkan populasi kendaraan dari kepemilikan kendaraan di Kota Batu untuk tahun 2016-2030. Proyeksi populasi pada tahun 2030 terdapat 28.171 mobil, 255 bus, 13.387 truk, dan 319.703 motor. Terjadi peningkatan populasi kendaraan dari kepemilikan kendaraan dari tahun 2016 mobil meningkat 1,3, bus 1,3, truk 1,2 dan motor 1,8.

Tabel 4.8 Proyeksi Populasi Kendaraan Kota Batu dari Kepemilikan Kendaraan

Tahun	Populasi Mobil	Populasi Bus	Populasi Truk	Populasi Motor	Total
2016	14.007	130	7.004	135.900	157.041
2017	14.716	136	7.325	145.004	167.182
2018	15.463	143	7.663	154.604	177.874
2019	16.249	150	8.019	164.728	189.146
2020	17.077	157	8.393	175.402	201.028
2021	17.948	165	8.786	186.655	213.554
2022	18.865	173	9.200	198.520	226.758
2023	19.830	181	9.635	211.028	240.674
2024	20.846	191	10.093	224.213	255.343
2025	21.916	200	10.574	238.112	270.802
2026	23.042	210	11.081	252.762	287.094
2027	24.227	220	11.614	268.202	304.264
2028	25.475	231	12.176	284.477	322.358
2029	26.788	243	12.766	301.628	341.425
2030	28.171	255	13.387	319.703	361.517

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

e. Proyeksi kunjungan wisatawan

Proyeksi kunjungan wisatawan dihitung menggunakan metode aritmatik yang mengasumsikan bahwa jumlah kunjungan wisatawan pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Perhitungan jumlah kunjungan wisatawan menggunakan konstanta aritmatik 141.311 orang/tahun yang didapatkan dari perhitungan data kunjungan wisata tahun 2010-2015.

Contoh perhitungan jumlah kunjungan wisatawan tahun 2016:

Jumlah kunjungan wisatawan tahun 2015 = 2.249.201 orang

Konstanta aritmatik = 141.311 orang/tahun

Jumlah kunjungan wisatawan tahun 2016

= Jumlah kunjungan wisatawan tahun 2015 + Konstanta aritmatik (tahun 2016 tahun 2015)

= 2.249.201 orang + 141.311 orang/tahun (2016-2015)

= 2.390.512 orang

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030. Tabel 4.9 menunjukkan jumlah kunjungan wisatawan di Kota Batu untuk tahun 2016-2030. Proyeksi tahun 2030 kunjungan wisatawan Kota Batu mencapai 4.368.866 orang yang berarti terdapat peningkatan jumlah kunjungan wisata 3,34% dari sebelumnya di tahun 2016.

Tabel 4.9 Proyeksi Jumlah Kunjungan Wisatawan di Kota Batu

Tahun	Jumlah Kunjungan Wisatawan (orang)
2016	2.390.512
2017	2.531.823
2018	2.673.134
2019	2.814.445
2020	2.955.756
2021	3.097.067
2022	3.238.378
2023	3.379.689
2024	3.521.000
2025	3.662.311
2026	3.803.622
2027	3.944.933
2028	4.086.244
2029	4.227.555
2030	4.368.866

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

4.1.1.3 Populasi Kendaraan dari Kunjungan Wisatawan

Perkembangan pariwisata di Kota Batu memiliki pertumbuhan wisatawan yang sangat cepat dalam beberapa tahun terakhir. Berkembangnya sektor pariwisata berkaitan dengan adanya perkembangan jumlah transportasi yang meningkat. Hal ini menyebabkan kepadatan lalu lintas Kota Batu dikarenakan bertambahnya jumlah kunjungan wisatawan di Kota Batu. Perhitungan populasi kendaraan dari kunjungan wisatawan menggunakan beberapa asumsi dari penelitian sebelumnya, yaitu:

- Populasi kendaraan hasil *traffic counting* di Kota Batu.

Tabel 4.10 *Traffic Counting* di Kota Batu

Kendaraan	Jumlah	%
Sepeda Motor	531	27
Mobil Bensin	1211	62
Mobil Solar	88	5
Truk	38	2
Bus	85	4
Total	1953	100

Sumber : Amalia dan Syafei, 2017

- Estimasi kapasitas kendaraan (Fransisco, 2010)
 - a. Sepeda Motor = 2 orang
 - b. Mobil = 4 orang
 - c. Bus = 40 orang

Tabel 4.11 Populasi Kendaraan dari Kunjungan Wisatawan di Kota Batu

Tahun	Kunjungan Wisata	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Bus	Total
2010	2140866	291039	331873	24116	2329	649358
2011	1961559	266664	304077	22096	2134	594971
2012	1603441	217979	248562	18062	1745	486348
2013	1881446	255773	291658	21194	2047	570672
2014	2089022	283991	323836	23532	2273	633633
2015	2249201	305767	348666	25337	2447	682217
2016	2390512	324977	370572	26928	2601	725079
2017	2531823	344188	392478	28520	2755	767941
2018	2673134	363398	414384	30112	2909	810803
2019	2814445	382609	436289	31704	3062	853665
2020	2955756	401819	458195	33296	3216	896526
2021	3097067	421030	480101	34888	3370	939388
2022	3238378	440240	502007	36479	3524	982250
2023	3379689	459451	523912	38071	3677	1025112
2024	3521000	478661	545818	39663	3831	1067974
2025	3662311	497872	567724	41255	3985	1110835
2026	3803622	517082	589630	42847	4139	1153697
2027	3944933	536293	611535	44439	4292	1196559
2028	4086244	555503	633441	46030	4446	1239421
2029	4227555	574714	655347	47622	4600	1282283
2030	4368866	593924	677253	49214	4754	1325144

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Contoh perhitungan jumlah kendaraan dari kunjungan wisatawan untuk sepeda motor tahun 2010:

Jumlah kunjungan wisata = 2140866 orang

Populasi sepeda motor = 27% = 0,27

Estimasi kapasitas sepeda motor = 2 orang

Jumlah motor

= Jumlah kunjungan wisata x Populasi sepeda motor / Estimasi kapasitas sepeda motor

$$= 2140866 \text{ orang} \times 0,27 / 2 \text{ orang}$$

$$= 291039 \text{ unit}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030 dan jenis kendaraan lainnya. Hasil perhitungan dari jumlah kendaraan dari kunjungan wisatawan ditunjukkan pada Tabel 4.11. Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat populasi mobil bensin lebih besar dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya dikarenakan jumlah kendaraan mobil bensin lebih besar digunakan di dalam Kota Batu untuk mengunjungi tempat wisata.

4.1.1.4 Panjang Perjalanan Kendaraan Tahunan

Panjang perjalanan kendaraan tahunan adalah jarak tempuh rata-rata dari setiap kendaraan dalam satu tahun, dimana setiap kendaraan mempunyai karakteristik jarak tahunan yang berbeda. Jarak tempuh kendaraan secara langsung menunjukkan kebutuhan konsumsi bahan bakar dan juga emisi CO₂ yang dihasilkan oleh pembakaran per liter konsumsi bahan bakar. Semakin tinggi jarak tempuh (km) kendaraan per tahun, semakin banyak juga jumlah konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan disertai peningkatan emisi CO₂. Perhitungan panjang perjalanan kendaraan tahunan menggunakan Persamaan 4.1 sampai 4.4 (Kemenhub, 2010).

$$\text{Mobil} = \text{Populasi Mobil} \times T_{Lc} \times OD_{\text{Trip}} \times \text{Daily}_{O-D} \times \text{Day}_{\text{per year}} \quad (4.1)$$

$$\text{Motor} = \text{Populasi Motor} \times T_{Lm} \times OD_{\text{Trip}} \times \text{Daily}_{O-D} \times \text{Day}_{\text{per year}} \quad (4.2)$$

$$\text{Bus} = \text{Populasi Bus} \times T_{LB} \times OD_{\text{Trip}} \times \text{Daily}_{O-D} \times \text{Day}_{\text{per year}} \quad (4.3)$$

$$\text{Truk} = \text{Populasi Truk} \times T_{LT} \times \text{Daily}_{RTT} \times RTT_{\text{Trip}} \times SO \times SGO \times \text{Day}_{\text{per year}} \quad (4.4)$$

Keterangan:

Mobil = Panjang perjalanan mobil tahunan

Motor = Panjang perjalanan motor tahunan

Bus = Panjang perjalanan bus tahunan

Truk = Panjang perjalanan truk tahunan

Populasi Mobil = Jumlah mobil tahunan

Populasi Motor = Jumlah motor tahunan

Populasi Bus	= Jumlah bus tahunan
Populasi Truk	= Jumlah truk tahunan
T_{LC}	= Rata-rata panjang perjalanan mobil
T_{LM}	= Rata-rata panjang perjalanan motor
T_{LB}	= Rata-rata panjang perjalanan bus
T_{LT}	= Rata-rata panjang perjalanan truk
OD_{Trip}	= Trip rata-rata kendaraan
$Daily_{O-D}$	= Trip rata-rata harian
$Day_{per\ year}$	= Waktu operasional dalam satu tahun

Dalam perhitungan panjang perjalanan kendaraan tahunan menggunakan beberapa asumsi dan data sekunder dari ahli dan dari survei JABODETABEK pada tahun 2004 yang dilakukan oleh JICA untuk menemukan rata-rata jarak tempuh tahunan kendaraan (Kemenhub, 2010). Asumsi-asumsi yang digunakan yaitu:

- Rata-rata panjang perjalanan penumpang (T vehicle)
 - a. Kendaraan Pribadi = 7,36 km/perjalanan (T_{LC})
 - b. Sepeda Motor = 4,9 km/perjalanan (T_{LM})
 - c. Bus = 13,3 km/perjalanan (T_{LB})
 - d. Truk = 9,2 km/perjalanan (T_{LT})
- Jumlah perjalanan per hari (RTT) = 3 perjalanan/ hari
- Shift operasi bus kota = 67%
- Trip rata-rata
 - 1,5 per O-D
 - 2 O-D day
- Operasional Kendaraan
 - a. Siap dioperasikan (SO)
 - Bus = 70%
 - Truk = 60%
 - b. Siap digunakan untuk pengoperasian (SGO)
 - Bus = 70%

Truk = 60%

c. Waktu Operasional

Sepeda Motor = 26 hari/bulan = 312 hari/tahun

Mobil Pribadi = 26 hari/bulan = 312 hari/tahun

Bus = 25 hari/bulan = 300hari/tahun

Truk = 25 hari/bulan = 300 hari/tahun

d. Pergantian Operasional bus perkotaan = 26%

Tabel 4.12 Rata-Rata Perjalanan Tahunan Kendaraan Kota Batu (km) dari Kepemilikan Kendaraan

Tahun	Mobil	Bus	Motor	Truk
2010	48.653.280	1.052.612	216.080.865	7.512.326
2011	54.491.674	1.178.925	242.010.569	8.413.805
2012	61.249.743	1.383.272	315.723.190	9.852.538
2013	74.056.320	1.571.900	454.902.084	10.780.560
2014	82.943.078	1.760.528	509.490.334	12.074.227
2015	92.896.248	1.971.792	570.629.174	13.523.134
2016	96.493.557	2.040.944	623.291.835	13.918.645
2017	101.381.348	2.139.982	665.045.957	14.557.108
2018	106.526.230	2.244.195	709.077.170	15.228.624
2019	111.941.803	2.353.856	755.506.534	15.934.938
2020	117.642.383	2.469.253	804.461.520	16.677.886
2021	123.643.046	2.590.689	856.076.354	17.459.403
2022	129.959.668	2.718.483	910.492.371	18.281.523
2023	136.608.961	2.852.973	967.858.393	19.146.391
2024	143.608.525	2.994.510	1.028.331.122	20.056.265
2025	150.976.891	3.143.469	1.092.075.566	21.013.520
2026	158.733.571	3.300.241	1.159.265.466	22.020.659
2027	166.899.108	3.465.240	1.230.083.772	23.080.318
2028	175.495.136	3.638.900	1.304.723.117	24.195.271
2029	184.544.431	3.821.679	1.383.386.343	25.368.438
2030	194.070.976	4.014.060	1.466.287.030	26.602.896

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.13 Rata-Rata Perjalanan Tahunan Kendaraan Kota Batu (km) dari Kunjungan Wisatawan

Tahun	Mobil Bensin	Mobil Solar	Bus	Motor
2010	2.286.257.044	166.135.937	36.616.025	1.334.823.045
2011	2.094.772.901	152.221.317	33.549.271	1.223.025.709
2012	1.712.334.299	124.430.568	27.424.246	999.740.291
2013	2.009.219.246	146.004.371	32.179.069	1.173.075.512
2014	2.230.892.201	162.112.728	35.729.318	1.302.498.478
2015	2.401.949.319	174.542.973	38.468.919	1.402.369.568
2016	2.552.857.068	185.509.019	40.885.814	1.490.476.521
2017	2.703.764.817	196.475.065	43.302.708	1.578.583.473
2018	2.854.672.566	207.441.111	45.719.602	1.666.690.426
2019	3.005.580.315	218.407.158	48.136.497	1.754.797.379
2020	3.156.488.064	229.373.204	50.553.391	1.842.904.331
2021	3.307.395.813	240.339.250	52.970.286	1.931.011.284
2022	3.458.303.562	251.305.296	55.387.180	2.019.118.237
2023	3.609.211.312	262.271.342	57.804.075	2.107.225.189
2024	3.760.119.061	273.237.388	60.220.969	2.195.332.142
2025	3.911.026.810	284.203.435	62.637.864	2.283.439.095
2026	4.061.934.559	295.169.481	65.054.758	2.371.546.047
2027	4.212.842.308	306.135.527	67.471.653	2.459.653.000
2028	4.363.750.057	317.101.573	69.888.547	2.547.759.953
2029	4.514.657.806	328.067.619	72.305.441	2.635.866.905
2030	4.665.565.555	339.033.665	74.722.336	2.723.973.858

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Contoh perhitungan panjang perjalanan kendaraan tahunan dari mobil untuk tahun 2010:

Populasi mobil = 7.063 mobil

T_{LC} = 7,36 km/perjalanan

OD_{Trip} = 1,5 per O-D

$Daily_{(O-D)}$ = 2 O-D day

$Day_{(per\ year)}$ = 312 hari/tahun

Panjang perjalanan mobil

= Populasi mobil x T_{LC} x OD_{Trip} x $Daily_{O-D}$ x $Day_{per\ year}$

= 7.063 x 7,36 x 1,5 x 2 x 312

= 48.653.280 km

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030 pada jenis kendaraan lainnya dan pada populasi kendaraan dari kunjungan wisatawan. Hasil perhitungan dari rata-rata panjang perjalanan tahunan kendaraan ditunjukkan pada

Tabel 4.12 untuk kepemilikan kendaraan dan Tabel 4.13 untuk populasi kendaraan dari kunjungan wisatawan. Selama perhitungan, jumlah ini masih konstan sampai tahun 2030. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata perjalanan tahunan pada mobil, bus dan sepeda motor cukup logis. Namun rata-rata perjalanan tahunan truk harus diklarifikasi dengan beberapa data logistik pendukung yang mewakili situasi Kota Batu.

4.1.1.4 Rata-Rata Konsumsi Bahan Bakar

Nilai rata-rata konsumsi bahan bakar menggambarkan konversi jumlah jarak tempuh ke jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan dengan satuan km/l atau l/100 km. Dengan mengetahui nilai rata-rata konsumsi bahan bakar kendaraan, efisiensi kendaraan dapat tergambarkan. Semakin tinggi tingkat efisiensi kendaraan, semakin rendah tingkat polutan CO₂ yang dihasilkan dari bahan bakar yang digunakan.

$$\text{Rata – rata konsumsi bahan bakar} = \frac{\text{Panjang perjalanan tahunan}}{\text{Rata–rata konsumsi kendaraan}} \quad (4.5)$$

Perhitungan rata-rata konsumsi bahan bakar didapatkan dengan membagi nilai panjang perjalanan kendaraan tahunan dengan rata-rata konsumsi kendaraan (Persamaan 3.4). Dalam perhitungan rata-rata konsumsi tahunan setiap jenis kendaraan bahan bakar menggunakan beberapa asumsi konsumsi bahan bakar dan asumsi hasil konsumsi bahan bakar. Diasumsikan bahwa semua mobil dan sepeda motor menggunakan bahan bakar bensin, sedangkan bus dan truk menggunakan solar sebagai bahan bakarnya (Kemenhub, 2010). Asumsi konsumsi bahan bakar rata-rata yang digunakan yaitu:

- a. Mobil penumpang = 7,8 km/liter Bensin
- b. Sepeda Motor = 21,5 km/liter Bensin
- c. Bus = 5,5 km/liter Solar
- d. Truk = 4,5 km/liter Solar
- e. Bus kecil = 7,5 - 9 km/liter Solar
- f. Bus sedang = 5 km/liter Solar

g. Bus besar = 3 – 3,6 km/liter Solar

h. Bus Lainnya = 5,5 km/liter Solar

Contoh perhitungan rata-rata konsumsi bahan bakar dari mobil tahun 2010:

Panjang perjalanan mobil tahunan = 48.653.280 km

Konsumsi bahan bakar mobil = 7,8 km/liter Bensin

Rata-rata konsumsi bahan bakar mobil

= Panjang perjalanan mobil tahunan / Konsumsi bahan bakar mobil

= 48.653.280 km / 7,8 km/liter bensin

= 6.237.600 liter bensin

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

Tabel 4.14 Rata-Rata Konsumsi Bahan bakar Kota Batu (liter) dari Kepemilikan Kendaraan

Tahun	Mobil	Bus	Motor	Truk	Total Solar	Total Bensin
2010	6.237.600	191.384	10.050.273	1.669.406	1.860.790	16.287.873
2011	6.986.112	214.350	11.256.306	1.869.734	2.084.084	18.242.418
2012	7.852.531	251.504	14.684.800	2.189.453	2.440.957	22.537.331
2013	9.494.400	285.800	21.158.236	2.395.680	2.681.480	30.652.636
2014	10.633.728	320.096	23.697.225	2.683.162	3.003.258	34.330.953
2015	11.909.775	358.508	26.540.892	3.005.141	3.363.649	38.450.667
2016	12.370.969	371.081	28.990.318	3.093.032	3.464.113	41.361.287
2017	12.997.609	389.088	30.932.370	3.234.913	3.624.000	43.929.979
2018	13.657.209	408.035	32.980.334	3.384.139	3.792.174	46.637.543
2019	14.351.513	427.974	35.139.839	3.541.097	3.969.071	49.491.352
2020	15.082.357	448.955	37.416.815	3.706.197	4.155.152	52.499.172
2021	15.851.673	471.034	39.817.505	3.879.867	4.350.902	55.669.177
2022	16.661.496	494.270	42.348.482	4.062.561	4.556.830	59.009.978
2023	17.513.969	518.722	45.016.669	4.254.754	4.773.476	62.530.639
2024	18.411.349	544.456	47.829.355	4.456.948	5.001.404	66.240.704
2025	19.356.012	571.540	50.794.212	4.669.671	5.241.211	70.150.224
2026	20.350.458	600.044	53.919.324	4.893.480	5.493.524	74.269.782
2027	21.397.322	630.044	57.213.199	5.128.960	5.759.003	78.610.520
2028	22.499.376	661.618	60.684.796	5.376.727	6.038.345	83.184.173
2029	23.659.542	694.851	64.343.551	5.637.431	6.332.281	88.003.093
2030	24.880.894	729.829	68.199.397	5.911.755	6.641.584	93.080.291

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.15 Rata-Rata Konsumsi Bahan bakar Kota Batu (liter) dari Kunjungan Wisatawan

Tahun	Mobil Bensin	Mobil Solar	Bus	Motor	Total Solar	Total Bensin
2010	293.109.877	21.299.479	6.657.459	62.084.793	27.956.938	355.194.670
2011	268.560.628	19.515.554	6.099.868	56.884.917	25.615.421	325.445.545
2012	219.530.038	15.952.637	4.986.227	46.499.548	20.938.864	266.029.587
2013	257.592.211	18.718.509	5.850.740	54.561.652	24.569.249	312.153.863
2014	286.011.821	20.783.683	6.496.240	60.581.325	27.279.923	346.593.145
2015	307.942.220	22.377.304	6.994.349	65.226.492	29.371.653	373.168.712
2016	327.289.368	23.783.208	7.433.784	69.324.489	31.216.992	396.613.857
2017	346.636.515	25.189.111	7.873.220	73.422.487	33.062.331	420.059.002
2018	365.983.662	26.595.014	8.312.655	77.520.485	34.907.669	443.504.147
2019	385.330.810	28.000.918	8.752.090	81.618.483	36.753.008	466.949.292
2020	404.677.957	29.406.821	9.191.526	85.716.481	38.598.347	490.394.437
2021	424.025.104	30.812.724	9.630.961	89.814.478	40.443.685	513.839.583
2022	443.372.252	32.218.628	10.070.396	93.912.476	42.289.024	537.284.728
2023	462.719.399	33.624.531	10.509.832	98.010.474	44.134.363	560.729.873
2024	482.066.546	35.030.434	10.949.267	102.108.472	45.979.702	584.175.018
2025	501.413.694	36.436.338	11.388.702	106.206.470	47.825.040	607.620.163
2026	520.760.841	37.842.241	11.828.138	110.304.467	49.670.379	631.065.308
2027	540.107.988	39.248.144	12.267.573	114.402.465	51.515.718	654.510.453
2028	559.455.136	40.654.048	12.707.009	118.500.463	53.361.056	677.955.598
2029	578.802.283	42.059.951	13.146.444	122.598.461	55.206.395	701.400.744
2030	598.149.430	43.465.855	13.585.879	126.696.459	57.051.734	724.845.889

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Hasil perhitungan dari rata-rata konsumsi bahan bakar ditunjukkan pada Tabel 4.14 untuk kepemilikan kendaraan dan Tabel 4.15 untuk populasi kendaraan dari kunjungan wisatawan. Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat total konsumsi bahan bakar bensin lebih besar dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar solar dikarenakan jumlah kendaraan motor pada kepemilikan kendaraan dan jumlah kendaraan mobil bensin dari kunjungan wisatawan yang paling besar sehingga membutuhkan konsumsi bahan bakar bensin yang besar pula.

4.1.1.5 Perhitungan Emisi CO₂ Skenario BAU Sektor Transportasi

Perhitungan emisi CO₂ sektor transportasi dilakukan dengan mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Faktor emisi yang digunakan untuk bensin 2,33 kg CO₂/liter dan solar 2,62 kg CO₂/liter (BAPPENAS, 2014). Tabel 4.12 menunjukkan hasil perhitungan emisi CO₂ sekenario BAU di Kota Batu. Contoh perhitungan emisi CO₂ sektor transportasi dari mobil tahun 2010:

Rata-rata konsumsi bahan bakar mobil = 6.237.600 liter
 Faktor emisi bensin = 2,33 kg CO₂/liter

Emisi CO₂ dari mobil

= Rata-rata konsumsi bahan bakar mobil x Faktor emisi bensin

= 6.237.600 liter x 2,33 kg CO₂/liter

= 14.5333.608 kg CO₂

= 14,53 GgCO₂

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

Tabel 4.16 Emisi CO₂ Skenario BAU Sektor Transportasi Kota Batu (Gg CO₂)
 dari Kepemilikan Kendaraan

Tahun	Mobil	Bus	Motor	Truck	Total
2010	14,53	0,50	23,42	4,37	42,83
2011	16,28	0,56	26,23	4,90	47,97
2012	18,30	0,66	34,22	5,74	58,91
2013	22,12	0,75	49,30	6,28	78,45
2014	24,78	0,84	55,21	7,03	87,86
2015	27,75	0,94	61,84	7,87	98,40
2016	28,82	0,97	67,55	8,10	105,45
2017	30,28	1,02	72,07	8,48	111,85
2018	31,82	1,07	76,84	8,87	118,60
2019	33,44	1,12	81,88	9,28	125,71
2020	35,14	1,18	87,18	9,71	133,21
2021	36,93	1,23	92,77	10,17	141,11
2022	38,82	1,29	98,67	10,64	149,43
2023	40,81	1,36	104,89	11,15	158,20
2024	42,90	1,43	111,44	11,68	167,44
2025	45,10	1,50	118,35	12,23	177,18
2026	47,42	1,57	125,63	12,82	187,44
2027	49,86	1,65	133,31	13,44	198,25
2028	52,42	1,73	141,40	14,09	209,64
2029	55,13	1,82	149,92	14,77	221,64
2030	57,97	1,91	158,90	15,49	234,28

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

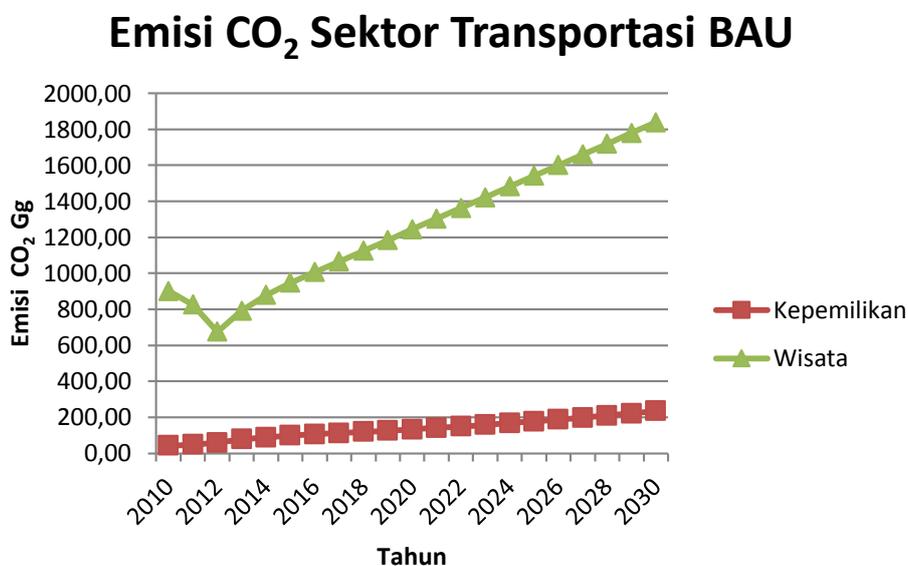
Tabel 4.17 Emisi CO₂ Skenario BAU Sektor Transportasi Kota Batu (Gg CO₂) dari Kunjungan Wisatawan

Tahun	Mobil Bensin	Mobil Solar	Bus	Motor	Total
2010	682,95	55,80	17,44	144,66	900,85
2011	625,75	51,13	15,98	132,54	825,40
2012	511,50	41,80	13,06	108,34	674,71
2013	600,19	49,04	15,33	127,13	791,69
2014	666,41	54,45	17,02	141,15	879,04
2015	717,51	58,63	18,33	151,98	946,44
2016	762,58	62,31	19,48	161,53	1.005,90
2017	807,66	66,00	20,63	171,07	1.065,36
2018	852,74	69,68	21,78	180,62	1.124,82
2019	897,82	73,36	22,93	190,17	1.184,28
2020	942,90	77,05	24,08	199,72	1.243,75
2021	987,98	80,73	25,23	209,27	1.303,21
2022	1.033,06	84,41	26,38	218,82	1.362,67
2023	1.078,14	88,10	27,54	228,36	1.422,13
2024	1.123,22	91,78	28,69	237,91	1.481,59
2025	1.168,29	95,46	29,84	247,46	1.541,06
2026	1.213,37	99,15	30,99	257,01	1.600,52
2027	1.258,45	102,83	32,14	266,56	1.659,98
2028	1.303,53	106,51	33,29	276,11	1.719,44
2029	1.348,61	110,20	34,44	285,65	1.778,90
2030	1.393,69	113,88	35,60	295,20	1.838,37

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Hasil perhitungan dari hasil perhitungan emisi CO₂ skenario BAU dari sektor transportasi ditunjukkan pada Tabel 4.16 untuk kepemilikan kendaraan dan Tabel 4.17 untuk populasi kendaraan dari kunjungan wisatawan. Berdasarkan hasil perhitungan total emisi CO₂ skenario BAU dari sektor transportasi di Kota Batu pada tahun 2030 mencapai 2072,64 Gg CO₂ dengan emisi CO₂ kepemilikan kendaraan 234,28 Gg CO₂ dan kunjungan wisatawan 1838,37 Gg CO₂. Emisi CO₂ pada sektor transportasi di Kota Batu ini lebih kecil dibandingkan Kota Surabaya sebagai ibukota Jawa Timur. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Kusuma (2010) total emisi sektor transportasi Kota Surabaya sebesar 2,18 juta ton/CO₂. Hal ini karena jumlah kendaraan yang ada di Kota Surabaya lebih banyak dibandingkan Kota Batu, sehingga emisi CO₂ juga lebih besar. Gambar 4.4 menunjukkan perkembangan emisi CO₂ sektor transportasi skenario BAU. Perkembangan emisi CO₂ dari kunjungan wisatawan meningkat signifikan terus menerus sementara dari kepemilikan kendaraan dengan tren pertumbuhan yang

bertahap. Hal ini dikarenakan perkembangan pariwisata yang semakin dikembangkan sesuai dengan fungsi pengembangan wilayah Kota Batu.



Gambar 4.4 Grafik emisi CO₂ Sektor Transportasi Skenario BAU

4.1.2 Inventarisasi Sektor Persampahan

Perhitungan emisi GRK sektor persampahan dibagi menjadi 3 berdasarkan tipe pengolahannya yaitu penimbunan limbah padat perkotaan, pengolahan limbah padat secara biologi kompos, dan pembakaran terbuka. Secara umum dalam perhitungan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu sebagian besar data aktivitas dan parameter-parameter menggunakan angka *default* IPCC 2006 karena belum ada hasil penelitian lokal di Kota Batu. Perhitungan tingkat emisi GRK pada sektor persampahan pada penelitian ini disederhanakan dengan menggunakan template dari *worksheet* Ms. Excel yang dikembangkan oleh IPCC 2006.

4.1.2.1 Timbulan Persampahan Kota Batu

Data aktivitas utama yang dibutuhkan dalam perhitungan emisi GRK sektor persampahan adalah jumlah penduduk dan timbulan persampahan per

tahun. Namun Kota Batu tidak memiliki pencatatan data sampah setiap tahun, sehingga untuk memperoleh data jumlah timbulan sampah dihitung berdasarkan jumlah penduduk. Langkah awal perhitungan emisi GRK sektor persampahan adalah proyeksi jumlah penduduk berdasarkan tahun dasar 2010 – 2015 dengan angka pertumbuhan penduduk per tahun Kota Batu yaitu 0,76% sesuai dengan RPJPD Kota Batu tahun 2005-2025. Hasil proyeksi jumlah penduduk dapat dilihat pada Tabel 4.7. Setelah diperoleh proyeksi jumlah penduduk, selanjutnya dihitung jumlah timbulan sampah menggunakan laju pembentukan sampah sebesar 0,13 ton/kapita/tahun sesuai dengan Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu. Timbulan sampah Kota Batu mulai tahun 2010-2030 dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Timbulan Sampah Kota Batu

Tahun	Jumlah Penduduk	Laju pembentukan Sampah ton/kapita/tahun	Timbulan Sampah	
			ton/tahun	Gg/tahun
2010	208.366	0,13	27.087,58	27,09
2011	209.950	0,13	27.293,50	27,29
2012	210.109	0,13	27.314,17	27,31
2013	211.239	0,13	27.461,07	27,46
2014	211.298	0,13	27.468,74	27,47
2015	214.969	0,13	27.945,97	27,95
2016	216.603	0,13	28.158,36	28,16
2017	218.249	0,13	28.372,36	28,37
2018	219.908	0,13	28.587,99	28,59
2019	221.579	0,13	28.805,26	28,81
2020	223.263	0,13	29.024,18	29,02
2021	224.960	0,13	29.244,77	29,24
2022	226.669	0,13	29.467,03	29,47
2023	228.392	0,13	29.690,97	29,69
2024	230.128	0,13	29.916,63	29,92
2025	231.877	0,13	30.143,99	30,14
2026	233.639	0,13	30.373,09	30,37
2027	235.415	0,13	30.603,92	30,60
2028	237.204	0,13	30.836,51	30,84
2029	239.007	0,13	31.070,87	31,07
2030	240.823	0,13	31.307,01	31,31

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Contoh perhitungan timbulan sampah tahun 2010 :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Penduduk} &= 208.366 \text{ kapita} \\
 \text{Laju pembentukan sampah} &= 0,13 \text{ ton/kapita/tahun} \\
 \text{Timbulan sampah} &= \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Timbulan sampah} \\
 &= 208.366 \text{ kapita} \times 0,13 \text{ ton/kapita/tahun} \\
 &= 27.087,58 \text{ ton/tahun} \\
 &= 27,09 \text{ Gg/tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030. Data timbulan sampah tahun 2010 – 2033 ini selanjutnya digunakan sebagai data aktivitas untuk menghitung emisi GRK pada sektor persampahan di Kota Batu. Agar dapat menghitung emisi GRK sesuai dengan tipe pengolahannya maka dibutuhkan data distribusi pengelolaan persampahan yang dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Distribusi Pengelolaan Persampahan Kota Batu

Tipe Pengolahan	Persentase (%)
TPA	35
Kompos	8
Pembakaran Terbuka	28,5
Sampah Tidak Terkelola	28,5
Total	100

Sumber : Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu, 2014

Contoh perhitungan timbulan sampah dengan TPA tahun 2010 :

$$\begin{aligned}
 \text{Timbulan sampah} &= 27,09 \text{ Gg/tahun} \\
 \text{Persentase TPA} &= 35\% = 0,35 \\
 \text{Timbulan sampah ke TPA} &= \text{Timbulan sampah} \times \text{Persentase TPA} \\
 &= 27,09 \text{ Gg/tahun} \times 0,35 \\
 &= 9,48 \text{ Gg/tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030 serta pada jenis pengelolaan persampahan lainnya. Tabel 4.20 merupakan hasil perhitungan timbulan sampah berdasarkan distribusi pengelolaannya. Timbulan sampah untuk setiap pengelolaan persampahan di Kota Batu akan menjadi acuan untuk menghitung emisi GRK sektor persampahan dengan skenario *Business as Usual* (BAU) di Kota Batu.

Tabel 4.20 Timbulan Sampah Kota Batu Berdasarkan Tipe Pengelolaannya

Tahun	Total Timbulan Sampah (Gg/tahun)				Total Timbulan Sampah (Gg/tahun)
	TPA	Kompos	Permbakaran Terbuka	Sampah Tidak Terkelola	
2010	9,48	2,17	7,72	7,72	27,09
2011	9,55	2,18	7,78	7,78	27,29
2012	9,56	2,19	7,78	7,78	27,31
2013	9,61	2,20	7,83	7,83	27,46
2014	9,61	2,20	7,83	7,83	27,47
2015	9,78	2,24	7,96	7,96	27,95
2016	9,86	2,25	8,03	8,03	28,16
2017	9,93	2,27	8,09	8,09	28,37
2018	10,01	2,29	8,15	8,15	28,59
2019	10,08	2,30	8,21	8,21	28,81
2020	10,16	2,32	8,27	8,27	29,02
2021	10,24	2,34	8,33	8,33	29,24
2022	10,31	2,36	8,40	8,40	29,47
2023	10,39	2,38	8,46	8,46	29,69
2024	10,47	2,39	8,53	8,53	29,92
2025	10,55	2,41	8,59	8,59	30,14
2026	10,63	2,43	8,66	8,66	30,37
2027	10,71	2,45	8,72	8,72	30,60
2028	10,79	2,47	8,79	8,79	30,84
2029	10,87	2,49	8,86	8,86	31,07
2030	10,96	2,50	8,92	8,92	31,31

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

4.1.2.2 Perhitungan Emisi GRK dari Penimbunan Limbah Padat Perkotaan

Perhitungan emisi GRK dari penimbunan limbah padat perkotaan meliputi emisi dari TPA dan emisi dari sampah tidak terkelola. Data aktivitas dalam perhitungan emisi GRK sektor persampahan dari penimbunan limbah padat perkotaan menggunakan timbulan sampah setiap tahun yang terdapat pada Tabel 4.20. Parameter-parameter perhitungan emisi GRK dari penimbunan limbah padat perkotaan menggunakan angka *default* IPCC 2006. Dalam perhitungan emisi dari penimbunan limbah padat perkotaan menggunakan *worksheet* IPCC 2006 terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

a. Input paramater

Sebelum menginputkan data parameter, diisi terlebih dahulu tahun dimulainya inventarisasi yaitu tahun 2010. Setelah itu, menginputkan nilai DOC dengan memilih “*waste by composition*” maka angka DOC tersebut secara otomatis akan keluar. Nilai fraksi DOC yang dapat terdekomposisi pada kondisi anaerobik (DOCf) sebesar 0,5. Angka *Methane Generation Rate Constant* (k) secara otomatis akan keluar ketika memilih jenis limbah dan kondisi iklim setempat, dimana pada umumnya Indonesia menggunakan “*Moist and wet tropical*”. Selanjutnya pengisian nilai parameter-parameter dengan angka default IPCC 2006 sebagai berikut:

- *Delay time* diisi dengan 6 bulan (waktu yang dibutuhkan sebelum reaksi penguraian secara anaerobik terjadi).
- Nilai Presentasi Metan (F) menggunakan angka default IPCC 0,5
- Nilai konversion faktor (C) ke CH₄ adalah 1,44 (CH₄/C = 16/12)
- Nilai Faktor oksidasi (OX) menggunakan angka 0 untuk semua tipe tempat pembuangan akhir tanpa ditutup dengan material pengoksidasi

b. Penentuan *Methane Correction Factor* (MCF)

Penentuan faktor koreksi metana atau MCF didasari dari jenis penimbunan limbah padat perkotaan di masing-masing wilayah. Kota Batu memiliki TPA yang termasuk ke dalam sistem *unmanaged shallow* sehingga nilai faktor koreksi metana berdasarkan IPCC 2006 sebesar 0,4 dan nilai distribusi sampah setiap tahunnya diisi 100%. Pada sampah tidak terkelola termasuk dalam penimbunan sampah *uncategorized* sehingga nilai faktor koreksi metana berdasarkan IPCC 2006 sebesar 0,6 dan nilai distribusi sampah setiap tahunnya diisi 100%.

c. Input aktivitas data

Pengisian jumlah timbulan sampah sesuai pada Tabel 4.20 untuk masing-masing distribusi pengelolaan persampahan. Persentasi komposisi untuk perhitungan emisi GRK di TPA menggunakan Tabel 4.21 dan perhitungan emisi GRK sampah tidak terkelola menggunakan Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Komposisi Sampah TPA

Komponen Sampah	Nilai
<i>Food waste</i>	0,7373
<i>Paper/cardboard</i>	0,0342
<i>Nappies</i>	0,052
<i>Garden</i>	0,0711
<i>Wood</i>	0,0094
<i>Textiles</i>	0,0122
<i>Rubber/Leather</i>	0,0054
<i>Plastic</i>	0,0557
<i>Metal</i>	0,0001
<i>Glass</i>	0,012
<i>Other</i>	0,0106
Total	1,00

Sumber : Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu, 2014

Tabel 4.22 Komposisi Sampah TPS

Komponen Sampah	Nilai
<i>Food waste</i>	0,78
<i>Paper/cardboard</i>	0,04
<i>Nappies</i>	0,02
<i>Garden</i>	0,02
<i>Wood</i>	0,03
<i>Textiles</i>	0,01
<i>Rubber/Leather</i>	0,00
<i>Plastic</i>	0,09
<i>Metal</i>	0,00
<i>Glass</i>	0,00
<i>Other</i>	0,01
Total	1,00

Sumber : Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu, 2014

Jumlah timbulan sampah di setiap komponen sampah tersebut didapatkan dari hasil perkalian jumlah timbulan sampah dengan persentase komposisi setiap komponen sampah. *Degradable organic carbon* (DOC) adalah karbon organik dalam sampah yang dapat di degradasi oleh dekomposisi biokimia, dan dinyatakan dalam Gg C/Gg limbah. DOC diperkirakan berdasarkan komposisi sampah dan dapat dihitung dari berat rata-rata karbon yang terdegradasi dari berbagai komponen sampah. Tabel 4.23 menunjukkan nilai DOC untuk

komposisi sampah dari TPA dan Tabel 4.24 menunjukkan nilai DOC untuk komposisi sampah dari TPS.

Tabel 4.23 Nilai DOC dengan Komposisi Sampah TPA

Komponen sampah	Wi	DOi	DOC (Wi x DOi)
<i>Food waste</i>	0,737	0,150	0,111
<i>Paper/cardboard</i>	0,034	0,400	0,014
<i>Wood</i>	0,009	0,430	0,004
<i>Textiles</i>	0,012	0,240	0,003
<i>Rubber/Leather</i>	0,005	0,390	0,002
<i>Plastic</i>	0,056	0,000	0,000
<i>Metal</i>	0,000	0,000	0,000
<i>Glass</i>	0,012	0,000	0,000
<i>Other</i>	0,134	0,000	0,000
Total			0,133

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.24 Nilai DOC dengan Komposisi Sampah TPS

Komponen sampah	Wi	DOi	DOC (Wi x DOi)
<i>Food waste</i>	0,780	0,150	0,117
<i>Paper/cardboard</i>	0,038	0,400	0,015
<i>Wood</i>	0,028	0,430	0,012
<i>Textiles</i>	0,013	0,240	0,003
<i>Rubber/Leather</i>	0,004	0,390	0,002
<i>Plastic</i>	0,085	0,000	0,000
<i>Metal</i>	0,001	0,000	0,000
<i>Glass</i>	0,002	0,000	0,000
<i>Other</i>	0,048	0,000	0,000
Total			0,149

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

d. Perhitungan emisi GRK dari penimbunan limbah padat perkotaan

Emisi GRK dari penimbunan limbah padat perkotaan berupa emisi CH₄ karena proses degradasi sampah dari penimbunan yang menghasilkan emisi CH₄ secara langsung. Perhitungan emisi GRK dari penimbunan limbah padat perkotaan pertahun menggunakan Persamaan 2.3. Contoh perhitungan emisi GRK dari tipe pengelolaan TPA tahun 2030 :

$$\text{MSW} = 10,957 \text{ Gg}$$

$$\text{MCF} = 0,4 \text{ (unmanaged shallow)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DOC dari TPA} &= 0,149 \\
 \text{DOCF} &= 0,5 \\
 \text{F} &= 0,5 \\
 \text{R} &= 0 \text{ (karena tidak ada gas metana yang di recovery)} \\
 \text{OX} &= 0 \text{ (karena tidak ada material penutup)} \\
 \text{Emisi CH}_4 &= (\text{MSW} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCF} \times \text{F} \times 16/12 - \text{R}) \times (1 - \text{OX}) \\
 &= (10,957 \text{ Gg} \times 0,4 \times 0,133 \times 0,5 \times 0,5 \times 16/12 - 0) \times (1 - 0) \\
 &= 0,21 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun} \\
 \text{Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{emisi CH}_4 \times 21 \\
 &= 0,21 \text{ Gg} \times 21 \\
 &= 4,45 \text{ Gg CO}_2\text{-eq}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2010 sampai tahun 2029 serta untuk sampah tidak terkelola. Berdasarkan tahap – tahap perhitungan emisi dari penimbunan limbah padat di Kota Batu, hasil perhitungan tingkat emisi GRK hingga tahun 2030 yang dapat lihat pada Tabel 4.25. Gambar 4.5 menunjukkan emisi GRK yang terbentuk dari limbah padat perkotaan dari nilai emisi terbesar yaitu dari sampah tidak terkelola. Hal ini dikarenakan cakupan wilayah terlayani TPA di Kota Batu masih 35% sehingga wilayah yang tidak terlayani membuang sampah di sembarangan tempat atau melakukan pembakaran jika sudah terlalu lama menumpuk.



Gambar 4.5 Grafik Emisi GRK dari Penimbunan Limbah Padat Perkotaan

Tabel 4.25 Emisi GRK untuk Penimbunan Limbah Padat Perkotaan

Tahun	Emisi GRK dari TPA		Emisi GRK dari Sampah Tidak Terkelola	
	Gg CH ₄	Gg CO ₂ -eq	Gg CH ₄	Gg CO ₂ -eq
2010	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	0,05	1,08	0,06	1,32
2012	0,09	1,85	0,11	2,25
2013	0,11	2,39	0,14	2,89
2014	0,13	2,78	0,16	3,34
2015	0,15	3,06	0,17	3,66
2016	0,16	3,29	0,19	3,91
2017	0,16	3,46	0,20	4,10
2018	0,17	3,60	0,20	4,25
2019	0,18	3,72	0,21	4,38
2020	0,18	3,82	0,21	4,48
2021	0,19	3,91	0,22	4,57
2022	0,19	3,98	0,22	4,64
2023	0,19	4,06	0,22	4,71
2024	0,20	4,12	0,23	4,78
2025	0,20	4,18	0,23	4,84
2026	0,20	4,24	0,23	4,89
2027	0,20	4,29	0,24	4,95
2028	0,21	4,35	0,24	5,00
2029	0,21	4,40	0,24	5,06
2030	0,21	4,45	0,24	5,11

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

4.1.2.3 Perhitungan Emisi GRK dari Pembakaran Terbuka

Tipe pengelolaan persampahan dengan pembakaran terbuka di Kota Batu umumnya dilakukan oleh masyarakat yang tidak dilayani dengan pelayanan sampah ke TPA serta sampah yang terlalu lama tidak diangkut oleh petugas kebersihan. Perhitungan emisi GRK dari pembakaran terbuka dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.5 sampai Persamaan 2.8. Data aktivitas dalam perhitungan emisi pembakaran terbuka ialah presentasi jumlah limbah yang diolah dengan cara dibakar secara terbuka. Diperlukan data komposisi sampah, jumlah populasi yang melakukan pembakaran terbuka, dan jumlah timbulan sampah setiap orang perharinya. Sedangkan faktor emisi didasarkan pada jumlah karbon fosil limbah yang dioksidasi. Dalam perhitungan emisi dari pembakaran terbuka menggunakan *worksheet* IPCC 2006 terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

a. Perhitungan total pembakaran sampah

Langkah awal yaitu menginputkan data-data sebagai berikut : jumlah penduduk pertahun (Tabel 4.18), distribusi pengelolaan persampahan dengan cara dibakar 28,5% (Tabel 4.19), timbulan sampah 0,13 ton/kapita/tahun (Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu, 2014) dan presentasi sampah yang dibakar menggunakan angka *default* IPCC 2006 yaitu 0,6. Nilai total sampah pembakaran terbuka setiap tahunnya diperoleh dengan cara mengalikan data-data yang telah diinputkan (Persamaan 2.4). Contoh perhitungan untuk total pembakaran sampah tahun 2010:

$$\begin{aligned} P &= 208.266 \text{ kapita} \\ P_{\text{frac}} &= 28,5\% = 0,285 \\ MSW_f &= 0,13 \text{ ton/kapita/tahun} = 0,35 \text{ kg/kapita/hari} \\ B_{\text{frac}} &= 0,6 \\ \text{Tahun} &= 365 \text{ hari} \\ MSW_B &= P \times P_{\text{frac}} \times MSW_f \times B_{\text{frac}} \times \text{hari dalam setahun} \\ &= 208.266 \text{ kapita} \times 0,28 \times 0,35\text{kg/orang/hari} \times 0,6 \times 365 \text{ hari} \\ &= 4,552 \text{ Gg/tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

b. Perhitungan emisi CO₂

Dalam perhitungan emisi CO₂ dari pembakaran terbuka diperlukan nilai total pembakaran sampah, komposisi sampah dari TPS (Tabel 4.17), *dry matter content* (dm), *fraction of carbon in dry matter* (CF), (*fraction of fossil carbon in total carbon* (FCF), dan *oxidation factor* (OF) yang diisi dengan angka default IPCC 2006. Nilai emisi CO₂ dari pembakaran terbuka setiap tahunnya didapatkan dengan cara mengalikan nilai total sampah pembakaran sampah tiap tahun, persentase komposisi komponen sampah, Presentasi dm, Presentasi cf, Presentasi cfc, dan OF. Contoh perhitungan untuk emisi CO₂ dari sampah kertas pada tahun 2010:

$$\begin{aligned} MSW_B &= 4,552 \text{ Gg/tahun} \\ \text{Persentase kertas} &= 0,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SW &= MSW_B \times \text{Persentase kertas} \\ &= 4,552 \text{ Gg/tahun} \times 0,04 \\ &= 0,174 \text{ Gg/tahun} \end{aligned}$$

$$dm = 0,44$$

$$CF = 0,46$$

$$FCF = 0,01$$

$$OF = 0,58$$

Faktor konversi C menjadi $CO_2 = 44/12$

$$\begin{aligned} \text{Emisi } CO_2 &= SW \times dm \times CF \times OF \times FCF \times 44/12 \\ &= 0,174 \text{ Gg/tahun} \times 0,44 \times 0,46 \times 0,01 \times 0,58 \times 44/12 \\ &= 0,001 \text{ Gg } CO_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk komponen sampah yang lain dan tahun 2011 sampai tahun 2030.

c. Perhitungan emisi CH_4

Dalam perhitungan emisi CH_4 dari pembakaran terbuka diperoleh dengan cara mengalikan total pembakaran sampah dengan faktor emisi CH_4 pembakaran terbuka dari angka default IPCC 2006 yaitu 6500 kg CH_4 /Gg sampah. Contoh perhitungan untuk emisi CH_4 pada tahun 2010:

$$MSW_B = 4,552 \text{ Gg/tahun}$$

$$\text{Faktor emisi } CH_4 = 6500 \text{ kg } CH_4/\text{Gg}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi } CH_4 &= MSW_B \times \text{Faktor emisi } CH_4 \times 10^{-6} \\ &= 4,552 \text{ Gg/tahun} \times 6500 \text{ kg } CH_4/\text{Gg} \times 10^{-6} \\ &= 0,03 \text{ Gg } CH_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi } CO_2\text{-eq} &= \text{emisi } CH_4 \times 21 \\ &= 0,03 \text{ Gg} \times 21 \\ &= 0,621 \text{ Gg } CO_2\text{-eq} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

d. Perhitungan emisi N_2O

Dalam perhitungan emisi N_2O dari pembakaran terbuka diperoleh dengan cara mengalikan total pembakaran sampah dengan faktor emisi N_2O pembakaran

terbuka dari angka default IPCC 2006 yaitu N₂O 150 kg N₂O/Gg sampah.

Contoh perhitungan untuk emisi N₂O pada tahun 2010:

$$\text{MSW}_B = 4,552 \text{ Gg/tahun}$$

$$\text{Faktor emisi N}_2\text{O} = 150 \text{ kg N}_2\text{O/Gg}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{MSW}_B \times \text{Faktor emisi N}_2\text{O} \times 10^{-6} \\ &= 4,552 \text{ Gg/tahun} \times 150 \text{ kg N}_2\text{O/Gg} \times 10^{-6} \\ &= 0,0007 \text{ Gg N}_2\text{O} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{emisi N}_2\text{O} \times 310 \\ &= 0,0007 \text{ Gg} \times 310 \\ &= 0,212 \text{ Gg CO}_2\text{-eq} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

Tabel 4. 26 Emisi GRK dari Pembakaran Sampah

Tahun	Emisi CH ₄		Emisi N ₂ O		Emisi CO ₂	Total Emisi (Gg CO ₂ -eq)
	Gg CH ₄	Gg CO ₂ -eq	Gg N ₂ O	Gg CO ₂ -eq	Gg CO ₂	
2010	0,030	0,621	0,0007	0,212	0,626	1,459
2011	0,030	0,626	0,0007	0,213	0,631	1,470
2012	0,030	0,627	0,0007	0,213	0,631	1,471
2013	0,030	0,630	0,0007	0,215	0,635	1,479
2014	0,030	0,630	0,0007	0,215	0,635	1,479
2015	0,031	0,641	0,0007	0,218	0,646	1,505
2016	0,031	0,646	0,0007	0,220	0,651	1,517
2017	0,031	0,651	0,0007	0,222	0,656	1,528
2018	0,031	0,656	0,0007	0,223	0,661	1,540
2019	0,031	0,661	0,0007	0,225	0,666	1,551
2020	0,032	0,666	0,0007	0,227	0,671	1,563
2021	0,032	0,671	0,0007	0,229	0,676	1,575
2022	0,032	0,676	0,0007	0,230	0,681	1,587
2023	0,032	0,681	0,0007	0,232	0,686	1,599
2024	0,033	0,686	0,0008	0,234	0,691	1,611
2025	0,033	0,691	0,0008	0,236	0,697	1,623
2026	0,033	0,697	0,0008	0,237	0,702	1,636
2027	0,033	0,702	0,0008	0,239	0,707	1,648
2028	0,034	0,707	0,0008	0,241	0,713	1,661
2029	0,034	0,713	0,0008	0,243	0,718	1,673
2030	0,034	0,718	0,0008	0,245	0,723	1,686

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.26 menunjukkan emisi GRK terbesar dari pembakaran terbuka adalah CO₂ dan yang terkecil adalah N₂O. Nilai CO₂ yang tinggi disebabkan karena pada proses pembakaran sampah kandungan karbon (C) pada sampah akan diubah menjadi CO₂. Semakin banyak komposisi limbah/ sampah yang memiliki kandungan karbon tinggi maka semakin tinggi pula nilai emisi CO₂ yang dihasilkan. Menurut IPCC (2006) emisi CH₄ terdapat pada pembakaran terbuka karena fraksi yang besar dari karbon di dalam sampah tidak dapat teroksidasi sedangkan emisi N₂O terdapat dalam pembakaran terbuka karena hasil oksidasi senyawa nitrogen organik yang terkandung di dalam sampah.

4.1.2.3 Perhitungan Emisi GRK dari Pengolahan Biologis

Perhitungan tingkat emisi GRK pengolahan sampah secara biologi hanya dari kegiatan pembuatan kompos, karena belum adanya pengolahan limbah padat secara biologi dengan anaerobik digester dan pengolahan biologi lainnya di Kota Batu. Tipe pengolahan sampah dengan kompos di Kota Batu umumnya dilakukan di TPS untuk mengurangi beban sampah organik yang diangkut ke TPA. Perhitungan emisi GRK dari kompos dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.9 dan Persamaan 2.10. Data aktivitas dalam perhitungan emisi kompos ialah timbulan sampah yang diolah dengan cara dikomposkan (Tabel 4.20). Dalam perhitungan emisi dari pembakaran terbuka menggunakan *worksheet* IPCC 2006 terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

a. Perhitungan emisi CH₄

Dalam perhitungan emisi CH₄ dari kompos diperoleh dengan cara mengalikan timbulan sampah kompos dengan faktor emisi CH₄ kompos dari angka default IPCC 2006 yaitu 4 g CH₄ /kg sampah. Contoh perhitungan untuk emisi CH₄ pada tahun 2010:

$$\begin{aligned}
 M &= 2,17\text{Gg/tahun} \\
 \text{Faktor emisi CH}_4 &= 4 \text{ g CH}_4/\text{kg} \\
 \text{Emisi CH}_4 &= M \times \text{Faktor emisi CH}_4 \\
 &= 2,17 \text{ Gg/tahun} \times 4 \text{ g CH}_4/\text{kg} / 1000 \\
 &= 0,009 \text{ Gg CH}_4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{emisi CH}_4 \times 21 \\
&= 0,009 \text{ Gg} \times 21 \\
&= 0,182 \text{ Gg CO}_2\text{-eq}
\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

b. Perhitungan emisi N₂O

Dalam perhitungan emisi N₂O dari kompos diperoleh dengan cara mengalikan timbulan sampah kompos dengan faktor emisi N₂O kompos dari angka default IPCC 2006 yaitu N₂O 0,3 g N₂O/kg sampah. Contoh perhitungan untuk emisi N₂O pada tahun 2010:

$$\begin{aligned}
\text{MSW}_B &= 4,552 \text{ Gg/tahun} \\
\text{Faktor emisi N}_2\text{O} &= 0,3 \text{ g N}_2\text{O/kg} \\
\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{MSW}_B \times \text{Faktor emisi N}_2\text{O} \\
&= 4,552 \text{ Gg/tahun} \times 0,3 \text{ g N}_2\text{O/kg} / 1000 \\
&= 0,0007 \text{ ton N}_2\text{O} \\
\text{Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{emisi N}_2\text{O} \times 310 \\
&= 0,0007 \text{ Gg} \times 310 \\
&= 0,202 \text{ Gg CO}_2\text{-eq}
\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2011 sampai tahun 2030.

Pada Tabel 4.27 menunjukkan emisi GRK terbesar dari kompos adalah emisi CH₄ karena pada proses pengomposan terjadi secara anaerobik sehingga sebagian besar gas yang keluar dalam bentuk emisi CH₄. Emisi N₂O terdapat dalam kompos karena hasil oksidasi senyawa nitrogen organik yang terkandung di dalam sampah (IPCC, 2006).

Tabel 4. 27 Emisi GRK dari Kompos

Tahun	Emisi CH ₄		Emisi N ₂ O		Total Emisi (Gg CO ₂ -eq)
	Gg CH ₄	Gg CO ₂ -eq	Gg N ₂ O	Gg CO ₂ -eq	
2010	0,009	0,182	0,0007	0,202	0,384
2011	0,009	0,183	0,0007	0,203	0,386
2012	0,009	0,184	0,0007	0,203	0,387
2013	0,009	0,185	0,0007	0,204	0,389
2014	0,009	0,185	0,0007	0,204	0,389
2015	0,009	0,188	0,0007	0,208	0,396
2016	0,009	0,189	0,0007	0,209	0,399
2017	0,009	0,191	0,0007	0,211	0,402
2018	0,009	0,192	0,0007	0,213	0,405
2019	0,009	0,194	0,0007	0,214	0,408
2020	0,009	0,195	0,0007	0,216	0,411
2021	0,009	0,197	0,0007	0,218	0,414
2022	0,009	0,198	0,0007	0,219	0,417
2023	0,010	0,200	0,0007	0,221	0,420
2024	0,010	0,201	0,0007	0,223	0,424
2025	0,010	0,203	0,0007	0,224	0,427
2026	0,010	0,204	0,0007	0,226	0,430
2027	0,010	0,206	0,0007	0,228	0,433
2028	0,010	0,207	0,0007	0,229	0,437
2029	0,010	0,209	0,0007	0,231	0,440
2030	0,010	0,210	0,0008	0,233	0,443

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

4.1.2.4 Rekapitulasi Perhitungan Emisi GRK Sektor Persampahan

Hasil perhitungan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu berdasarkan skenario BAU secara keseluruhan, menunjukkan nilai yang terus meningkat setiap tahun. Peningkatan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu dikarenakan jumlah penduduk yang mengalami pertumbuhan setiap tahunnya sehingga berdampak pula terhadap jumlah timbulan sampah yang dihasilkan masyarakat. Tabel 4.28 merupakan rekapitulasi perhitungan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu. Berdasarkan hasil perhitungan emisi CO₂ skenario BAU dari sektor persampahan di Kota Batu pada tahun 2030 mencapai 11,686 Gg CO₂-eq.

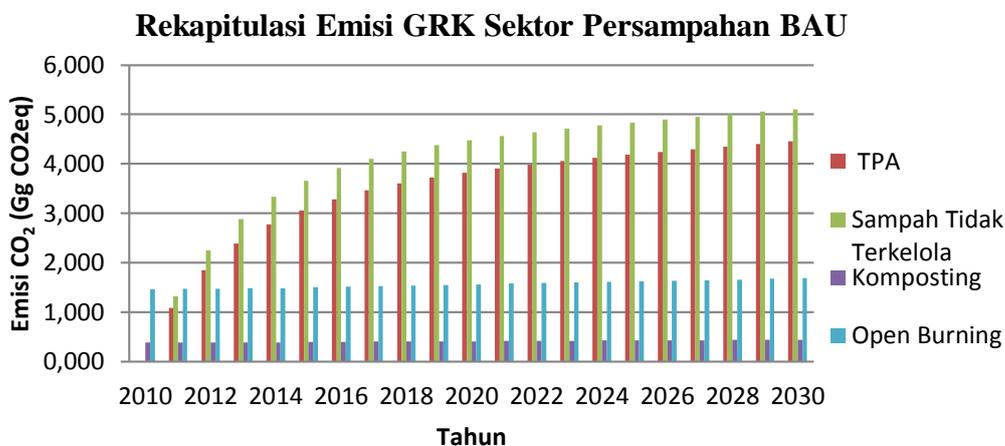
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu

Tahun	Emisi (Gg CO ₂ -eq)				Total
	TPA	Sampah Tidak Terkelola	Komposting	Open Burning	
2010	0,000	0,000	0,384	1,459	1,842
2011	1,084	1,325	0,386	1,470	4,265
2012	1,848	2,247	0,387	1,471	5,952
2013	2,387	2,886	0,389	1,479	7,141
2014	2,777	3,340	0,389	1,479	7,985
2015	3,060	3,660	0,396	1,505	8,620
2016	3,286	3,912	0,399	1,517	9,113
2017	3,462	4,104	0,402	1,528	9,496
2018	3,604	4,255	0,405	1,540	9,803
2019	3,721	4,377	0,408	1,551	10,057
2020	3,821	4,478	0,411	1,563	10,273
2021	3,907	4,566	0,414	1,575	10,462
2022	3,985	4,643	0,417	1,587	10,632
2023	4,055	4,713	0,420	1,599	10,787
2024	4,120	4,777	0,424	1,611	10,932
2025	4,181	4,837	0,427	1,623	11,069
2026	4,239	4,895	0,430	1,636	11,200
2027	4,295	4,950	0,433	1,648	11,326
2028	4,348	5,003	0,437	1,661	11,449
2029	4,400	5,055	0,440	1,673	11,569
2030	4,451	5,106	0,443	1,686	11,686

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Gambar 4.6 menunjukkan nilai emisi GRK penyumbang emisi terbesar dari sampah tidak terkelola sebesar 5,106 Gg CO₂-eq pada tahun 2030. Emisi GRK yang cukup tinggi pada sampah tidak terkelola dikarenakan masih rendahnya cakupan wilayah terlayani TPA di Kota Batu yaitu 35% dan masih sangat rendah jika dibandingkan dengan standar nasional yang mencapai 75% pada tahun 2014. Emisi GRK terkecil pada tahun 2030 dari tipe pengelolaan persampahan kompos sebesar 0,443 Gg CO₂-eq. Hal ini dikarenakan hanya ada satu TPS di Kota Batu yaitu TPST di Kelurahan Temas yang melaksanakan proses pengomposan. Tipe pengelolaan persampahan dengan kompos yang masih kurang di Kota Batu menyebabkan beban timbulan sampah yang besar di TPA sehingga

nilai emisi GRK dari TPA juga cukup besar yaitu 4,451 Gg CO₂eq pada tahun 2030 dan mendekati nilai emisi GRK sampah tidak terkelola.



Gambar 4.6 Grafik Rekapitulasi Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu

4.2 Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan pada penelitian ini akan membahas mengenai capaian program untuk penurunan emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu berdasarkan skenario yang telah ditentukan terhadap kedua sektor. Pembuatan skenario berfungsi sebagai upaya atau langkah alternatif dalam rangka menurunkan emisi GRK di Kota Batu berdasarkan emisi GRK sektor transportasi dan sektor persampahan dengan skenario BAU. Hasil dari alternatif skenario-skenario yang ditentukan dapat diketahui penurunan emisi sebagai bahan pertimbangan pemilihan alternatif. Adapun target penurunan emisi GRK ini nantinya akan menyumbang target penurunan emisi GRK nasional sampai pada tahun 2030, hal ini berdasarkan pada Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 mengenai Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

4.2.1 Pencapaian Program Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi

Perhitungan pencapaian program penurunan emisi GRK sektor transportasi dilakukan dalam beberapa skenario berdasarkan program penurunan emisi GRK sektor transportasi dari Kemenhub sebagai pembanding untuk menjadi acuan dalam strategi penurunan emisi GRK di Kota Batu. Penentuan skenario-skenario

dalam capaian target penurunan emisi GRK sektor transportasi, akan mengacu pada dokumen:

1. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kota Batu 2005-2025.
2. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Batu Tahun 2010 – 2030
3. Rincian Kegiatan Tindak Lanjut Kementerian Perhubungan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca.

Berikut ini, uraian skenario perhitungan pencapaian program penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu.

a. Skenario 1

Pada skenario 1 direncanakan pembangunan *Intelligent Transport System* (ITS) sebagai teknologi komunikasi dan informasi yang diterapkan pada sarana dan prasarana transportasi untuk meningkatkan kualitas pelayanan transportasi. Penggunaan ITS akan memberikan efisiensi kendaraan dalam berlalu lintas yang makin meningkat dan tingkah laku pengemudi yang makin tertib. Menurut penelitian yang dilakukan Jatmiko (2013) pada pengguna jalan yang melewati Jalan Jenderal Sudirman Kota Tangerang, penurunan emisi GRK dengan adanya ITS yaitu sebesar 6,29% pada saat kendaraan pribadi berjalan. Penerapan ITS akan sangat berpengaruh kepada pengendara mobil dan motor karena pengemudi mendapatkan rute jalan yang optimal serta membantu pengemudi mengontrol kendaraan agar sampai ditujuan dengan aman, nyaman dan lancar. Contoh perhitungan penurunan emisi GRK dari penggunaan ITS pada tahun 2016 :

Penurunan emisi GRK dengan ITS	= 6,29% = 0,0629
Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan	= 28,82 Gg CO ₂
Emisi motor dari kepemilikan kendaraan	= 67,55 Gg CO ₂
Emisi bus dari kepemilikan kendaraan	= 0,97 Gg CO ₂
Emisi truk dari kepemilikan kendaraan	= 8,48 Gg CO ₂
Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan	= 105,45 Gg CO ₂

Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan = 762,58 Gg CO₂
 Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan = 62,31 Gg CO₂
 Emisi bus dari kunjungan wisatawan = 19,48 Gg CO₂
 Emisi motor dari kunjungan wisatawan = 161,53 Gg CO₂
 Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan = 1005,90 Gg CO₂

Emisi GRK dari penggunaan ITS

= (Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan + Emisi motor dari kunjungan wisatawan) – ((Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan + Emisi motor dari kunjungan wisatawan) x Penurunan emisi dengan ITS) + Emisi bus dari kepemilikan kendaraan + Emisi truk dari kepemilikan kendaraan + Emisi bus dari kunjungan wisatawan

= (28,82 Gg CO₂ + 67,55 Gg CO₂ + 762,58 Gg CO₂ + 62,31 Gg CO₂ + 161,53 Gg CO₂) – ((28,82 Gg CO₂ + 67,55 Gg CO₂ + 762,58 Gg CO₂ + 62,31 Gg CO₂ + 161,53 Gg CO₂) x 0,0629)] + 0,97 Gg CO₂ + 8,48 Gg CO₂ + 19,48 Gg CO₂

= 1043,24 Gg CO₂

Penurunan emisi GRK skenario 1

= (Emisi GRK dari penggunaan ITS – (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) / (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x 100%

= (1043,24 Gg CO₂ – (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) / (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) x 100%

= -6,128%

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4. 29 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 1

Tahun	BAU (Gg CO₂)	Skenario 1 (Gg CO₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.043,24	-6,128	TURUN
2017	1177,21	1.105,06	-6,129	TURUN
2018	1243,42	1.167,21	-6,130	TURUN
2019	1310,00	1.229,70	-6,130	TURUN
2020	1376,96	1.292,55	-6,130	TURUN
2021	1444,32	1.355,77	-6,130	TURUN
2022	1512,10	1.419,40	-6,131	TURUN
2023	1580,34	1.483,45	-6,131	TURUN
2024	1649,04	1.547,94	-6,131	TURUN
2025	1718,24	1.612,90	-6,131	TURUN
2026	1787,96	1.678,35	-6,130	TURUN
2027	1858,23	1.744,32	-6,130	TURUN
2028	1929,08	1.810,83	-6,130	TURUN
2029	2000,54	1.877,92	-6,130	TURUN
2030	2072,64	1.945,61	-6,129	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.29 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -6,129% dengan penggunaan ITS. Pengurangan emisi GRK pada penggunaan ITS dilakukan dengan mengurangi panjang perjalanan yang tidak diperlukan atau karena terjebak kemacetan serta peningkatan kecepatan sampai dengan kecepatan optimal. Penerapan ITS di Kota Batu pada kondisi saat ini masih dalam proses studi dan perencanaan. Hal ini dikarenakan penyelenggaraan manajemen dan rekayasa lalu lintas dilakukan sesuai dengan kewenangan masing masing seperti jalan provinsi dan jalan kota/kabupaten. Karena jaringan jalan di wilayah perkotaan terdiri dari jaringan jalan nasional, provinsi dan kota/kabupaten sehingga perlu keselarasan kebijakan pemda dengan kebijakan dari Kementerian Perhubungan. Menurut Suyuti (2012) faktor pendukung penerapan ITS dengan menggunakan beberapa teknologi yaitu:

1. *Advance Navigation System/Advanced Traveller Information System* untuk panduan kendaraan untuk mendapatkan rute jalan yang optimal. Umumnya berbentuk peta digital berbasis *Geographic Information System* (GIS).
2. *Advance Traffic Management System* untuk memberikan informasi *real time* tentang lalu lintas kepada pengguna jalan.
3. *Incident Management System* digunakan untuk mendeteksi kejadian darurat seperti kecelakaan, longsor/bencana lainnya.
4. *Electronic Toll Collection* bertujuan untuk mempersingkat waktu transaksi pembayaran pengguna sarana transportasi.
5. *Advance For Save driving* aplikasi ini kendaraan dilengkapi sejumlah sensor yang mengarahkan pengemudi berkendara dengan aman.
6. *Advanced Bus Information System* aplikasi ini dapat memberikan informasi waktu kedatangan bus.

b. Skenario 2

Pada skenario 2 direncanakan penerapan pengendalian Analisis Dampak Lalu Lintas (ANDALALIN) dari pembangunan pusat kegiatan, permukiman dan infrastruktur. ANDALALIN merupakan serangkaian kegiatan kajian mengenai dampak lalu lintas dari pembangunan yang hasilnya dituangkan dalam bentuk dokumen hasil. Menurut Kemenhub (2012) penurunan emisi GRK sebesar 10% diakibatkan peningkatan kecepatan karena adanya ANDALALIN. Pengaruh jaringan jalan yang terpengaruh ANDALALIN dapat menurunkan emisi GRK 10%. Perhitungan jumlah kendaraan yang terpengaruh penerapan ANDALALIN adalah 15% dari populasi kendaraan. Contoh perhitungan penurunan emisi GRK dari penerapan ANDALALIN pada tahun 2016 :

Penurunan emisi GRK karena peningkatan kecepatan	= 10% = 0,01
Penurunan emisi GRK karena pengaruh jaringan jalan	= 10% = 0,01
Jumlah kendaraan terpengaruh ANDALALIN	= 15% = 0,15
Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan	= 105,45 Gg CO ₂
Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan	= 1005,90 Gg CO ₂

Emisi GRK dari ANDALALIN

= (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) – ((Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x Penurunan emisi GRK karena peningkatan kecepatan x Penurunan emisi GRK karena pengaruh jaringan jalan x Jumlah kendaraan terpengaruh ANDALALIN)

= (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) – ((105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) x 0,01 x 0,01 x 0,15)

= 1.109,68 Gg CO₂

Penurunan emisi GRK skenario 2

= (Emisi GRK dari ANDALALIN – (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) / (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x 100%

= (1.109,68 Gg CO₂ – (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) / (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) x 100%

= -0,15%

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4.30 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -0,15% dengan penerapan ANDALALIN. Perhitungan penurunan emisi GRK dengan penerapan ANDALALIN dari tahun ke tahun cenderung stabil dikarenakan asumsi dasar yang masih kasar. Penerapan pengendalian ANDALALIN di Kota Batu belum dilaksanakan, dikarenakan beberapa hambatan yaitu:

- Multi stakeholder.
- Implementasi di tingkat regional.
- Tata cara pemberian IMB yang berbeda antar daerah.
- Pembangunan yang tidak sesuai dengan peruntukkan.
- Tenaga Ahli Penyusun dan Tim Evaluasi Andalalin yang bersertifikat belum tersedia.

Pengurangan emisi GRK pada penerapan ANDALALIN dilakukan dengan upaya pengendalian dampak transportasi yang diakibatkan oleh adanya pembangunan baru di kawasan ataupun perkotaan Menurut Sompie dan Timboeleng (2013) penerapan ANDALALIN dapat memperhitungkan berapa besar bangkitan perjalanan baru yang memerlukan rekayasa lalu lintas dan manajemen lalu lintas untuk mengatasi dampaknya. Perubahan tataguna lahan baik perubahan kategori maupun intensitasnya akan membangkitkan lalulintas sehingga kecil ataupun besar akan mempunyai pengaruh terhadap lalu lintas di sekitarnya. Penerapan ANDALALIN mengkombinasikan dengan *Public Ttransport* sehingga berpengaruh pada jaringan jalan yang terpengaruh dan juga panjang perjalanan kendaraan pribadi.

Tabel 4. 30 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 2

Tahun	BAU (Gg CO₂)	Skenario 2 (Gg CO₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.109,68	-0,15	TURUN
2017	1177,21	1.175,45	-0,15	TURUN
2018	1243,42	1.241,56	-0,15	TURUN
2019	1310,00	1.308,04	-0,15	TURUN
2020	1376,96	1.374,89	-0,15	TURUN
2021	1444,32	1.442,15	-0,15	TURUN
2022	1512,10	1.509,84	-0,15	TURUN
2023	1580,34	1.577,97	-0,15	TURUN
2024	1649,04	1.646,57	-0,15	TURUN
2025	1718,24	1.715,67	-0,15	TURUN
2026	1787,96	1.785,28	-0,15	TURUN
2027	1858,23	1.855,45	-0,15	TURUN
2028	1929,08	1.926,19	-0,15	TURUN
2029	2000,54	1.997,55	-0,15	TURUN
2030	2072,64	2.069,54	-0,15	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

c. Skenario 3

Pada skenario 3 direncanakan penerapan manajemen parkir mempengaruhi kenyamanan dan kemudahan untuk mencapai tujuan perjalanan (aksesibilitas secara keseluruhan). Penerapan manajemen parkir dapat berperan sebagai faktor tolak (*push*) untuk mendorong perpindahan moda ke angkutan umum dan menghindari perjalanan yang tidak terlalu penting yang membentuk strategi Manajemen Kebutuhan Transportasi (*Transport Demand Management–TDM*). Setelah dilakukan manajemen parkir persentase perpindahan angkutan umum sebesar 15% dan penurunan penggunaan parkir sebesar 25% terhadap kendaraan pribadi mobil dan motor (Kemenhub, 2012). Contoh perhitungan penurunan emisi GRK dari penggunaan manajemen parkir pada tahun 2016 :

Persentase perpindahan angkutan umum	= 15% = 0,15
Penurunan penggunaan parkir	= 25% = 0,25
Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan	= 28,82 Gg CO ₂
Emisi motor dari kepemilikan kendaraan	= 67,55 Gg CO ₂
Emisi bus dari kepemilikan kendaraan	= 0,97 Gg CO ₂
Emisi truk dari kepemilikan kendaraan	= 8,48 Gg CO ₂
Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan	= 105,45 Gg CO ₂
Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan	= 762,58 Gg CO ₂
Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan	= 62,31 Gg CO ₂
Emisi bus dari kunjungan wisatawan	= 19,48 Gg CO ₂
Emisi motor dari kunjungan wisatawan	= 161,53 Gg CO ₂
Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan	= 1005,90 Gg CO ₂

Emisi GRK dari manajemen parkir

= (Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan + Emisi motor dari kunjungan wisatawan) – ((Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan + Emisi motor dari kunjungan wisatawan) x Persentase perpindahan angkutan umum x Penurunan penggunaan parkir) +

$$\begin{aligned}
& \text{Emisi bus dari kepemilikan kendaraan} + \text{Emisi truk dari kepemilikan} \\
& \text{kendaraan} + \text{Emisi bus dari kunjungan wisatawan} \\
& = (28,82 \text{ Gg CO}_2 + 67,55 \text{ Gg CO}_2 + 762,58 \text{ Gg CO}_2 + 62,31 \text{ Gg CO}_2 + \\
& 161,53 \text{ Gg CO}_2) - ((28,82 \text{ Gg CO}_2 + 67,55 \text{ Gg CO}_2 + 762,58 \text{ Gg CO}_2 + 62,31 \\
& \text{Gg CO}_2 + 161,53 \text{ Gg CO}_2) \times 0,15 \times 0,25) + 0,97 \text{ Gg CO}_2 + 8,48 \text{ Gg CO}_2 + \\
& 19,48 \text{ Gg CO}_2 \\
& = 1.070,74 \text{ Gg CO}_2
\end{aligned}$$

Penurunan emisi GRK skenario 3

$$\begin{aligned}
& = (\text{Emisi GRK dari manajemen parkir} - (\text{Total Emisi GRK dari kepemilikan} \\
& \text{kendaraan} + \text{Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan}) / (\text{Total Emisi} \\
& \text{GRK dari kepemilikan kendaraan} + \text{Total Emisi GRK dari kunjungan} \\
& \text{wisatawan}) \times 100\% \\
& = (1.070,74 \text{ Gg CO}_2 - (105,45 \text{ Gg CO}_2 + 1005,90 \text{ Gg CO}_2) / (105,45 \text{ Gg CO}_2 \\
& + 1005,90 \text{ Gg CO}_2) \times 100\% \\
& = -3,65\%
\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4.31 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -3,654% dengan manajemen parkir. Manajemen parkir merupakan teknik yang merubah lokasi, *supply* dan *demand* sehingga terjadi pemakaian prasarana parkir yang lebih baik dan efisien. Kebutuhan lahan parkir dapat ditekan sebesar 10-30% dengan terjadinya pengurangan jumlah perjalanan dan efisiensi lahan parkir. Penerapan manajemen parkir dapat fleksibel, cepat dan efektif dalam mengurangi masalah parkir. Selain itu dapat juga membantu tercapainya tujuan lain seperti pengurangan kemacetan, keamanan perjalanan, peningkatan kualitas kesehatan lingkungan, penggunaan lahan yang lebih efektif dan juga masalah finansial (Setiawan, 2004).

Pelaksanaan penerapan manajemen parkir di Kota Batu kondisi eksisting masih minim dilakukan. Hal ini dikarenakan beberapa hambatan yaitu:

- Masih kurangnya disiplin pengguna kendaraan bermotor
- Perlu ketegasan dalam penertiban parkir di badan jalan

- Masih kurangnya *Law Enforcement*
- Parkir masih menjadi sumber pendapatan yang belum dimaksimalkan
- Kurangnya pemahaman dan pengetahuan petugas parkir

Pengurangan emisi GRK dari manajemen parkir dilakukan dengan mengubah pola penggunaan kendaraan dari kendaraan pribadi ke angkutan umum massal dan untuk meningkatkan kelancaran lalu lintas terutama di pusat kota. Penerapan manajemen parkir mendukung manajemen mobilitas dari upaya untuk mendorong pola transportasi yang lebih efisien, yang membantu mengurangi masalah seperti kemacetan lalu lintas, biaya pembangunan dan pemeliharaan jalan, emisi kendaraan, konsumsi energi dan kecelakaan lalu lintas.

Tabel 4. 31 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 3

Tahun	BAU (Gg CO ₂)	Skenario 3 (Gg CO ₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.070,74	-3,654	TURUN
2017	1177,21	1.134,20	-3,654	TURUN
2018	1243,42	1.197,98	-3,654	TURUN
2019	1310,00	1.262,12	-3,655	TURUN
2020	1376,96	1.326,63	-3,655	TURUN
2021	1444,32	1.391,53	-3,655	TURUN
2022	1512,10	1.456,84	-3,655	TURUN
2023	1580,34	1.522,57	-3,655	TURUN
2024	1649,04	1.588,77	-3,655	TURUN
2025	1718,24	1.655,44	-3,655	TURUN
2026	1787,96	1.722,61	-3,655	TURUN
2027	1858,23	1.790,32	-3,655	TURUN
2028	1929,08	1.858,58	-3,655	TURUN
2029	2000,54	1.927,44	-3,654	TURUN
2030	2072,64	1.996,91	-3,654	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

d. Skenario 4

Pada skenario 4 direncanakan reformasi sistem transit *Bus Rapid Transit* (BRT) menggunakan bus dengan lajur khusus sehingga meningkatkan kapasitas angkut yang bersifat masal. Perhitungan penurunan emisi GRK dengan adanya reformasi sistem transit BRT menggunakan asumsi dari Kemenhub (2012) jumlah bus bantuan dalam setahun sebanyak 5 unit/tahun. Setiap bantuan 1 unit bus sedang mampu mengurangi pengoperasian 20 unit mobil pribadi dengan operasional bus BRT 8 rit per hari. Contoh perhitungan penurunan emisi GRK dari reformasi sistem transit BRT pada tahun 2016 :

Panjang perjalanan	= 7,36 Km/trip
Operasi / tahun	= 312 hari/tahun
Rata-rata perjalanan	= 1,5 / O-D
Jumlah perjalanan	= 2 O-D / hari
Rata-rata konsumsi bahan bakar bensin	= 7,8 km/liter
Faktor emisi bensin	= 2,33 kg/liter
Bantuan Bus Sistem Transit	= 5 unit/tahun
1 unit bus	=20 unit mobil pribadi
Operasional bus BRT	= 8 rit per hari
Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan	= 28,82 Gg CO ₂
Emisi motor dari kepemilikan kendaraan	= 67,55 Gg CO ₂
Emisi bus dari kepemilikan kendaraan	= 0,97 Gg CO ₂
Emisi truk dari kepemilikan kendaraan	= 8,48 Gg CO ₂
Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan	= 105,45 Gg CO ₂
Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan	= 762,58 Gg CO ₂
Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan	= 62,31 Gg CO ₂
Emisi bus dari kunjungan wisatawan	= 19,48 Gg CO ₂
Emisi motor dari kunjungan wisatawan	= 161,53 Gg CO ₂
Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan	= 1005,90 Gg CO ₂
Penurunan Emisi dari Reformasi Sistem Transit	
= (Bantuan Bus Sistem Transit x Operasional bus BRT x Panjang perjalanan x Operasi / tahun x Rata-rata perjalanan x Jumlah perjalanan x Faktor emisi bensin) / (Rata-rata konsumsi bahan bakar bensin x 1000)	

$$= (5 \times 20 \times 8 \times 7,36 \text{ Km/trip} \times 312 \text{ hari/tahun} \times 1,5/\text{O-D} \times 2 \text{ O-D} \times 2,33 \text{ kg CO}_2/\text{L} / (7,8 \text{ km/L} \times 1000)$$

$$= 1646,28 \text{ ton CO}_2$$

$$= 1,646 \text{ Gg CO}_2$$

Emisi GRK dari sistem transit BRT

= ((Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan) - Penurunan Emisi dari Reformasi Sistem Transit) + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi bus dari kepemilikan kendaraan + Emisi truk dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kunjungan wisatawan + Emisi bus dari kunjungan wisatawan

$$= ((28,82 \text{ Gg CO}_2 + 762,58 \text{ Gg CO}_2 + 62,31 \text{ Gg CO}_2) - 1,646 \text{ Gg CO}_2) + 67,55$$

$$\text{Gg CO}_2 + 0,97 \text{ Gg CO}_2 + 8,48 \text{ Gg CO}_2 + 161,53 \text{ Gg CO}_2 + 19,48 \text{ Gg CO}_2$$

$$= 1.109,70 \text{ Gg CO}_2$$

Penurunan emisi GRK skenario 4

= (Emisi GRK dari sistem transit BRT – (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) / (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x 100%

$$= (1.109,70 \text{ Gg CO}_2 - (105,45 \text{ Gg CO}_2 + 1005,90 \text{ Gg CO}_2) / (105,45 \text{ Gg CO}_2 + 1005,90 \text{ Gg CO}_2) \times 100\%$$

$$= -0,15\%$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4.32 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK sebesar -1,19% dengan sistem transit BRT. Pengurangan emisi dari GRK sistem transit BRT dilakukan dengan mengurangi pengoperasian mobil pribadi karena berpindah ke angkutan umum massal. Penerapan sistem transit BRT dapat mengurangi penggunaan bahan bakar karena kendaraan yang beroperasi semakin berkurang. Pelaksanaan reformasi sistem transit BRT di Kota Batu kondisi eksisting masih dalam proses studi dan perencanaan. Hal ini dikarenakan perencanaan pembangunan Kota Batu yang ingin

memberdayakan angkutan kota (angkot) yang telah ada terlebih dahulu untuk mengangkut wisatawan.

Tabel 4. 32 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 4

Tahun	BAU (Gg CO₂)	Skenario 4 (Gg CO₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.109,70	-0,15	TURUN
2017	1177,21	1.173,92	-0,28	TURUN
2018	1243,42	1.238,48	-0,40	TURUN
2019	1310,00	1.303,41	-0,50	TURUN
2020	1376,96	1.368,72	-0,60	TURUN
2021	1444,32	1.434,44	-0,68	TURUN
2022	1512,10	1.500,58	-0,76	TURUN
2023	1580,34	1.567,17	-0,83	TURUN
2024	1649,04	1.634,22	-0,90	TURUN
2025	1718,24	1.701,78	-0,96	TURUN
2026	1787,96	1.769,85	-1,01	TURUN
2027	1858,23	1.838,48	-1,06	TURUN
2028	1929,08	1.907,68	-1,11	TURUN
2029	2000,54	1.977,49	-1,15	TURUN
2030	2072,64	2.047,95	-1,19	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

e. Skenario 5

Pada skenario 5 direncanakan peremajaan armada angkutan umum dengan pergantian kendaraan angkutan umum yang lama, yang sudah tidak layak jalan digantikan dengan kendaraan yang baru. Kendaraan yang lama yang tidak layak jalan digantikan dengan kendaraan yang baru dan layak jalan dengan teknologi dan penggunaan bahan bakar yang ramah lingkungan. Penurunan emisi GRK dengan adanya peremajaan armada angkutan umum 10% dari emisi GRK angkutan umum (Kemenhub, 2012). Contoh

perhitungan penurunan emisi GRK dari peremajaan armada angkutan umum pada tahun 2016 :

Penurunan emisi GRK peremajaan armada angkutan umum = 10% = 0,1

Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan = 28,82 Gg CO₂

Emisi motor dari kepemilikan kendaraan = 67,55 Gg CO₂

Emisi bus dari kepemilikan kendaraan = 0,97 Gg CO₂

Emisi truk dari kepemilikan kendaraan = 8,48 Gg CO₂

Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan = 105,45 Gg CO₂

Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan = 1005,90 Gg CO₂

Emisi GRK dari peremajaan armada angkutan umum

= (Emisi bus dari kepemilikan kendaraan – (Emisi dari kepemilikan kendaraan x Penurunan emisi GRK peremajaan armada angkutan umum)) + Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi truk dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan

= (0,97 Gg CO₂ – (0,97 Gg CO₂ x 0,1)) + 28,82 Gg CO₂ + 67,55 Gg CO₂ + 8,48 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂

= 1.111,25 Gg CO₂

Penurunan emisi GRK skenario 5

= (Emisi GRK dari peremajaan armada angkutan umum – (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) / (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x 100%

= (1.111,25 Gg CO₂ – (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) / (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) x 100%

= -0,0087%

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4.33 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -0,0092% dengan peremajaan armada angkutan umum. Pengurangan emisi GRK dari peremajaan armada angkutan umum dilakukan dengan membuat suku cadang dengan teknologi kendaraan yang ramah

lingkungan yang berarti mengurangi dampak terhadap lingkungan dan kesehatan. Pelaksanaan peremajaan angkutan umum masih belum dilaksanakan karena kepemilikan angkutan umum masih milik perorangan sehingga diperlukan koordinasi, serta dibutuhkan unit pelaksanaan untuk uji emisi terhadap angkutan umum perkotaan untuk menentukan angkutan mana yang perlu diremajakan.

Tabel 4. 33 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 5

Tahun	BAU (Gg CO ₂)	Skenario 5 (Gg CO ₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.111,25	-0,0087	TURUN
2017	1177,21	1.177,11	-0,0087	TURUN
2018	1243,42	1.243,32	-0,0086	TURUN
2019	1310,00	1.309,89	-0,0086	TURUN
2020	1376,96	1.376,84	-0,0085	TURUN
2021	1444,32	1.444,19	-0,0085	TURUN
2022	1512,10	1.511,97	-0,0086	TURUN
2023	1580,34	1.580,20	-0,0086	TURUN
2024	1649,04	1.648,90	-0,0087	TURUN
2025	1718,24	1.718,09	-0,0087	TURUN
2026	1787,96	1.787,80	-0,0088	TURUN
2027	1858,23	1.858,07	-0,0089	TURUN
2028	1929,08	1.928,91	-0,0090	TURUN
2029	2000,54	2.000,36	-0,0091	TURUN
2030	2072,64	2.072,45	-0,0092	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

f. Skenario 6

Pada skenario 6 direncanakan gasifikasi angkutan umum dengan mengkonversi penggunaan bahan bakar minyak (BBM) ke bahan bakar gas (BBG) pada angkutan umum dengan menggunakan *converter kit*. Pengalihan bahan bakar bensin ke bahan bakar gas akan mengurangi emisi GRK,

ekonomis dan ramah lingkungan. Penurunan emisi GRK dengan adanya gasifikasi angkutan umum 20% dari emisi GRK angkutan umum (Kemenhub, 2012). Contoh perhitungan penurunan emisi GRK dari gasifikasi angkutan umum tahun 2016 :

Penurunan emisi GRK gasifikasi angkutan umum = 20% = 0,2

Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan = 28,82 Gg CO₂

Emisi motor dari kepemilikan kendaraan = 67,55 Gg CO₂

Emisi bus dari kepemilikan kendaraan = 0,97 Gg CO₂

Emisi truk dari kepemilikan kendaraan = 8,48 Gg CO₂

Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan = 105,45 Gg CO₂

Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan = 1005,90 Gg CO₂

Emisi GRK dari gasifikasi angkutan umum

= (Emisi bus dari kepemilikan kendaraan – (Emisi dari kepemilikan kendaraan x Penurunan emisi GRK gasifikasi angkutan umum)) + Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi truk dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan

= (0,97 Gg CO₂ – (0,97 Gg CO₂ x 0,2)) + 28,82 Gg CO₂ + 67,55 Gg CO₂ + 8,48 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂

= 1.111,15 Gg CO₂

Penurunan emisi GRK skenario 6

= (Emisi GRK dari gasifikasi angkutan umum – (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) / (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x 100%

= (1.111,15 Gg CO₂ – (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) / (105,45 Gg CO₂ + 1005,90 Gg CO₂) x 100%

= -0,017%

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4. 34 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 6

Tahun	BAU (Gg CO ₂)	Skenario 6 (Gg CO ₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.111,15	-0,017	TURUN
2017	1177,21	1.177,01	-0,017	TURUN
2018	1243,42	1.243,21	-0,017	TURUN
2019	1310,00	1.309,77	-0,017	TURUN
2020	1376,96	1.376,72	-0,017	TURUN
2021	1444,32	1.444,07	-0,017	TURUN
2022	1512,10	1.511,84	-0,017	TURUN
2023	1580,34	1.580,06	-0,017	TURUN
2024	1649,04	1.648,75	-0,017	TURUN
2025	1718,24	1.717,94	-0,017	TURUN
2026	1787,96	1.787,65	-0,018	TURUN
2027	1858,23	1.857,90	-0,018	TURUN
2028	1929,08	1.928,74	-0,018	TURUN
2029	2000,54	2.000,18	-0,018	TURUN
2030	2072,64	2.072,26	-0,018	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.34 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -0,018% dengan gasifikasi angkutan umum. Penurunan emisi GRK dari gasifikasi angkutan umum dilakukan dengan menggunakan bahan bakar BBG yang memiliki nilai oktan tinggi dan pembakaran gas hanya 7% sementara untuk bensin hampir 96% untuk setiap gram per kilometer (Kememhub, 2012). Pemasangan peralatan konversi harus diperhatikan secara seksama dan periodik demi menjaga aspek keselamatan sehingga diperlukan perawatan dan pemeriksaan secara berkala untuk tabung dan *converter kit*. Pelaksanaan gasifikasi angkutan umum di Kota Batu masih belum dilakukan dikarenakan oleh beberapa hambatan yaitu:

- Keterbatasan alokasi gas
- Keterbatasan jaringan gas
- Kualitas gas masih rendah sehingga dapat merusak mesin

- Investasi besar
- Keterbatasan jumlah angkutan umum yang memenuhi syarat
- Sosialisasi
- Bengkel untuk perawatan dan perbaikan
- Alokasi gas hingga 2015 sudah habis dipunyai oleh PGN dan Pertamina

g. Skenario 7

Pada skenario 7 direncanakan pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* membuat strategi perilaku pengemudi dalam berkendara agar dicapai konsumsi bahan bakar yang paling efisien. Penerapan metode *Smart Driving* dapat mengoptimalkan penggunaan kendaraan dengan mengemudi secara lebih aman, lebih ramah lingkungan, ekonomis dan bebas stress. Penurunan emisi GRK dengan adanya pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* 10% dari emisi GRK angkutan umum dan 1% dari emisi GRK mobil (Kemhub, 2012). Contoh perhitungan penurunan emisi GRK dari pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* tahun 2016 :

Penurunan emisi GRK *Smart Driving* dari angkutan umum = 10% = 0,1

Penurunan emisi GRK *Smart Driving* dari mobil = 1% = 0,01

Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan = 28,82 Gg CO₂

Emisi motor dari kepemilikan kendaraan = 67,55 Gg CO₂

Emisi bus dari kepemilikan kendaraan = 0,97 Gg CO₂

Emisi truk dari kepemilikan kendaraan = 8,48 Gg CO₂

Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan = 105,45 Gg CO₂

Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan = 762,58 Gg CO₂

Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan = 62,31 Gg CO₂

Emisi bus dari kunjungan wisatawan = 19,48 Gg CO₂

Emisi motor dari kunjungan wisatawan = 161,53 Gg CO₂

Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan = 1005,90 Gg CO₂

Emisi GRK dari pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving*

= ((Emisi bus dari kepemilikan kendaraan + Emisi bus dari kunjungan wisatawan) – ((Emisi bus dari kepemilikan kendaraan + Emisi bus dari kunjungan wisatawan) x Penurunan emisi GRK *Smart Driving* dari angkutan

umum)) + ((Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan) – ((Emisi mobil dari kepemilikan kendaraan + Emisi mobil bensin dari kunjungan wisatawan + Emisi mobil solar dari kunjungan wisatawan) x Penurunan emisi GRK *Smart Driving* dari mobil)) + Emisi motor dari kepemilikan kendaraan + Emisi truk dari kepemilikan kendaraan + Emisi motor dari kunjungan wisatawan

$$= ((0,97 \text{ Gg CO}_2 + 19,48 \text{ Gg CO}_2) - ((0,97 \text{ Gg CO}_2 + 19,48 \text{ Gg CO}_2) \times 0,1)) + ((28,82 \text{ Gg CO}_2 + 762,58 \text{ Gg CO}_2 + 62,31 \text{ Gg CO}_2) - ((28,82 \text{ Gg CO}_2 + 762,58 \text{ Gg CO}_2 + 62,31 \text{ Gg CO}_2 \times 0,01)) + 67,55 \text{ Gg CO}_2 + 8,48 \text{ Gg CO}_2 + 161,53 \text{ Gg CO}_2$$

$$= 1.100,76 \text{ Gg CO}_2$$

Penurunan emisi GRK skenario 7

= (Emisi GRK dari pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* – (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) / (Total Emisi GRK dari kepemilikan kendaraan + Total Emisi GRK dari kunjungan wisatawan) x 100%

$$= (1.100,76 \text{ Gg CO}_2 - (105,45 \text{ Gg CO}_2 + 1005,90 \text{ Gg CO}_2) / (105,45 \text{ Gg CO}_2 + 1005,90 \text{ Gg CO}_2) \times 100\%$$

$$= -0,95\%$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2017 sampai tahun 2030.

Tabel 4.35 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -0,94% dengan pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving*. Pengurangan emisi GRK dari pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* dilakukan dengan metode berkendara yang hemat energi, ramah, lingkungan, selamat dan nyaman. Penggunaan prinsip *Smart Driving* akan mengurangi kebutuhan bahan bakar dan mengurangi emisi GRK. Menurut Kemenhub (2012) manfaat berkendara dengan *Smart Driving* yaitu:

- Mengurangi tingkat kecelakaan.
- Lebih hemat bahan bakar

- Lebih nyaman bagi pengemudi
- Menurunkan kebisingan karena bekerja pada RPM rendah
- Membuat suku cadang kendaraan lebih awet.

Pelaksanaan pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* belum dilaksanakan di Kota Batu. Hal ini dikarenakan membutuhkan unit pelaksanaan atau pusat *training center* nasional untuk *smart driving / eco-driving* yang membutuhkan investasi biaya yang cukup besar pula.

Tabel 4. 35 Perbandingan Emisi GRK Sektor Transportasi dengan Skenario 7

Tahun	BAU (Gg CO ₂)	Skenario 7 (Gg CO ₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	943,68	943,68	0,00	-
2011	873,37	873,37	0,00	-
2012	733,62	733,62	0,00	-
2013	870,14	870,14	0,00	-
2014	966,90	966,90	0,00	-
2015	1044,84	1044,84	0,00	-
2016	1111,35	1.100,76	-0,95	TURUN
2017	1177,21	1.166,01	-0,95	TURUN
2018	1243,42	1.231,60	-0,95	TURUN
2019	1310,00	1.297,55	-0,95	TURUN
2020	1376,96	1.363,88	-0,95	TURUN
2021	1444,32	1.430,61	-0,95	TURUN
2022	1512,10	1.497,77	-0,95	TURUN
2023	1580,34	1.565,38	-0,95	TURUN
2024	1649,04	1.633,45	-0,95	TURUN
2025	1718,24	1.702,02	-0,94	TURUN
2026	1787,96	1.771,10	-0,94	TURUN
2027	1858,23	1.840,74	-0,94	TURUN
2028	1929,08	1.910,95	-0,94	TURUN
2029	2000,54	1.981,78	-0,94	TURUN
2030	2072,64	2.053,24	-0,94	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.36 menunjukkan rekapitulasi pencapaian progam penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu. Hasil perhitungan penurunan emisi GRK sektor transportasi dari setiap skenario yang paling besar menghasilkan penurunan emisi GRK yaitu skenario 1 sebesar -6,13% dari skenario BAU pada tahun 2030. Skenario 1 penerapan ITS dapat memberikan informasi kepada

pengguna jasa secara jelas, sehingga pengguna jasa dapat merencanakan perjalanannya dengan mudah. ITS memberikan prioritas di persimpangan, sehingga dapat meminimalisir gangguan lalu lintas di persimpangan untuk menjamin ketepatan waktu tempuh. Pengurangan emisi CO₂ pada penerapan ITS dilakukan dengan mengurangi panjang perjalanan yang tidak diperlukan serta peningkatan kecepatan sampai dengan kecepatan optimal. Penempatan posisi ITS di Kota Batu diprioritaskan di daerah kunjungan wisata yang umumnya berpusat di daerah Kecamatan Batu. Hal ini dilakukan karena kepadatan lalu lintas terletak pada daerah tersebut, sehingga dengan adanya ITS dapat mengurangi kemacetan yang terjadi.

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Pencapaian Progam Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu

Kondisi	Tahun					
	2010		2020		2030	
	Gg CO ₂	%	Gg CO ₂	%	Gg CO ₂	%
Skenario BAU	943,68	-	1376,96	-	2072,64	-
Skenario 1	943,68	-	1292,55	-6,13	1945,61	-6,13
Skenario 2	943,68	-	1374,89	-0,15	2069,54	-0,15
Skenario 3	943,68	-	1326,63	-3,65	1996,91	-3,65
Skenario 4	943,68	-	1368,72	-0,60	2047,95	-1,19
Skenario 5	943,68	-	1376,84	-0,01	2072,45	-0,01
Skenario 6	943,68	-	1376,72	-0,02	2072,26	-0,02
Skenario 7	943,68	-	1363,88	-0,95	2053,24	-0,94

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

4.2.2 Pencapaian Program Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan

Perhitungan penurunan emisi GRK sektor persampahan akan dilakukan dalam beberapa skenario berdasarkan distribusi pengelolaan persampahan dari tipe pengelolaan persampahan di Kota Batu untuk menjadi acuan dalam strategi penurunan emisi GRK di Kota Batu. Skenario dalam penurunan emisi GRK sektor persampahan akan mengacu pada dokumen – dokumen perencanaan sebagai berikut:

1. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kota Batu 2005-2025.
2. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Batu Tahun 2010 – 2030.
3. Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu Tahun 2014.

Berikut ini, uraian skenario perhitungan pencapaian program penurunan emisi sektor persampahan di Kota Batu.

a. Skenario 1

Pada skenario 1 direncanakan peningkatan spesifikasi TPA Tlekung Kota Batu dari *unmanaged shallow* menjadi *managed semiaerobic*. TPA Tlekung yang dioperasikan sejak Juni 2009 dengan sarana dan prasarana *sanitary landfill*. Namun pengoperasian sampah di TPA Tlekung sebagai *sanitary landfill* belum dilaksanakan secara maksimal sehingga spesifikasi TPA Tlekung masih *unmanaged shallow* yang memiliki kedalaman tumpukan sampah kurang dari 5m dan tidak dilakukan kontrol udara terhadap tumpukan sampah di sel TPA. Perhitungan penurunan emisi GRK sektor persampahan dengan skenario 1 hampir sama dengan skenario BAU, namun terdapat sedikit perbedaan pada nilai MCF. Pada skenario 1 direncanakan menggunakan spesifikasi TPA *managed semiaerobic* sehingga nilai MCF 0,5.

Tabel 4.37 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi kenaikan emisi GRK yang sebesar 9,22% dengan spesifikasi TPA Tlekung Kota Batu menjadi *managed semiaerobic*. Kenaikan emisi GRK dikarenakan tidak dilakukannya pemanfaatan gas metan atau emisi CH₄ yang dihasilkan dari tumpukan sampah di TPA Tlekung, sehingga emisi CH₄ langsung terlepas ke lingkungan sekitar. Hal ini menyebabkan perlu adanya pengoperasian Instalasi Pemanfaatan Gas Metan di TPA Tlekung yang telah dibangun sejak tahun 2011. Pada Instalasi Pemanfaatan Gas Metan, gas metan yang dihasilkan oleh proses pembusukan sampah pada sel sampah ditangkap dengan memanfaatkan pipa instalasi penangkapan gas metan yang dipasang di dalam tumpukan sampah dan dialirkan ke rumah warga setempat untuk dimanfaatkan menjadi bahan bakar.

Tabel 4. 37 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 1

Tahun	BAU (Gg CO₂)	Skenario 1 (Gg CO₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	1,84	1,84	0,0	-
2011	4,27	4,27	0,0	-
2012	5,95	5,95	0,0	-
2013	7,14	7,14	0,0	-
2014	7,99	7,99	0,0	-
2015	8,62	8,62	0,0	-
2016	9,11	9,11	0,00	NAIK
2017	9,50	9,78	2,97	NAIK
2018	9,80	10,28	4,90	NAIK
2019	10,06	10,68	6,19	NAIK
2020	10,27	11,00	7,06	NAIK
2021	10,46	11,26	7,67	NAIK
2022	10,63	11,49	8,10	NAIK
2023	10,79	11,69	8,41	NAIK
2024	10,93	11,88	8,63	NAIK
2025	11,07	12,04	8,80	NAIK
2026	11,20	12,20	8,93	NAIK
2027	11,33	12,35	9,03	NAIK
2028	11,45	12,49	9,11	NAIK
2029	11,57	12,63	9,17	NAIK
2030	11,69	12,76	9,22	NAIK

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

b. Skenario 2

Pada skenario 2 direncanakan peningkatkan pembuatan kompos pada setiap TPS di Kota Batu. Kota Batu memiliki 27 TPS namun pelaksanaan proses pengomposan di Kota Batu hanya di TPST di Kelurahan Temas. Perencanaan penurunan emisi GRK dengan peningkatkan pembuatan kompos akan menyebabkan distribusi pengelolaan persampahan yang berubah dari kondisi BAU seperti pada Tabel 4.38. Persentase distribusi pengelolaan persampahan dengan kompos naik menjadi 2% per tahun sesuai dengan rencana Master Plan Pengelolaan persampahan di Kota Batu tahun 2014. Untuk mencapai peningkatan 2% per tahun, dilakukan perencanaan pengoperasian pengomposan berkelanjutan 2 TPS di Kota Batu setiap tahun.

Tabel 4.38 Distribusi Pengelolaan Persampahan Skenario 2

Tahun	Persentase Pengelolaan Persampahan (%)				Total
	TPA	Kompos	Pembakaran Terbuka	Sampah Tidak Terkelola	
2010	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2011	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2012	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2013	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2014	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2015	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2016	35%	10,00%	27,50%	27,50%	100%
2017	35%	12,00%	26,50%	26,50%	100%
2018	35%	14,00%	25,50%	25,50%	100%
2019	35%	16,00%	24,50%	24,50%	100%
2020	35%	18,00%	23,50%	23,50%	100%
2021	35%	20,00%	22,50%	22,50%	100%
2022	35%	22,00%	21,50%	21,50%	100%
2023	35%	24,00%	20,50%	20,50%	100%
2024	35%	26,00%	19,50%	19,50%	100%
2025	35%	28,00%	18,50%	18,50%	100%
2026	35%	30,00%	17,50%	17,50%	100%
2027	35%	32,00%	16,50%	16,50%	100%
2028	35%	34,00%	15,50%	15,50%	100%
2029	35%	36,00%	14,50%	14,50%	100%
2030	35%	38,00%	13,50%	13,50%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Perhitungan penurunan emisi GRK sektor persampahan dengan skenario 2 hampir sama dengan skenario BAU, namun terdapat sedikit perbedaan pada jumlah timbulan sampah yang menggunakan distribusi pengelolaan skenario 2. Tabel 4.39 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -10,83% dengan meningkatkan pembuatan kompos pada setiap TPS di Kota Batu. Penurunan emisi GRK dikarenakan dengan adanya pembuatan kompos di setiap TPS akan mengurangi sampah yang menimbun di TPS dan pengurangan pembakaran sampah terbuka oleh warga akibat karena lama tidak diangkut ke TPA.

Tabel 4. 39 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 2

Tahun	BAU (Gg CO₂)	Skenario 2 (Gg CO₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	1,84	1,84	0,0	-
2011	4,27	4,27	0,0	-
2012	5,95	5,95	0,0	-
2013	7,14	7,14	0,0	-
2014	7,99	7,99	0,0	-
2015	8,62	8,62	0,0	-
2016	9,11	9,16	0,51	NAIK
2017	9,50	9,54	0,48	NAIK
2018	9,80	9,81	0,11	NAIK
2019	10,06	10,01	-0,47	TURUN
2020	10,27	10,15	-1,19	TURUN
2021	10,46	10,25	-2,00	TURUN
2022	10,63	10,33	-2,88	TURUN
2023	10,79	10,38	-3,81	TURUN
2024	10,93	10,41	-4,76	TURUN
2025	11,07	10,43	-5,74	TURUN
2026	11,20	10,45	-6,74	TURUN
2027	11,33	10,45	-7,75	TURUN
2028	11,45	10,44	-8,77	TURUN
2029	11,57	10,44	-9,80	TURUN
2030	11,69	10,42	-10,83	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

c. Skenario 3

Pada skenario 3 direncanakan pengurangan sampah sebanyak mungkin dari sumbernya dengan menerapkan prinsip 3R. Pengurangan sampah dari sumber sampah di Kota Batu belum berlangsung secara maksimal, karena persentase baru mencapai 12,4% pada tahun 2012 dan belum mencapai target nasional yang menghendaki pengurangan sampah dari sumber mencapai 20%. Perencanaan penurunan emisi GRK dengan penerapan prinsip 3R akan menyebabkan distribusi pengelolaan persampahan yang berubah dari kondisi BAU seperti pada Tabel 4.40. Persentase distribusi pengelolaan persampahan dengan penerapan prinsip 3R naik menjadi 2% per tahun sesuai dengan rencana Master Plan Pengelolaan Persampahan di Kota Batu tahun 2014.

Untuk mencapai peningkatan 2% per tahun, dilakukan sosialisasi dan pengoperasian progam Bank Sampah di 2 TPS di Kota Batu setiap tahun.

Tabel 4.40 Distribusi Pengelolaan Persampahan Skenario 3

Tahun	Persentase Pengelolaan Persampahan (%)					Total
	TPA	3R	Kompos	Permbakaran Terbuka	Sampah Tidak Terkelola	
2010	35%	0,00%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2011	35%	0,00%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2012	35%	0,00%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2013	35%	0,00%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2014	35%	0,00%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2015	35%	0,00%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2016	35%	2,00%	8,00%	27,50%	27,50%	100%
2017	36%	4,00%	8,00%	26,00%	26,00%	100%
2018	36%	6,00%	8,00%	25,00%	25,00%	100%
2019	37%	8,00%	8,00%	23,50%	23,50%	100%
2020	37%	10,00%	8,00%	22,50%	22,50%	100%
2021	37%	12,00%	8,00%	21,50%	21,50%	100%
2022	38%	14,00%	8,00%	20,00%	20,00%	100%
2023	38%	16,00%	8,00%	19,00%	19,00%	100%
2024	39%	18,00%	8,00%	17,50%	17,50%	100%
2025	39%	20,00%	8,00%	16,50%	16,50%	100%
2026	39%	22,00%	8,00%	15,50%	15,50%	100%
2027	40%	24,00%	8,00%	14,00%	14,00%	100%
2028	40%	26,00%	8,00%	13,00%	13,00%	100%
2029	41%	28,00%	8,00%	11,50%	11,50%	100%
2030	41%	30,00%	8,00%	10,50%	10,50%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Perhitungan penurunan emisi GRK sektor persampahan dengan skenario 3 hampir sama dengan skenario BAU, namun terdapat sedikit perbedaan pada jumlah timbulan sampah yang menggunakan distribusi pengelolaan skenario 3. Tabel 4.41 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar -25,32% dengan penerapan prinsip 3R di Kota Batu. Penurunan emisi GRK dikarenakan dengan adanya penerapan prinsip 3R yang akan mengurangi sampah dari sumbernya, sehingga beban pengelolaan persampahan di Kota Batu akan berkurang.

Tabel 4. 41 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 3

Tahun	BAU (Gg CO₂)	Skenario 3 (Gg CO₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	1,84	1,84	0,0	-
2011	4,27	4,27	0,0	-
2012	5,95	5,95	0,0	-
2013	7,14	7,14	0,0	-
2014	7,99	7,99	0,0	-
2015	8,62	8,62	0,0	-
2016	9,11	9,06	-0,58	TURUN
2017	9,50	9,33	-1,78	TURUN
2018	9,80	9,49	-3,15	TURUN
2019	10,06	9,57	-4,84	TURUN
2020	10,27	9,60	-6,53	TURUN
2021	10,46	9,61	-8,17	TURUN
2022	10,63	9,57	-10,03	TURUN
2023	10,79	9,51	-11,85	TURUN
2024	10,93	9,42	-13,83	TURUN
2025	11,07	9,33	-15,73	TURUN
2026	11,20	9,24	-17,51	TURUN
2027	11,33	9,12	-19,47	TURUN
2028	11,45	9,00	-21,35	TURUN
2029	11,57	8,86	-23,38	TURUN
2030	11,69	8,73	-25,32	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

d. Skenario 4

Pada skenario 4 direncanakan pengurangan pembakaran sampah dan sampah tidak terkelola dengan meningkatkan cakupan layanan TPA. Tingkat pelayanan TPA di Kota Batu baru mencapai 35% pada tahun 2012 dan belum mencapai target nasional yang menghendaki tingkat pelayanan TPA mencapai 75%. Berdasarkan Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu direncanakan tingkat pelayanan TPA di Kota Batu naik 4% per tahun. Perencanaan penurunan emisi GRK dengan meningkatkan cakupan layanan TPA akan menyebabkan distribusi pengelolaan persampahan yang berubah dari kondisi BAU seperti pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Distribusi Pengelolaan Persampahan Skenario 4

Tahun	Persentase Pengelolaan Persampahan (%)				Total
	TPA	Kompos	Permbakaran Terbuka	Sampah Tidak Terkelola	
2010	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2011	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2012	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2013	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2014	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2015	35%	8,00%	28,50%	28,50%	100%
2016	38%	8,00%	27,00%	27,00%	100%
2017	39%	8,00%	26,50%	26,50%	100%
2018	40%	8,00%	26,00%	26,00%	100%
2019	44%	8,00%	24,00%	24,00%	100%
2020	48%	8,00%	22,00%	22,00%	100%
2021	52%	8,00%	20,00%	20,00%	100%
2022	56%	8,00%	18,00%	18,00%	100%
2023	60%	8,00%	16,00%	16,00%	100%
2024	64%	8,00%	14,00%	14,00%	100%
2025	68%	8,00%	12,00%	12,00%	100%
2026	72%	8,00%	10,00%	10,00%	100%
2027	76%	8,00%	8,00%	8,00%	100%
2028	80%	8,00%	6,00%	6,00%	100%
2029	84%	8,00%	4,00%	4,00%	100%
2030	88%	8,00%	2,00%	2,00%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Perhitungan penurunan emisi GRK sektor persampahan dengan skenario 4 hampir sama dengan skenario BAU, namun terdapat sedikit pada jumlah timbulan sampah yang menggunakan distribusi pengelolaan skenario 4. Tabel 4.43 menunjukkan pada tahun 2030 terjadi penurunan emisi GRK yang sebesar – 2,28% dengan peningkatan layanan TPA di Kota Batu. Jumlah timbulan sampah yang makin besar perlu didukung pengoperasian di TPA yang lebih maksimal seperti jumlah sel untuk menumpuk sampah akan bertambah. Selain itu, peningkatan pelayanan TPA perlu didukung distribusi pengelolaan sampah kompos dan 3R agar mengurangi jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPA.

Tabel 4.43 Perbandingan Emisi GRK Sektor Persampahan dengan Skenario 4

Tahun	BAU (Gg CO ₂)	Skenario 4 (Gg CO ₂)	Penurunan Emisi (%)	Keterangan
2010	1,84	1,85	0,0	-
2011	4,27	4,27	0,0	-
2012	5,95	5,95	0,0	-
2013	7,14	7,14	0,0	-
2014	7,99	7,99	0,0	-
2015	8,62	8,62	0,0	-
2016	9,11	9,03	-0,88	TURUN
2017	9,50	9,41	-0,88	TURUN
2018	9,80	9,72	-0,87	TURUN
2019	10,06	9,89	-1,67	TURUN
2020	10,27	10,05	-2,20	TURUN
2021	10,46	10,20	-2,54	TURUN
2022	10,63	10,34	-2,76	TURUN
2023	10,79	10,48	-2,87	TURUN
2024	10,93	10,61	-2,91	TURUN
2025	11,07	10,75	-2,89	TURUN
2026	11,20	10,88	-2,83	TURUN
2027	11,33	11,02	-2,74	TURUN
2028	11,45	11,15	-2,61	TURUN
2029	11,57	11,28	-2,46	TURUN
2030	11,69	11,42	-2,28	TURUN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.44 menunjukkan rekapitulasi pencapaian program penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu. Hasil perhitungan penurunan emisi GRK sektor persampahan dari setiap skenario yang paling besar menghasilkan penurunan emisi GRK yaitu skenario 3 sebesar -25,32% dari skenario BAU pada tahun 2030. Skenario 3 menerapkan pengurangan sampah sebanyak mungkin dari sumbernya dengan menerapkan prinsip 3R, diharapkan sampah yang masuk ke TPA adalah residu akhir yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi. Penerapan prinsip 3R akan mengurangi beban dalam pengelolaan persampahan di Kota Batu. Namun dalam penerapan prinsip 3R diperlukan peran serta masyarakat untuk mengelola sampah mulai dari pemilahan sampah organik dan anorganik, mengolah sampah organik dengan menggunakan komposter rumah tangga atau komunal. Selain itu, dilakukan pengelolaan persampahan di TPS dengan

melibatkan pengelola yang bersal dari masyarakat setempat untuk melakukan pendaur ulangan sampah anorganik dan pengomposan skala lingkungan.

Tabel 4.44 Rekapitulasi Pencapaian Progam Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu

Kondisi	Tahun					
	2010		2020		2030	
	Gg CO ₂	%	Gg CO ₂	%	Gg CO ₂	%
Skenario BAU	1,84	-	10,27	-	11,69	-
Skenario 1	1,84	-	11,00	7,06	12,76	9,22
Skenario 2	1,84	-	10,15	-1,19	10,42	-10,83
Skenario 3	1,84	-	9,60	-6,53	8,73	-25,32
Skenario 4	1,84	-	10,05	-2,20	11,42	-2,28

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

4.3 Aspek Kelembagaan

Aspek kelembagaan pada penelitian ini akan membahas prioritas pemilihan strategi adaptasi dan mitigasi ditingkat institusi pengelola sektor transportasi dan sektor persampahan dalam penurunan emisi GRK. Untuk menentukan prioritas pemilihan strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK, digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Penentuan alternatif kegiatan dan kriteria dalam rangka penurunan emisi GRK dari sektor transportasi dan sektor persampahan, dilakukan dengan cara melakukan wawancara mendalam dengan pakar (*expert judgement*) dan pengisian kuesioner untuk menjangring berbagai informasi tentang alternatif dan kriteria terkait kegiatan penurunan emisi GRK. Wawancara dilakukan terhadap narasumber yang berasal dari Dinas Perhubungan Kota Batu untuk sektor transportasi dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu untuk sektor persampahan.

4.3.1 Penentuan Prioritas Strategi Adaptasi Sektor Transportasi

Analisis AHP strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu ditetapkan tiga level. Level pertama adalah tujuan, yaitu kegiatan yang efektif dan efisien untuk mengurangi kerentanan emisi GRK sektor

transportasi di Kota Batu. Level kedua adalah kriteria yang digunakan untuk menentukan prioritas strategi adaptasi penurunan kerentanan emisi GRK sektor transportasi, dan level ketiga adalah alternatif strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu.

Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan prioritas strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu yaitu (IPCC, 2001):

1. Paparan

Paparan merupakan derajat/besarnya sektor transportasi tersebut mengemisikan GRK yang mempengaruhi perubahan iklim.

2. Kepekaan

Kepekaan merupakan tingkat dimana masyarakat akan terpengaruh oleh emisi sektor transportasi yang menyebabkan perubahan iklim.

3. Kemampuan adaptasi

Kemampuan adaptasi merupakan kemampuan masyarakat untuk merespon dampak dari emisi sektor transportasi yang menyebabkan perubahan iklim.

Alternatif kegiatan dari strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu pada penelitian ini yaitu (Mandra, 2013):

1. *Inspection and Maintenance*

Inspection and Maintenance dilakukan dalam rangka mempertahankan atau mengembalikan kondisi kendaraan yang dapat diterima dan berfungsi seperti sedia kala atau paling tidak mendekati sehingga kinerja mesin kendaraan dapat berjalan dengan lancar (mesin dan peralatannya paling tidak mencapai umur ekonomisnya dan menghindari kemacetan serta kerusakan sekecil mungkin) sehingga kendaraan dapat tetap beroperasi secara efektif, efisien, produktif, dan tepat waktu sesuai dengan yang telah direncanakan.

2. Pengetatan standar emisi

Menurunkan beban pemerintah dalam menyediakan pasokan BBM melalui program efisiensi BBM dengan pengetatan standar emisi kendaraan bermotor

3. Pembatasan jumlah kendaraan

Pembatasan jumlah kendaraan pribadi di perkotaan perlu dilakukan untuk mengatasi kemacetan dan mengurangi angka kecelakaan yang semakin tinggi.

4. Pajak Emisi

Pendekatan dasar dari pengenaan pajak atas emisi ini adalah setiap kendaraan bermotor menghasilkan polutan pencemar yang menyebabkan gangguan terhadap lingkungan, sehingga setiap pemilik kendaraan mesti menanggung biaya pemulihan lingkungan. Besarnya biaya ditentukan dari jenis kendaraan dan bahan bakar yang digunakan. Jenis kendaraan dibedakan atas volume mesin, teknologi yang digunakan, dan tahun keluaran.

5. Penataan ruang

Perencanaan transportasi merupakan bagian yang tak terpisahkan dari perencanaan tata ruang kota dan wilayah. Rencana kota tanpa mempertimbangkan keadaan dan pola transportasi yang akan terjadi sebagai akibat dari rencana itu sendiri, akan menghasilkan kesemrawutan lalu lintas di kemudian hari. Akibat lebih lanjut adalah meningkatnya jumlah kecelakaan, pelanggaran, dan menurunnya sopan-santun berlalu-lintas, serta meningkatnya pencemaran udara.

6. Pemantauan kualitas udara

Tujuan dari pemantauan kualitas udara ialah sebagai upaya pengendalian pencemaran udara dan pemeriksaan adanya kerusakan dalam sistem pengendalian pencemaran.

7. Peningkatan ruang terbuka hijau

Peningkatan ruang terbuka hijau untuk menjaga ketersediaan lahan sebagai kawasan resapan air, menciptakan keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan binaan yang berguna untuk kepentingan masyarakat, dan meningkatkan keserasian lingkungan perkotaan sebagai sarana pengaman lingkungan perkotaan yang aman, nyaman, segar, indah, dan bersih.

Setelah membuat model hirarki selanjutnya dapat ditentukan nilai *pairwise comparison* (perbandingan berpasangan) antar kriteria dan antar alternatif untuk setiap kategori strategi adaptasi sektor transportasi penurunan emisi GRK di Kota

Batu. Nilai *pairwise comparison* diperoleh dari kuisioner yang disebarakan pada 10 responden *expert* yang terpilih di Dinas Perhubungan Kota Batu. Nilai bobot prioritas tiap kategori yang diperoleh berdasarakan nilai *pairwise comparison* yang akan diperbandingkan untuk mendapatkan nilai bobot prioritas yang akhir.

Untuk memeriksa apakah *pairwise comparison* telah dilakukan dengan konsisten atau tidak dilihat dari nilai *inconsistency ratio* selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 2. Nilai *inconsistency ratio* dari pertanyaan kuisioner tentang strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu yang diajukan kepada responden tidak terdapat pertanyaan yang memiliki nilai *inconsistency ratio* lebih dari 0,1. *Pairwise comparison* yang telah dilakukan dengan konsisten serta tidak perlu diajukan revisi pendapat kepada responden dan mengajukan pertanyaan ulangan untuk perbaikan.

Nilai pembobotan *limiting* diperoleh setelah didapatkan nilai pada matriks. Nilai *limit* merupakan matriks yang dipangkatkan sampai mencapai kestabilan dimana nilai setiap kolom sama. *Limiting* dilakukan dengan mengkuadratkan supermatriks sampai kolom memiliki nilai yang sama, dan jumlah dari bobot semua node adalah 1. Bobot *limiting* juga digunakan untuk melakukan perangkingan antar kriteria dan alternatif sehingga diketahui mana yang memiliki pengaruh terbesar dan terkecil. Hasil pembobotan untuk strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Hasil Pembobotan Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi di Kota Batu

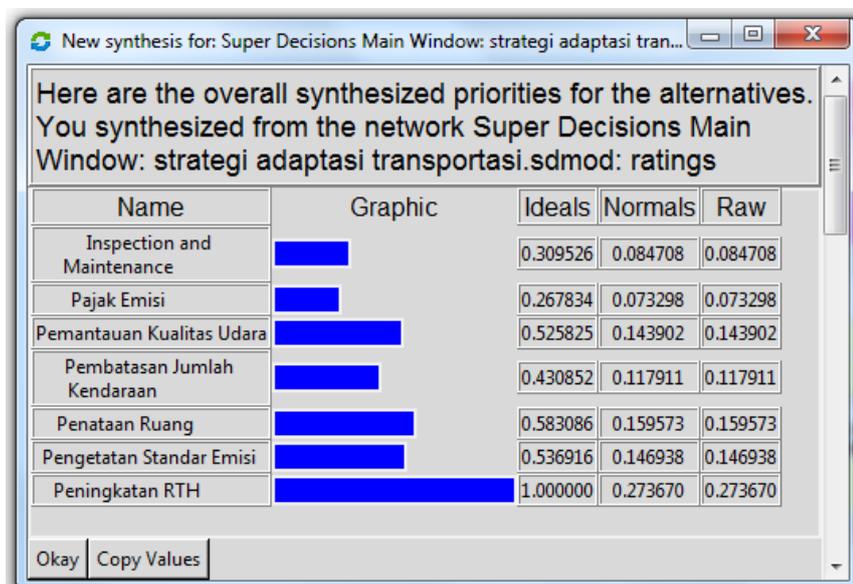
<i>Name</i>	<i>Normalized By Cluster</i>	<i>Limiting</i>	<i>Rank</i>
Kriteria Paparan	0.53961	0.269807	1***
Kriteria Kepekaan	0.29696	0.148481	2
Kriteria Kemampuan Adaptasi	0.16342	0.081712	3
Alternatif <i>Inspection and Maintenance</i>	0.08486	0.042429	6
Alternatif Standar Emisi	0.14702	0.073509	3
Alternatif Pembatasan Jumlah kendaraan	0.11777	0.058886	5
Alternatif Pajak Emisi	0.07299	0.036494	7
Alternatif Penataan Ruang	0.15976	0.079878	2
Alternatif Pemantauan Kualitas Udara	0.14419	0.072093	4
Alternatif Peningkatan RTH	0.27342	0.136711	1***

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria yang memiliki bobot terbesar yaitu paparan dengan bobot *limiting* sebesar 0,269807. Terpilihnya kriteria paparan sebagai prioritas utama menunjukkan bahwa paparan emisi GRK dari sektor transportasi merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan untuk strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu. Semakin besar paparan emisi GRK dari sektro transportasi, maka semakin sulit masyarakat menerapkan beradaptasi dengan kondisi tersebut. Oleh karena itu diperlukan dukungan pemerintah untuk menanggulangi paparan emisi GRK dari sektor transportasi dengan beberapa alternatif strategi adaptasi di Kota Batu.

Hasil pembobotan alternatif dapat diketahui bahwa bobot terbesar alternatif peningkatan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dengan nilai bobot *limiting* 0,136711. Peningkatan RTH di Kota Batu bertujuan memelihara kehijauan kota khususnya yang terdapat pada area pusat kota untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup. Dalam peningkatan RTH yang tidak hanya pada media tanah, melainkan pada bangunan sekitar sebagai tempat tumbuh kembang tumbuhan atau yang disebut dengan *Green Building*. *Green Building* merupakan sebuah perencanaan dan perancangan bangunan melalui sebuah proses yang memperhatikan lingkungan dan menggunakan sumber daya secara efisien pada seluruh siklus hidup bangunan dari mulai pengolahan tapak, perancangan, pembangunan, penghunian, pemeliharaan, renovasi dan perubahan bangunan (USEPA, 2006). Pembuatan *green building* pada dapat dilakukan pada wilayah dengan area padat kendaraan seperti daerah objek pariwisata di Kota Batu.

Hasil sintesis prioritas strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu ditunjukkan pada Gambar 4.7. Kolom *normals* menunjukkan hasil pada pembentukan prioritas. Hasil tersebut adalah laporan hasil pembobotan dalam model ini. Kolom *ideals* adalah kolom yang terbentuk dari bobot pada kolom *normals* dibagi bobot terbesar di *kolom normals*. Kolom *raw* langsung terbaca dari limit superextrim. Limit adalah batasan matriks untuk meningkatkan kekuatan atau bobot supertmatrix dengan kondisi stabil. Hasil sintesis menunjukkan bahwa peningkatan Ruang Terbuka Hijau (RTH) adalah alternatif terbaik untuk strategi adaptasi penurunan emisi GRK di Kota Batu dengan nilai prioritas ideal yaitu nilai prioritas kolom ideal 1,00, selanjutnya

adalah penataan ruang 0,583, pengetatan standar emisi 0,537, pemantauan kualitas udara 0,526, pembatasan jumlah kendaraan 0,431, *inspection and maintenance* 0,31, dan pajak emisi 0,268.



Gambar 4.7 Prioritas Alternatif Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi

4.3.2 Penentuan Prioritas Strategi Mitigasi Sektor Transportasi

Analisis AHP strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu ditetapkan tiga level. Level pertama adalah tujuan, yaitu kegiatan yang efektif dan efisien untuk mereduksi emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu. Level kedua adalah kriteria yang digunakan untuk menentukan prioritas kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi, dan level ketiga adalah alternatif kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu.

Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan prioritas kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu yaitu (Javid *et al.*, 2014; Mandra, 2013):

1. Polusi udara

Polusi udara termasuk zat di udara seperti partikel halus, dan gas beracun yang diyakini berbahaya bagi kesehatan manusia. Mengurangi polusi udara berarti

untuk melakukan tindakan yang dapat mengurangi polusi udara dan preventor mengurangi efek berbahaya pada kesehatan manusia.

2. Biaya investasi

Investasi di infrastruktur transportasi berarti memperluas dan menambah jalan atau fasilitas transportasi umum. Jika kebutuhan transportasi dapat diatasi melalui metode selain konstruksi, dan dimaksudkan untuk dihabiskan untuk memperluas infrastruktur transportasi dapat digunakan untuk proyek-proyek publik penting lainnya.

3. Efisiensi

Efisiensi dilakukan untuk memastikan perencanaan dan pengelolaan kerja yang optimal dengan menggunakan metode yang tepat demi mendapatkan kinerja yang lebih baik, biaya (biaya operasional dan tenaga kerja) yang lebih optimal serta waktu yang lebih cepat.

4. Keberlanjutan

Tingkat keberlanjutan dalam program merupakan ukuran untuk melihat sejauh mana program terus berjalan, diukur dengan skala ordinal berupa tingkat keberlanjutan baik dari segi organisasi komunitas yang terbentuk, dana yang dikelola oleh komunitas, dan pelaksanaan program.

5. Kemudahan manajemen

Kemudahan manajemen dapat membantu pencapaian sasaran-sasaran strategi dengan cara yang efektif dan efisien melalui perencanaan pengorganisasian, kepemimpinan dan pengendalian sumberdaya.

Menurut Kemenhub (2012) strategi mitigasi untuk sektor transportasi ada 3 yaitu:

1. *Avoid/Reduce*

Hindari atau kurangi perjalanan atau kebutuhan untuk perjalanan (terutama di daerah perkotaan) melalui penata-gunaan lahan.

2. *Shift*

Beralih ke moda transportasi yang lebih ramah lingkungan (dari penggunaan kendaraan pribadi ke transportasi umum dan transportasi tidak bermotor).

3. *Improve*

Meningkatkan efisiensi energi dari moda transportasi dan teknologi kendaraan.

Sedangkan menurut Kemhub (2012) alternatif kegiatan dari strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu pada penelitian ini yaitu:

1. *Intelligent Transport System*

Intelligent Transport System adalah teknologi komunikasi dan informasi yang diterapkan pada sarana dan prasarana transportasi untuk meningkatkan kualitas pelayanan transportasi.

2. ANDALALIN

ANDALALIN adalah serangkaian kegiatan kajian mengenai dampak lalu lintas dari pembangunan pusat kegiatan, permukiman dan infrastruktur yang hasilnya dituangkan dalam bentuk dokumen hasil analisis dampak lalu lintas. Tujuan dari pelaksanaan andalalin adalah upaya pengendalian dampak lalu lintas yang diakibatkan oleh adanya pembangunan pusat kegiatan, permukiman dan infrastruktur.

3. Penerapan Manajemen Parkir

Strategi manajemen parkir mempengaruhi kenyamanan dan kemudahan untuk mencapai tujuan (aksesibilitas secara keseluruhan) serta bagaimana parkir dapat membantu mencapai tujuan-tujuan pembangunan yang lebih luas, strategi manajemen parkir perlu diikutsertakan dengan elemen-elemen lain dari Manajemen Kebutuhan Transportasi. Penerapan manajemen parkir berpotensi mengubah pola penggunaan kendaraan dari kendaraan pribadi ke angkutan umum massal dan untuk meningkatkan kelancaran lalu lintas terutama di pusat kota.

4. Reformasi Sistem Transit *Bus Rapid Transit* (BRT)

Sistem Transit adalah bagian dari angkutan massal perkotaan, sebagai tahapan transisi dari *Bus Rapid Transit* (BRT). Angkutan massal berbasis jalan didefinisikan sebagai suatu sistem angkutan yang menggunakan bus dengan lajur khusus yang terproteksi sehingga memungkinkan peningkatan kapasitas angkut yang bersifat massal.

5. Peremajaan armada angkutan umum

Peremajaan armada angkutan umum adalah Pergantian kendaraan angkutan umum yang lama, yang sudah tidak layak jalan digantikan dengan kendaraan yang baru, bisa dengan jenis kendaraan yang sama untuk dioperasikan pada rute yang sama dengan kendaraan angkutan umum yang digantikannya.

6. Gasifikasi angkutan umum

Gasifikasi angkutan umum merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi ketergantungan pada BBM dengan pengalihan bahan bakar bensin ke bahan bakar gas akan mengurangi emisi GRK, ekonomis dan ramah lingkungan. Gasifikasi angkutan umum mengkonversi penggunaan BBM ke BBG pada angkutan umum dengan menggunakan *converter kit*. Terpasangnya *converter kit* pada angkutan kota yang menggunakan bensin untuk menurunkan emisi CO₂ hingga 20%..

7. *Smart Driving*

Smart Driving adalah metode berkendara yang hemat energi, ramah lingkungan, selamat dan nyaman. Metode *Smart Driving* menggunakan strategi perilaku pengemudi dalam berkendara agar dicapai konsumsi bahan bakar yang paling efisien. Hasil uji coba studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penerapan metoda berkendara ini berpotensi untuk dapat menghemat bahan bakar antara 10%-40% dan menurunkan emisi gas buang kendaraan hingga 20%.

Setelah membuat model hirarki selanjutnya dapat ditentukan nilai *pairwise comparison* (perbandingan berpasangan) antar kriteria dan antar alternatif untuk setiap kategori strategi mitigasi sektor transportasi penurunan emisi GRK di Kota Batu. Nilai *pairwise comparison* diperoleh dari kuisisioner yang disebarakan pada 10 responden *expert* yang terpilih di Dinas Perhubungan Kota Batu. Nilai bobot prioritas tiap kategori yang diperoleh berdasarkan nilai *pairwise comparison* yang akan diperbandingkan untuk mendapatkan nilai bobot prioritas yang akhir.

Untuk memeriksa apakah *pairwise comparison* telah dilakukan dengan konsisten atau tidak dilihat dari nilai *inconsistency ratio* selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 3. Nilai *inconsistency ratio* dari pertanyaan kuisisioner

tentang strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu yang diajukan kepada responden tidak terdapat pertanyaan yang memiliki nilai *inconsistency ratio* lebih dari 0,1. *Pairwise comparison* yang telah dilakukan dengan konsisten serta tidak perlu diajukan revisi pendapat kepada responden dan mengajukan pertanyaan ulangan untuk perbaikan.

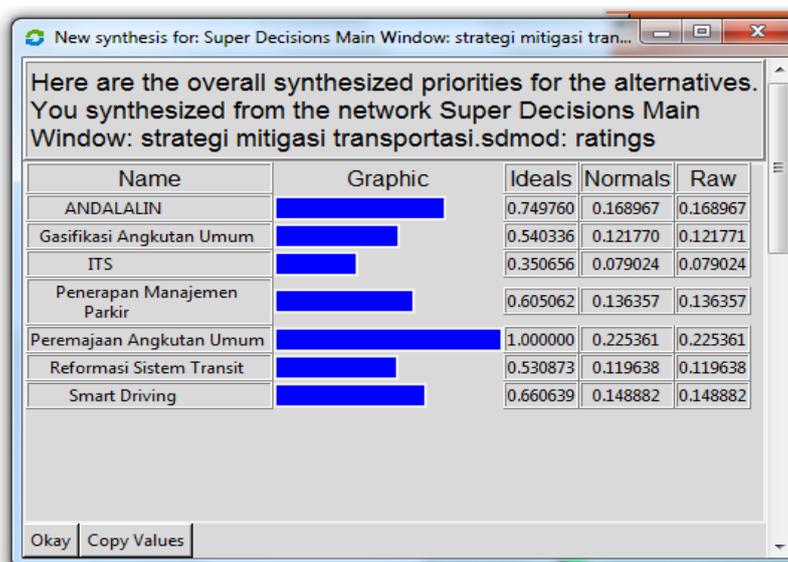
Tabel 4.46 Hasil Pembobotan Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi di Kota Batu

<i>Name</i>	<i>Normalized By Cluster</i>	<i>Limiting</i>	<i>Rank</i>
Kriteria Biaya Investasi	0.17020	0.085101	5
Kriteria Efisiensi	0.17228	0.086141	4
Kriteria Keberlanjutan	0.20263	0.101317	3
Kriteria Kemudahan Manajemen	0.22433	0.112167	2
Kriteria Polusi Udara	0.23055	0.115275	1***
Alternatif ANDALALIN	0.16921	0.084607	2
Alternatif Gasifikasi Angkutan Umum	0.12155	0.060774	5
Alternatif ITS	0.07913	0.039564	7
Alternatif Penerapan Manajemen Parkir	0.13639	0.068194	4
Alternatif Peremajaan Angkutan Umum	0.22544	0.112718	1***
Alternatif Reformasi Sistem Transit	0.11960	0.059802	6
Alternatif Smart Driving	0.14868	0.074340	3

Hasil pembobotan untuk strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.46. Hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria yang memiliki bobot terbesar yaitu polusi udara dengan bobot *limiting* sebesar 0,115275. Terpilihnya kriteria polusi udara sebagai prioritas utama menunjukkan bahwa polusi udara dari sektor transportasi merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan untuk strategi mitigasi penurunan emisi GRK di Kota Batu. Semakin besar polusi udara dari sektor transportasi, maka semakin besar upaya penurunan emisi GRK untuk dilakukan. Oleh karena itu diperlukan dukungan pemerintah untuk menanggulangi polusi udara dari sektor transportasi dengan beberapa alternatif strategi mitigasi sektor transportasi di Kota Batu.

Hasil pembobotan alternatif dapat diketahui bahwa bobot terbesar alternatif peremajaan angkutan umum dengan nilai bobot *limiting* 0,112718. Peremajaan angkutan umum merupakan salah satu kebijakan yang dibuat oleh pemerintah untuk mengatasi keluhan masyarakat yang menginginkan adanya

peningkatan pelayanan publik dalam bidang transportasi khususnya angkutan kota. Kebijakan ini didukung oleh Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan dan Keputusan Menteri No.35 Tahun 2003 tentang penyelenggaraan angkutan orang di jalan dengan kendaraan umum.



Gambar 4.8 Prioritas Alternatif Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi

Hasil sintesis prioritas strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu ditunjukkan pada Gambar 4.8. Hasil sintesis menunjukkan bahwa peremajaan angkutan umum adalah alternatif terbaik untuk strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu dengan nilai prioritas ideal yaitu nilai prioritas kolom ideal 1,00, selanjutnya adalah peerapan ANDALALIN 0,7498, pelatihan dan sosialisasi *Smart Driving* 0,666, penerapan manajemen parkir 0,605, gasifikasi angkutan umum 0,5403, reformasi sistem transit BRT 0,5309, dan penerapan ITS 0,3507. Namun prioritas peremajaan angkutan umum dalam strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi, berdasarkan perhitungan penurunan emisi GRK hanya dapat menyumbang -0,01% pada tahun 2030. Hal ini dikarenakan jumlah kendaraan pribadi lebih mendominasi dibandingkan jumlah angkutan umum. Oleh karena itu

kebijakan peremajaan angkutan umum sebaiknya didukung dan dikombinasikan dengan strategi reformasi sistem transit BRT yang dapat menurunkan emisi GRK -1,19% pada tahun 2030.

4.3.3 Penentuan Prioritas Strategi Adaptasi Sektor Persampahan

Analisis AHP strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu ditetapkan tiga level. Level pertama adalah tujuan, yaitu kegiatan yang efektif dan efisien untuk mengurangi kerentanan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu. Level kedua adalah kriteria yang digunakan untuk menentukan prioritas kegiatan adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan, dan level ketiga adalah alternatif kegiatan adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu.

Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan prioritas kegiatan adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu berdasarkan peran masyarakat yaitu (Affandy *et al*, 2015):

1. Perilaku

Kebiasaan masyarakat dalam melakukan aktivitas sehari-hari dapat mempengaruhi besarnya sampah yang dihasilkan.

2. Pemahaman

Semakin sedikit timbulan sampah yang dihasilkan, menunjukkan masyarakat telah mempunyai pemahaman yang tinggi untuk melaksanakan pengelolaan sampah.

3. Teknik operasional

Teknis operasional berkaitan manajemen dalam proses pemilahan, pengumpulan dan pengangkutan sampah. Teknis operasional yang baik dapat mengurangi penumpukan sampah di lingkungan.

4. Kelestarian lingkungan

Pemahaman masyarakat tentang kegiatan pengelolaan persampahan di lingkungan mereka dapat mengurangi volume timbulan sampah sehingga lingkungan menjadi rapi, bersih, dan indah.

Alternatif kegiatan dari strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu pada penelitian ini menggunakan konsep *Zero Waste* yaitu yang terdiri dari (Affandy *et al*, 2015):

1. *Reduce*

Reduce berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah. Mengurangi sampah dapat dilakukan dengan menerapkan pola hidup sederhana seperti menentukan prioritas sebelum membeli barang, membeli produk yang tahan lama, dan menggunakan produk selama mungkin.

2. *Reuse*

Reuse berarti menggunakan kembali sampah yang masih dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi lainnya. Banyak sekali barang-barang yang setelah digunakan bisa digunakan ulang dengan fungsi yang sama dengan fungsi awalnya tanpa melalui proses pengolahan. Sebagai contoh, plastik yang didapat saat membeli barang di toko dapat digunakan kembali untuk wadah membawa barang lainnya.

3. *Recycle*

Recycle berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat. Daur ulang merupakan salah satu strategi pengelolaan sampah padat yang terdiri atas pemilahan, pengumpulan, pemrosesan, pendistribusian, dan pembuatan produk/material bekas pakai.

Setelah membuat model hirarki selanjutnya dapat ditentukan nilai *pairwise comparison* (perbandingan berpasangan) antar kriteria dan antar alternatif untuk setiap kategori strategi adaptasi sektor persampahan penurunan emisi GRK di Kota Batu. Nilai *pairwise comparison* diperoleh dari kuisioner yang disebarakan pada 10 responden *expert* yang terpilih di Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu. Nilai bobot prioritas tiap kategori yang diperoleh berdasarkan nilai *pairwise comparison* yang akan diperbandingkan untuk mendapatkan nilai bobot prioritas yang akhir.

Untuk memeriksa apakah *pairwise comparison* telah dilakukan dengan konsisten atau tidak dilihat dari nilai *inconsistency ratio* selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 4. Nilai *inconsistency ratio* dari pertanyaan kuisioner tentang strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu

yang diajukan kepada responden tidak terdapat pertanyaan yang memiliki nilai *inconsistency ratio* lebih dari 0,1. *Pairwise comparison* yang telah dilakukan dengan konsisten serta tidak perlu diajukan revisi pendapat kepada responden dan mengajukan pertanyaan ulangan untuk perbaikan.

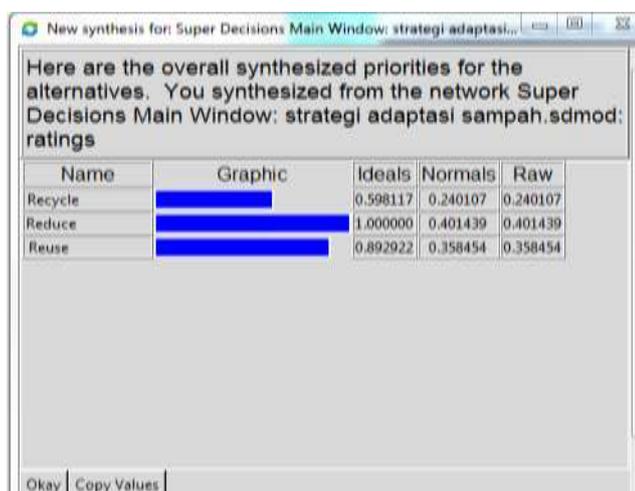
Tabel 4.47 Hasil Pembobotan Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan di Kota Batu

<i>Name</i>	<i>Normalized By Cluster</i>	<i>Limiting</i>	<i>Rank</i>
Kriteria Kelestarian Lingkungan	0.19997	0.099985	3
Kriteria Pemahaman	0.36773	0.183866	1***
Kriteria Perilaku	0.28188	0.140939	2
Kriteria Teknis Operasional	0.15042	0.075210	4
Alternatif <i>Recycle</i>	0.24003	0.120013	3
Alternatif <i>Reduce</i>	0.40155	0.200775	1***
Alternatif <i>Reuse</i>	0.35842	0.179211	2

Hasil pembobotan untuk strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.47. Hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria yang memiliki bobot terbesar yaitu pemahaman dengan bobot *limiting* sebesar 0,099985. Terpilihnya kriteria pemahaman sebagai prioritas utama menunjukkan bahwa pemahaman masyarakat dalam penanganan sampah merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan untuk strategi adaptasi sektor persampahan penurunan emisi GRK di Kota Batu. Semakin besar pemahaman masyarakat dalam penanganan sampah, maka masyarakat akan dapat beradaptasi dengan kondisi jumlah sampah yang makin besar. Oleh karena itu diperlukan dukungan pemerintah untuk memberikan pemahaman masyarakat dalam penanganan sampah dari sektor persampahan dengan beberapa alternatif strategi adaptasi sektor persampahan di Kota Batu.

Hasil pembobotan alternatif dapat diketahui bahwa bobot terbesar alternatif *reduce* dengan nilai bobot *limiting* 0,200775. Alternatif *reduce* bertujuan mengurangi sampah dari sumbernya sehingga jumlah timbulan sampah dapat berkurang. Jumlah timbulan sampah yang berkurang akan mengurangi beban dalam pengelolaan persampahan di Kota Batu dan nantinya akan mengurangi emisi GRK dari sektor persampahan di Kota Batu. Sintesis prioritas strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu ditunjukkan

pada Gambar 4.9. Hasil sintesis AHP menunjukkan bahwa *reduce* adalah alternatif terbaik untuk strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu dengan nilai prioritas ideal yaitu nilai prioritas kolom ideal 1,00, selanjutnya adalah *reuse* 0,8929, dan *recycle* 0,5981.



Gambar 4.9 Prioritas Alternatif Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan

4.3.4 Penentuan Prioritas Strategi Mitigasi Sektor Persampahan

Analisis AHP kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu ditetapkan tiga level. Level pertama adalah tujuan, yaitu kegiatan yang efektif dan efisien untuk mereduksi emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu. Level kedua adalah kriteria yang digunakan untuk menentukan prioritas kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan, dan level ketiga adalah alternatif kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu.

Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan prioritas kegiatan mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu yaitu (Widawati *et al.*, 2014):

1. Sosial

Pertimbangan aspek sosial dalam usulan penerapan teknologi pengolahan sampah penting dilakukan. Pertimbangan tersebut bertujuan agar penerapan teknologi pada masa yang akan datang tidak akan menimbulkan masalah sosial.

2. Ekonomi

Aspek ekonomi perlu dipertimbangkan dalam memberikan usulan teknologi pengolahan sampah. Dalam penentuan teknologi pengolahan sampah, permasalahan mengenai biaya yang akan dikeluarkan tentu menjadi pertimbangan tersendiri.

3. Lingkungan

Kegiatan pengolahan sampah yang tidak benar dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Selain itu, sampah juga merupakan sumber dari berbagai bibit penyakit. Penumpukan sampah yang berlebih juga merusak kelestarian dan keindahan lingkungan sekitarnya.

4. Teknis

Pertimbangan aspek teknis dalam menentukan alternatif teknologi pengolahan sampah adalah untuk menjamin bahwa teknologi tersebut dapat diimplementasikan di lapangan.

Alternatif kegiatan dari strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu pada penelitian ini yaitu (Surjandari *et al.*, 2009):

1. Kompos

Pengolahan sampah dengan pengomposan merupakan cara penumpukan sampah pada lubang kecil dalam jangka waktu tertentu untuk menghasilkan pupuk yang alamiah atau proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap buangan organik yang *biodegradable*.

2. *Landfill*

Pada *Landfill* sebenarnya sampah tidak dimusnahkan secara langsung, namun dibiarkan membusuk menjadi bahan organik. Metode penumpukan bersifat murah dan sederhana, tetapi menimbulkan beberapa risiko antara lain:

berjangkitnya penyakit menular, menyebabkan pencemaran (terutama bau dan kotoran).

3. *Recycle*

Pengolahan sampah dengan *recycle* merupakan salah satu strategi pengelolaan sampah padat yang terdiri atas kegiatan pemilahan, pengumpulan, pemrosesan, pendistribusian dan pembuatan produk/material bekas pakai. Proses *recycle* dipengaruhi oleh faktor fraksional (persentase) kemampuan memilah, waktu pengiriman dan waktu pengolahan. Sifat dari *recycle* adalah menunda penumpukan sampah yang sifatnya anorganik, maka lambat laun hasil atau produknya pun akan menjadi sampah kembali.

4. *Insenerator*

Metode ini dapat dilakukan hanya untuk sampah yang dapat dibakar habis. Harus diusahakan jauh dari pemukiman untuk menghindari pencemaran (asap dan bau) dan kebakaran.

Setelah membuat model hirarki selanjutnya dapat ditentukan nilai *pairwise comparison* (perbandingan berpasangan) antar kriteria dan antar alternatif untuk setiap kategori strategi mitigasi sektor persampahan penurunan emisi GRK di Kota Batu. Nilai *pairwise comparison* diperoleh dari kuisisioner yang disebarakan pada 10 responden *expert* yang terpilih di Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu. Nilai bobot prioritas tiap kategori yang diperoleh berdasarkan nilai *pairwise comparison* yang akan diperbandingkan untuk mendapatkan nilai bobot prioritas yang akhir.

Untuk memeriksa apakah *pairwise comparison* telah dilakukan dengan konsisten atau tidak dilihat dari nilai *inconsistency ratio* selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 5. Nilai *inconsistency ratio* dari pertanyaan kuisisioner tentang strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu yang diajukan kepada responden tidak terdapat pertanyaan yang memiliki nilai *inconsistency ratio* lebih dari 0,1. *Pairwise comparison* yang telah dilakukan dengan konsisten serta tidak perlu diajukan revisi pendapat kepada responden dan mengajukan pertanyaan ulangan untuk perbaikan.

Tabel 4.48 Hasil Pembobotan Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan di Kota Batu

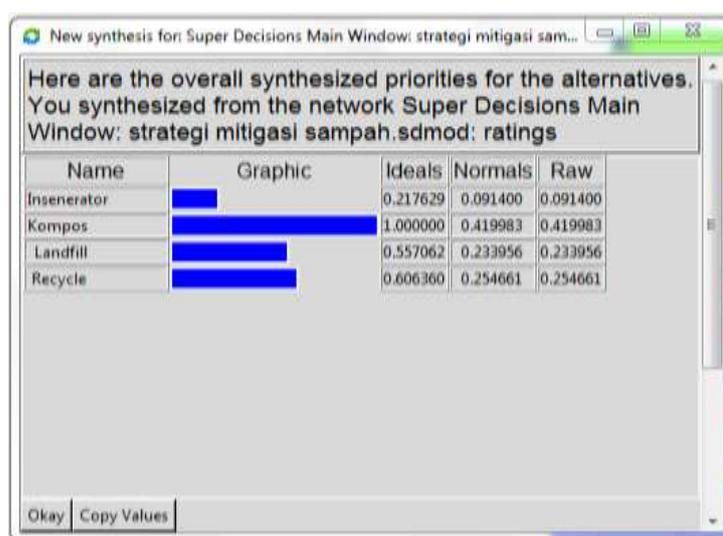
<i>Name</i>	<i>Normalized By Cluster</i>	<i>Limiting</i>	<i>Rank</i>
Kriteria Ekonomi	0.13299	0.066496	4
Kriteria Lingkungan	0.41301	0.206506	1***
Kriteria Sosial	0.31842	0.159210	2
Kriteria Teknis	0.13558	0.067788	3
Alternatif Insenerator	0.09136	0.045679	4
Alternatif Kompos	0.41994	0.209968	1***
Alternatif <i>Landfill</i>	0.23403	0.117016	3
Alternatif <i>Recycle</i>	0.25467	0.127337	2

Hasil pembobotan untuk strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.48. Hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria yang memiliki bobot terbesar yaitu lingkungan dengan bobot *limiting* sebesar 0,206506. Terpilihnya kriteria lingkungan sebagai prioritas utama menunjukkan bahwa lingkungan merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan untuk strategi mitigasi sektor persampahan penurunan emisi GRK di Kota Batu. Semakin besar dampak lingkungan dari sektor persampahan, maka semakin besar upaya penurunan emisi GRK untuk dilakukan. Oleh karena itu diperlukan dukungan pemerintah untuk menanggulangi dampak lingkungan dengan beberapa alternatif strategi mitigasi sektor persampahan di Kota Batu.

Hasil pembobotan alternatif dapat diketahui bahwa bobot terbesar alternatif pengomposan dengan nilai bobot *limiting* 0.209968. Pengomposan merupakan alternatif pemecahan masalah manajemen sampah. Pengomposan menggunakan proses biologis dimana bahan organik didegradasi pada kondisi aerobik terkendali. Dekomposisi dan transformasi bahan organik dilakukan oleh bakteri, fungi dan mikroorganisme lainnya. Menurut Suprihatin *et al* (2012) pada kondisi optimum, pengomposan dapat mereduksi volume bahan baku sebesar 50-70%. Sebagai ilustrasi, 1000 ton sampah dapat dikonversi menjadi 400-500 kompos yang siap untuk digunakan/ dipasarkan.

Sintesis prioritas strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu ditunjukkan pada Gambar 4.14. Hasil sintesis menunjukkan bahwa pengomposan adalah alternatif terbaik untuk strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu dengan nilai prioritas

ideal yaitu nilai prioritas kolom ideal 1,00, selanjutnya adalah *recycle* 0,6063, *landfill* 0,557, dan insenerator 0,2176. Namun prioritas pengomposan dalam strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan berdasarkan perhitungan penurunan emisi GRK hanya menyumbang -10,83% pada tahun 2030. Hal ini dikarenakan dalam proses pengomposan pengelolaan sampah hanya pada jenis bahan organik. Oleh karena itu kebijakan pengomposan sebaiknya didukung dan dikombinasikan dengan strategi *Recycle* yang dapat mengelola bahan anorganik serta dapat menurunkan emisi GRK -25,32% pada tahun 2030.



Gambar 4.14 Prioritas Alternatif Strategi Mitigasi Sektor Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan

4.4 Rencana Penurunan Emisi GRK di Kota Batu

Berdasarkan inventarisasi emisi GRK di Kota Batu, sektor transportasi menyumbang emisi GRK lebih besar daripada sektor persampahan. Hasil perhitungan emisi GRK pada tahun 2030 sektor transportasi akan menyumbang emisi GRK sebesar 2072,64 Gg CO₂ sedangkan sektor persampahan menyumbang emisi GRK sebesar 11,68 Gg CO₂-eq. Hal ini menyebabkan sektor transportasi memiliki prioritas yang lebih besar untuk penurunan emisi GRK di Kota Batu dibandingkan sektor persampahan.

Penyusunan rencana penurunan emisi GRK Kota Batu tahun 2010-2030 dilakukan dengan tetap mempertimbangkan filosofi pembangunan Kota

Batu yaitu: “HAKARYO GUNO MAMAYU BAWONO” merupakan sasanti yang bermakna Berkarya Guna Membangun Negara. Filosofi tersebut sebagai perwujudan dari tekad Pemerintah dan masyarakat Kota Batu yang senantiasa bekerja keras, pantang menyerah dan selalu menjaga keserasian. Visi penurunan emisi GRK di Kota Batu tahun 2010-2030 yaitu: “Terwujudnya Kota Batu yang asri dan lestari”. Untuk dapat mencapai visi tersebut, misi Kota Batu terkait penurunan emisi GRK tahun 2010-2030 yaitu melaksanakan pembangunan keberlanjutan yang dapat menghadapi tantangan perubahan iklim dan pemanasan global yang mempengaruhi kehidupan dan kegiatan manusia. Sasaran penurunan emisi GRK di Kota Batu tahun 2010-2030 yaitu:

1. Melakukan identifikasi sumber-sumber emisi GRK.
2. Melakukan perhitungan emisi GRK.
3. Melakukan analisis *baseline* emisi GRK.
4. Melakukan analisis mitigasi dan perkiraan penurunan emisi GRK.
5. Menyusun skala prioritas.
6. Merumuskan skenario, strategi, rencana dan roadmap implementasi penurunan emisi GRK.
7. Melakukan monitoring dan evaluasi pelaksanaan penurunan emisi GRK.

Agar pelaksanaan pembangunan jangka panjang tetap mengarah pada pencapaian sasaran, maka perlu disusun rumusan kebijakan yang berfungsi sebagai pengarah. Kebijakan merupakan arah tindakan yang akan diambil oleh Pemerintah Kota Batu dalam rencana penurunan emisi GRK di Kota Batu tahun 2010-2030. Arahan penurunan emisi GRK di Kota Batu tahun 2010-2030 sebagai berikut:

1. Pelaksanaan dan/atau pengkoordinasian inventarisasi GRK di Kota Batu yang dapat dipercaya, akurat, konsisten, dan berkelanjutan.
2. Penghitungan/estimasi emisi dan serapan GRK.
3. Pelaksanaan inventarisasi emisi GRK.
4. Pelaporan tingkat dan status emisi GRK.
5. Pemantauan tingkat dan status emisi GRK.
6. Penyusunan dokumen tingkat dan status emisi GRK.

Untuk mencapai sasaran yang telah ditetapkan, rencana penurunan emisi GRK jangka panjang Kota Batu membutuhkan tahapan dan prioritas yang akan menjadi agenda dalam rencana penurunan emisi GRK jangka menengah. Tahapan dan prioritas yang ditetapkan mencerminkan keutamaan permasalahan yang hendak diselesaikan, tanpa mengabaikan permasalahan lainnya. Oleh karena itu, tekanan prioritas dalam setiap tahapan berbeda-beda, tetapi semua itu harus berkesinambungan dari periode ke periode berikutnya dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan jangka panjang. Adapun rencana penurunan emisi GRK jangka panjang di Kota Batu disusun selama 20 tahun yang terdiri dari 4 tahapan prioritas pembangunan selama 4 tahunan sebagai penjabaran dari rencana penurunan emisi GRK jangka menengah. Penyusunan tahapan perencanaan penurunan emisi GRK di Kota Batu didasarkan pada hasil perhitungan program pencapaian penurunan emisi GRK dan prioritas strategi adaptasi dan mitigasi sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu. Rincian pertahapan penurunan emisi GRK di Kota Batu tahun 2010-2030 dapat dilihat pada Tabel 4.49.

Berdasarkan hasil analisis data perhitungan penurunan emisi GRK, maka dapat ditentukan target pencapaian penurunan emisi GRK di Kota Batu di tahun 2030 sebesar 12% pada sektor transportasi dan 30% pada sektor persampahan. Sektor transportasi memiliki target pencapaian penurunan emisi GRK yang lebih kecil dibandingkan sektor persampahan dikarenakan sektor transportasi lebih sulit untuk dikendalikan dan mudah berubah dari segi tujuan perjalanan, jenis angkutan dan jenis bahan bakar yang digunakan. Selain itu, sesuai dengan daerah pengembangan Kota Batu di bidang pariwisata menyebabkan sektor transportasi mengalami pertumbuhan kepadatan lalu lintas yang tinggi.

Tabel 4.49 Perencanaan Penurunan Emisi GRK di Kota Batu Tahun 2010-2030

Rencana Aksi	Tahapan Penurunan Emisi GRK			
	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
Sektor Transportasi				
	1. Evaluasi kebijakan sektor transportasi, tata ruang, dan kebijakan sektoral lainnya.	1. Peremajaan armada angkutan umum dengan pergantian kendaraan angkutan umum yang lama, yang sudah tidak laik jalan digantikan dengan kendaraan yang baru.	1. Pembangunan <i>Intelligent Transport System</i> (ITS) sebagai teknologi komunikasi dan informasi yang diterapkan pada sarana dan prasarana transportasi untuk meningkatkan kualitas pelayanan transportasi.	1. Penerapan manajemen parkir mempengaruhi kenyamanan dan kemudahan untuk mencapai tujuan perjalanan (aksesibilitas secara keseluruhan).
	2. Perencanaan transportasi terintegrasi.	2. Gasifikasi angkutan umum dengan mengkonversi penggunaan bahan bakar minyak (BBM) ke bahan bakar gas (BBG) pada angkutan umum dengan	2. Penerapan Pengendalian Analisis Dampak Lalu Lintas (Andalalin) dari pembangunan pusat kegiatan, permukiman dan infrastruktur.	2. Reformasi sistem transit <i>Bus Rapid Transit</i> (BRT) menggunakan mobil bus dengan lajur khusus sehingga meningkatkan kapasitas angkut yang bersifat masal.

		menggunakan <i>converter kit</i> .		
	3. Studi moda <i>shift</i> dan kendaraan pribadi ke angkutan masal.	4. Pelatihan dan sosialisasi <i>Smart Driving</i> membuat strategi perilaku pengemudi dalam berkendara agar dicapai konsumsi bahan bakar yang paling efisien.		
Sektor Persampahan				
	1. Review kebijakan pengelolaan persampahan	1. Mengurangi sampah sebanyak mungkin dari sumbernya dengan menerapkan prinsip 3R.	1. Meningkatkan pembuatan kompos pada setiap TPS di Kota Batu.	1. Mengurangi pembakaran sampah dan sampah terhampa sembarangan dengan meningkatkan cakupan layanan TPA.
		2. Meningkatkan spesifikasi TPA dari <i>unmanaged shallow</i> menjadi <i>managed semiaerobik</i> .		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang sudah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Emisi GRK skenario BAU dari sektor transportasi di Kota Batu pada tahun 2030 mencapai 2072,64 Gg CO₂ dengan emisi CO₂ kepemilikan kendaraan 234,28 Gg CO₂ dan kunjungan wisatawan 1838,37 Gg CO₂. Emisi GRK skenario BAU dari sektor persampahan di Kota Batu pada tahun 2030 mencapai 11,686 Gg CO₂-eq dengan kontribusi terbesar dari sampah tidak terkelola sebesar 5,106 Gg CO₂-eq.
2. Penurunan emisi GRK sektor transportasi dari setiap skenario yang paling besar menghasilkan penurunan emisi GRK yaitu skenario 1 sebesar -6,13% dari skenario BAU pada tahun 2030. Skenario 1 direncanakan pembangunan *Intelligent Transport System (ITS)* sebagai teknologi komunikasi dan informasi yang diterapkan pada sarana dan prasarana transportasi. Penurunan emisi GRK sektor persampahan dari setiap skenario yang paling besar menghasilkan penurunan emisi GRK yaitu skenario 3 sebesar -25,32% dari skenario BAU pada tahun 2030. Skenario 3 direncanakan pengurangan persampahan sebanyak mungkin dari sumbernya dengan menerapkan prinsip 3R.
3. Hasil sintesis AHP strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu menghasilkan prioritas tertinggi alternatif peningkatan RTH. Hasil sintesis AHP strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor transportasi di Kota Batu menghasilkan prioritas tertinggi alternatif peremajaan angkutan umum. Hasil sintesis AHP strategi adaptasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu menghasilkan prioritas tertinggi alternatif *reduce*. Hasil sintesis AHP strategi mitigasi penurunan emisi GRK sektor persampahan di Kota Batu menghasilkan prioritas tertinggi alternatif pengomposan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Diperlukan penyempurnaan data dalam inventarisasi emisi GRK dengan pengambilan data langsung di lapangan agar hasil perhitungan emisi lebih mendekati kondisi sebenarnya;
2. Dalam penentuan strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK di Kota Batu diperlukan kerjasama yang baik antara pemerintah Kota Batu dan masyarakat sehingga strategi yang diterapkan dapat berkelanjutan dan mengurangi dampak perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Adak, P., Sahu, R., dan Elumalai, S. P. 2016. **Development of Emission Factors for Motorcycles and Shared Auto-Rickshaws Using Real-World Driving Cycle for A Typical Indian City**. *Journal of Science of the Total Environment*, 544, pp. 299–308.
- Affandy, N. A., Isnaini, E., dan Yulianti, C. H. 2015. **Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Komprehensif Menuju Zero Waste**. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III, Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya, pp. 803-814
- Amalia, R.D dan Syafei, A.D. 2017. **Strategi Pengendalian Pencemaran Gas CO Dari Aktivitas Transportasi di Kota Batu, Jawa Timur**. Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Anggraini, F. 2011. **Aspek Kelembagaan Pada Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Regional**. *Jurnal Permukiman*, 06(02), pp. 65-74.
- Arief, S. 2013. **Pengelolaan Sampah Malang Raya Menuju Pengelolaan Sampah Terpadu Yang Berbasis Partisipasi Masyarakat**. *Jurnal Humanity*, 08 (02), pp. 195-208.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Batu. 2012. **Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kota Batu tahun 2005-2025**. Batu.
- _____. 2014. **Laporan Penyusunan Master Plan Pengelolaan Persampahan Kota Batu**. Batu.
- _____. 2014. **Peta Administrasi Kota Batu**. Batu.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). 2011 **Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca**. Jakarta.
- _____. 2012. **Modul Pelatihan Inventarisasi GRK Bidang Pengelolaan Limbah**. Jakarta.
- _____. 2014. **Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API)**. Jakarta.

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu. 2016. **Statistik Daerah Kota Batu 2016**. Seksi Neraca Wilayah dan Analisis Statistik. Batu.
- Boedoyo, M.S. 2008. **Penerapan Teknologi untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca**. Jurnal Teknik Lingkungan, 09(01), pp. 09–16.
- Budiyanto, M. A. K. 2010. **Teknik Pengembangan Industri Ekotourisme Kota Batu Provinsi Jawa Timur dalam Perspektif Kebijakan**. Jurnal Teknik Industri, 11(01), pp. 35–41.
- Canter, L.W. 1996. **Environmental Impact Assessment**. Mc. Graw Hill. New York.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. 2010. **Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi**. Jakarta.
- Fransisco, T. 2010. **Museum Budaya Dayak di Kota Palangka Raya**. Skripsi. Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Hanas, I., dan Sasmita, N. 2014. **Mengembangkan Pariwisata Membangun Kota: Kota Batu, 2001-2012**. Artikel Ilmiah Mahasiswa 2014. UNEJ PRESS.
- Hickman, A. J. 1999. **Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption**. Transport Research Laboratory. UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan.
-
- _____. 2001. **Climate Change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK, and New York, Cambridge University Press.
- Jatmiko, W. 2013. **Analisis Dampak Pemasangan ATCS Terhadap Emisi Gas Buang (CO₂) di Jl. Jend. Sudirman Kota Tangerang**. Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota, 09(02), pp. 134-143.
- Javid, R. J., Nejat, A., dan Hayhoe, K. 2014. **Selection Of CO₂ Mitigation Strategies For Road Transportation In The United States Using A Multi-Criteria Approach**. Renewable and Sustainable Energy Reviews (38), pp. 960–972.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2012. **Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi**. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional**. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan. 2012. **Buku Petunjuk Perhitungan Emisi CO₂ RAD-GRK Sektor Transportasi Darat**. Jakarta.
- _____. 2010. **Perhitungan Emisi CO₂ dengan Skenario BaU (“Business as Usual”) Sektor Transportasi Jalan di Indonesia**. Jakarta.
- Klein, R.J.T. dan Huq, S. 2007. **Inter-Relationships Between Adaptation and Mitigation. Fourth Assessment Report (AR4): Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press. Cambridge UK.
- Kusuma, W.P. 2011. **Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Surabaya Bagian Barat**. Surabaya. Teknik Lingkungan ITS.
- Lundie, S., Schulz, M., dan Petters, G. 2009. **Carbon Footprint Measurement – Methodology Report**. The Center for Water and Waste Technology, Scion and AgResearch. USA.
- Mandra, M. 2013. **Model Dinamik Pengendalian Emisi Kendaraan Bermotor di Kota Makassar**. PhD diss., Institut Pertanian Bogor.
- Meiviana, A., Sulistiowati, D. R., dan Soejachmoen, M. H. 2004. **Bumi Makin Panas Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia**. KLH JICA PELANGI. Jakarta.
- Munawar, A. 2005. **Dasar- Dasar Teknik Transportasi**. Penerbit Beta Offset. Jogjakarta.
- Nurhidayat, S. E. 2009. **Sistem Pariwisata di Agropolitan Batu**. Jurnal Masyarakat, Kebudayaan dan Politik, 22 (01), pp. 76–85.
- Peraturan Daerah Kota Batu. 2011. **Peraturan Daerah Kota Batu No. 7 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Batu Tahun 2010-2030**. Batu.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK)**. Jakarta.

- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Presiden No. 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional**. Jakarta.
- Rahayu, A., Bambang, A. N., dan Hadirman, G. 2013. **Strategi Peningkatan Status Keberlanjutan Kota Batu**. Jurnal Ekosains, 05(01), pp 21–34.
- Ridwan dan Chazanah, N. 2013. **Penanganan Dampak Perubahan Iklim Global pada Bidang Perkeretaapian Melalui Pendekatan Mitigasi dan Adaptasi**. Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 20 (02), pp. 133-142.
- Saaty, T. L. 1988. **Multicriteria Decision Making : The Analytic Hierarchy Process**. University of Pittsburgh, RWS Publication. USA.
- Samsat Kota Batu. 2016. **Jumlah Kendaraan Kota Batu**. Batu
- Setiawan, B. 2010. **Kajian Awal Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia: Peluang dan Tantangan**. Teknik Sipil. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Setiawan, R. 2004. **Penerapan Manajemen Transportasi Kampus Sebagai Upaya Mengurangi Penggunaan Mobil (Studi Kasus Universitas Kristen Petra)**. Simposium VII FSTPT, Universitas Parahyangan, 11 September 2004, pp. 1-10.
- Slamet, B. 2015. **Analisis Kebijakan Land Use Land Use Change Forestry (LULUCF) dan Skenario Mitigasi dan adaptasi Perubahan Iklim**. Research Gate, Juli 2015.
- Sompie, B.F dan Timboeleng, J.A. 2013. **Analisis Dampak Lalu Lintas (ANDALALIN) Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi**. Jurnal Ilmiah Media Engineering, 03(02), pp. 133-143
- Suprihatin, Indrasti, N. S., dan Romli, M. 2012. **Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca melalui Pengomposan Sampah**. Jurnal Teknologi Industri, 18(01), pp : 53-59.
- Surjandari, I., Hidayatno, A., dan Supriatna, A. 2009. **Model Dinamis Pengelolaan Sampah Untuk Mengurangi Beban Penumpukan**. Jurnal Teknik Industri, 11(02), pp. 134-147.
- Suryadi, K dan Ramdhani, M.A. 1998. **Sistem Pendukung Keputusan: Suatu Wacana Struktural Idelisasi dan Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan**. Remaja Rosdakarya Offset. Bandung.

- Suyuti, R. 2012. **Implementasi "Intelligent Transportation System (ITS)" untuk Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas di DKI Jakarta**. Jurnal Konstruksia, 03(02), pp. 13-21.
- Tanczos, K., dan Torok, A. 2006. **Estimation Method for Emission of Road Transport, Department of Transport Economics**. Journal of Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng, 03, pp. 93–100.
- UNFCCC. 2005. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Germany.
- USEPA. 2006. **Greenhouse Gas Inventory**. USA.
- Widawati, E., Tanudjaja, H., Iskandar, I., dan Budiono, C. 2014. **Kajian Potensi Pengolahan Sampah (Studi Kasus : Kampung Banjarsari)**. Jurnal Metris, 15, pp. 119 – 126
- Wijayanti, W.P. 2013. **Peluang Pengelolaan Sampah Sebagai Strategi Mitigasi dalam Mewujudkan Ketahanan Iklim Kota Semarang**. Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perkotaan, 09 (02), pp. 152-162.
- Wilton, E. 2001. **Good Practice Guide for Preparing Emission Inventory**. Ministry for The Environment - Sustainable Management Fund. New Zealand.
- Zhang, X., Liu, P., Li, Z., dan Yu, H. 2013. **Modeling the Effects of Low-Carbon Emission Constraints on Mode and Route Choices in Transportation Networks**. Journal of Social and Behavioral Sciences, 96, pp. 329-338.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KUISIONER
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

JUDUL TESIS:
STRATEGI ADAPTASI DAN MITIGASI
PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA
(GRK) DI KOTA BATU

Survei ini dilakukan untuk memperoleh data penunjang program pasca sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Data-data dibutuhkan hanya untuk kepentingan studi, dan kami sanggup menjaga kerahasiaan setiap data yang anda berikan. Mohon kiranya kuisisioner ini diisi dengan keadaan yang sebenarnya

OLEH:
JUWITA AMANDA LESTARI
NRP 3315201201

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

DAFTAR KUISIONER
 PENENTUAN PRIORITAS PEMILIHAN
 STRATEGI ADAPTASI DAN MITIGASI PENURUNAN EMISI
 GAS RUMAH KACA (GRK) DI KOTA BATU

Dalam penyusunan strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), pendapat Bapak/Ibu yang lebih diutamakan. Bapak/Ibu dapat memberi penilaian terhadap masing-masing kriteria sesuai tingkat kepentingan dengan skala 1 sampai 9. Nilai dan definisi pendapat skala perbandingan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Intensitas	Keterangan
1	Kriteria/Alternatif A sama penting dengan kriteria/alternatif B
3	A sedikit lebih penting dari B
5	A jelas lebih penting dari B
7	A sangat jelas lebih penting dari B
9	A mutlak lebih penting dari B
2,4,6,8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai berdekatan

Contoh

Dalam penilaian prioritas sekolah pada anak, bagaimana penilaian Bapak/Ibu berdasarkan kriteria umum dan kejuruan di bawah ini (diberi tanda X pada salah satu):

Tanda X menunjukkan arah pertimbangan lebih condong ke kriteria kejuruan

Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kejuruan
------	---	---	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------

Tanda X menunjukkan arah pertimbangan lebih condong ke kriteria umum

Dari jawaban diatas berarti bahwa kriteria umum sangat jelas lebih penting dari kriteria kejuruan.

BIODATA RESPONDEN

Nama :

Jabatan :

Dalam proses penentuan prioritas strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu, ada 3 *stakeholders* yang memiliki tugas sebagai instansi teknis, menyeleksi dan merekomendasikan usulan strategi, yaitu:

1. Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Batu
2. Dinas Perhubungan Kota Batu
3. Dinas Lingkungan Hidup Kota Batu

PERTANYAAN:

Isilah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan memberikan tanda X pada salah satu kolom, dengan pertimbangan apa yang lebih diutamakan untuk menentukan prioritas strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

I. STRATEGI ADAPTASI TRANSPORTASI

1. Dalam menentukan prioritas pelaksanaan penurunan kerentanan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu, bagaimana penilaian Bapak/Ibu berdasarkan kriteria-kriteria di bawah ini.

Paparan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kepekaan
Paparan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemampuan Adaptasi
Kepekaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemampuan Adaptasi

2. Berdasarkan **kriteria paparan**, pelaksanaan strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pengetatan Standar Emisi
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan Jumlah Kendaraan
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi

Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan Jumlah Kendaraan
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Penataan Ruang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Penataan Ruang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pemantauan Kualitas Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau

3. Berdasarkan **kriteria kepekaan**, strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pengetatan Standar Emisi
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan Jumlah Kendaraan
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan Jumlah Kendaraan
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau

Penataan Ruang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Penataan Ruang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pemantauan Kualitas Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau

4. Berdasarkan **kriteria kapasistas adaptasi**, strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pengetatan Standar Emisi
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan Jumlah Kendaraan
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Inspection and Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan Jumlah Kendaraan
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pengetatan Standar Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pajak Emisi
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang

Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pembatasan Jumlah Kendaraan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penataan Ruang
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Pajak Emisi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Penataan Ruang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemantauan Kualitas Udara
Penataan Ruang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau
Pemantauan Kualitas Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peningkatan Ruang Terbuka Hijau

II. STRATEGI MITIGASI TRANSPORTASI

1. Dalam menentukan prioritas pelaksanaan penurunan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu, bagaimana penilaian Bapak/Ibu berdasarkan kriteria-kriteria di bawah ini.

Polusi Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya Investasi
Polusi Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efisiensi
Polusi Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keberlanjutan
Polusi Udara	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Manajemen
Biaya Investasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efisiensi
Biaya Investasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keberlanjutan

Biaya Investasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Manajemen
Efisiensi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keberlanjutan
Efisiensi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Manajemen
Keberlanjutan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Manajemen

2. Berdasarkan **kriteria polusi udara**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ANDALALIN
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit

Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Gasifikasi angkutan umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving

3. Berdasarkan **kriteria biaya investasi**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ANDALALIN
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit

ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Gasifikasi angkutan umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving

4. Berdasarkan **kriteria efisiensi**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ANDALALIN
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum

Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Gasifikasi angkutan umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving

5. Berdasarkan **kriteria keberlanjutan**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ANDALALIN
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving

Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Gasifikasi angkutan umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving

6. Berdasarkan **kriteria kemudahan manajemen**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor transportasi oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ANDALALIN
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Intelligent Transport System	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Manajemen Parkir
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
ANDALALIN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reformasi Sistem Transit
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum

Penerapan Manajemen Parkir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peremajaan Armada Angkutan Umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Reformasi Sistem Transit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gasifikasi angkutan umum
Peremajaan Armada Angkutan Umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving
Gasifikasi angkutan umum	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart Driving

III. STRATEGI ADAPTASI PERSAMPAHAN

1. Dalam menentukan prioritas pelaksanaan penurunan kerentanan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu, bagaimana penilaian Bapak/Ibu berdasarkan kriteria-kriteria di bawah ini.

Perilaku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemahaman
Perilaku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknik Operasional
Perilaku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kelestarian Lingkungan
Pemahaman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknik Operasional
Pemahaman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kelestarian Lingkungan
Teknik Operasional	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kelestarian Lingkungan

2. Berdasarkan **kriteria perilaku**, pelaksanaan strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reuse
Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Reuse	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle

3. Berdasarkan **kriteria pemahaman**, pelaksanaan strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reuse
Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Reuse	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle

4. Berdasarkan **kriteria teknik operasional**, pelaksanaan strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reuse
Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Reuse	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle

5. Berdasarkan **kriteria kelestarian lingkungan**, pelaksanaan strategi adaptasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan kerentanan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reuse
Reduce	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Reuse	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle

IV. STRATEGI MITIGASI PERSAMPAHAN

1. Dalam menentukan prioritas pelaksanaan penurunan emisi GRK oleh pemerintah daerah di Kota Batu, bagaimana penilaian Bapak/Ibu berdasarkan kriteria-kriteria di bawah ini.

Sosial	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ekonomi
Sosial	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lingkungan
Sosial	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknis
Ekonomi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lingkungan
Ekonomi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknis
Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknis

2. Berdasarkan **kriteria sosial**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Landfill
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Recycle	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator

3. Berdasarkan **kriteria ekonomi**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Landfill
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Recycle	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator

4. Berdasarkan **kriteria lingkungan**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

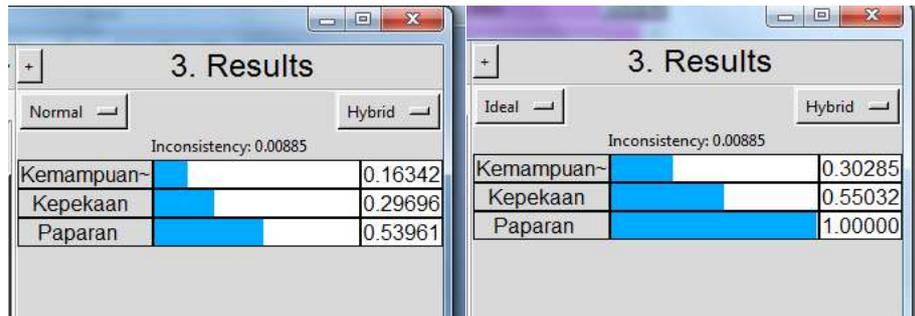
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Landfill
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Recycle	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator

5. Berdasarkan **kriteria teknis**, pelaksanaan strategi mitigasi manakah yang lebih diprioritaskan untuk penurunan emisi GRK sektor persampahan oleh pemerintah daerah di Kota Batu.

Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Landfill
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Kompos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Recycle
Landfill	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator
Recycle	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insenerator

Lampiran 2 Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Adaptasi Transportasi

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu Berdasarkan Kriteria.



Gambar 1. Hasil *computerise* prioritas berdasarkan kriteria
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu Berdasarkan Kriteria **Paparan**.



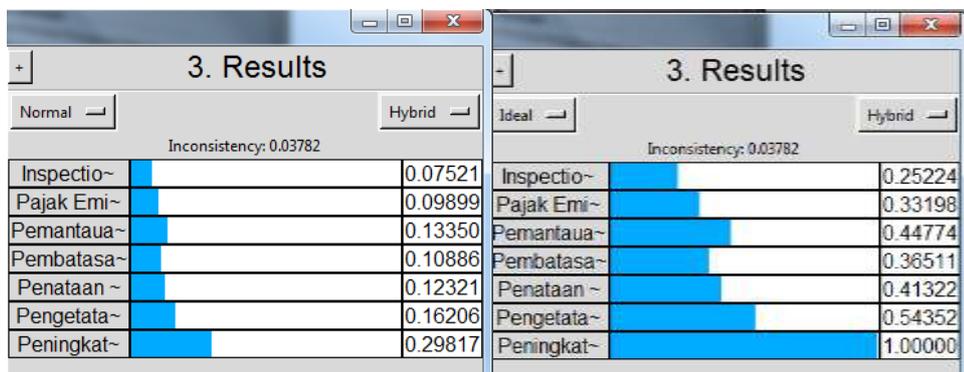
Gambar 2. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria paparan
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu berdasarkan Kriteria **Kepekaan**.

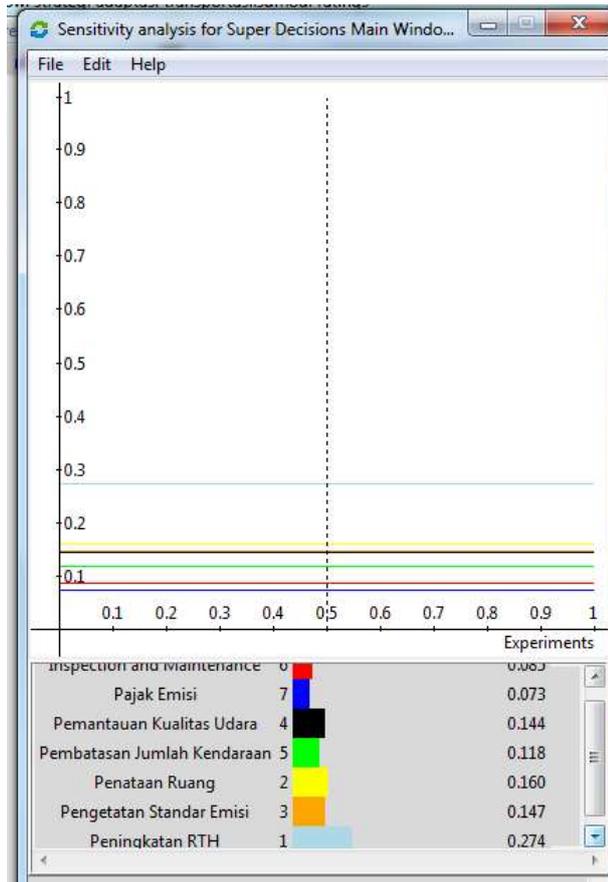


Gambar 3. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria kepekaan
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu Berdasarkan Kriteria **Kemampuan Adaptasi**.



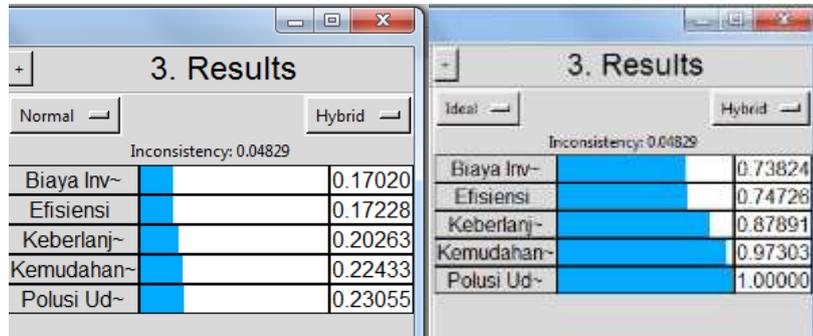
Gambar 4. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria kemampuan adaptasi
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal



Gambar 5. Analisis Sensitivitas untuk Strategi Adaptasi Transportasi

Lampiran 3 Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Mitigasi Transportasi

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu Berdasarkan Kriteria



Gambar 6. Hasil *computerise* prioritas berdasarkan kriteria
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu Berdasarkan Kriteria **Biaya Investasi**.



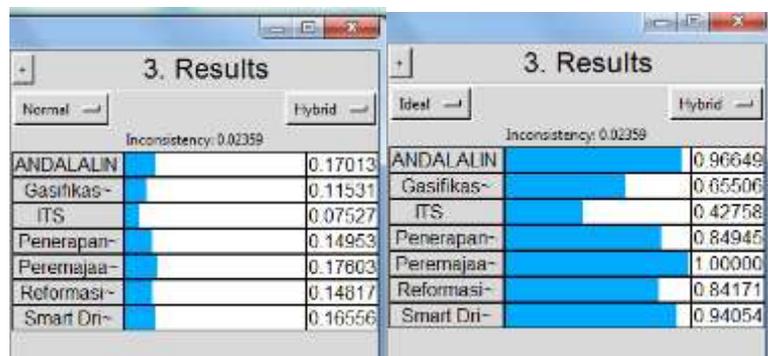
Gambar 7. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria biaya investasi
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu berdasarkan kriteria **efisiensi**.



Gambar 8. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria efisiensi
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu berdasarkan kriteria **keberlanjutan**.



Gambar 9. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria keberlanjutan
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu berdasarkan kriteria **kemudahan manajemen**.

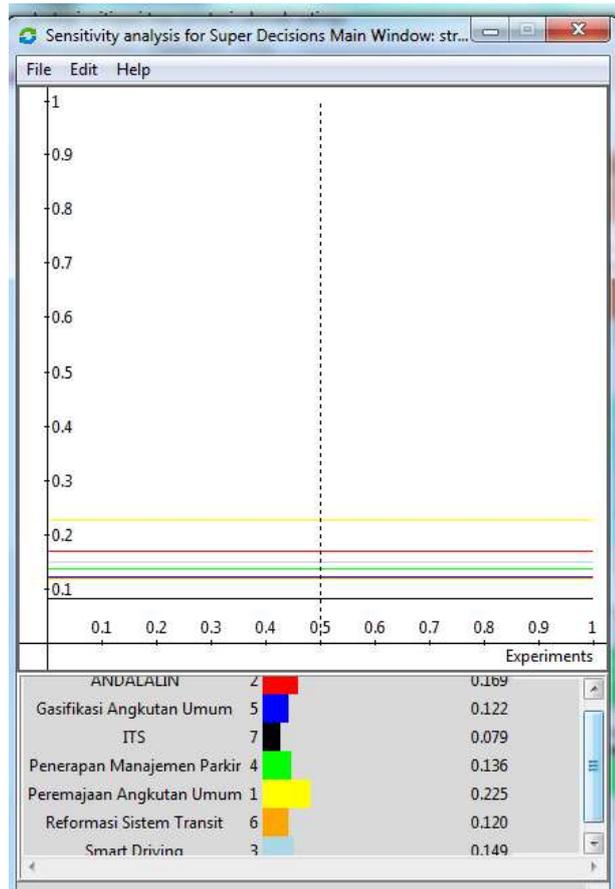


Gambar 10. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria kemudahan manajemen
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Transportasi Kota Batu berdasarkan kriteria **polusi udara**.



Gambar 11. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria polusi udara
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal



Gambar 12. Analisis Sensitivitas untuk Strategi Mitigasi Transportasi

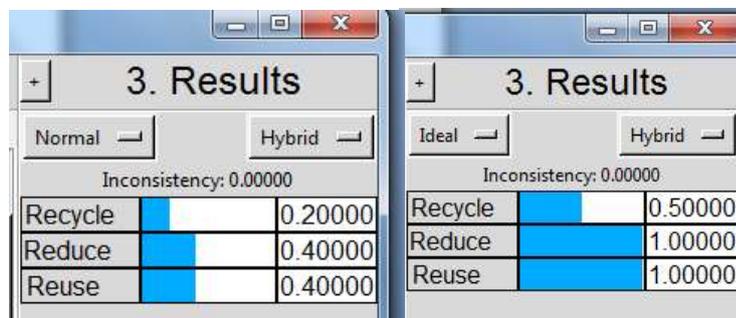
Lampiran 4 Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Adaptasi
Persampahan

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor
Persampahan Kota Batu Berdasarkan Kriteria



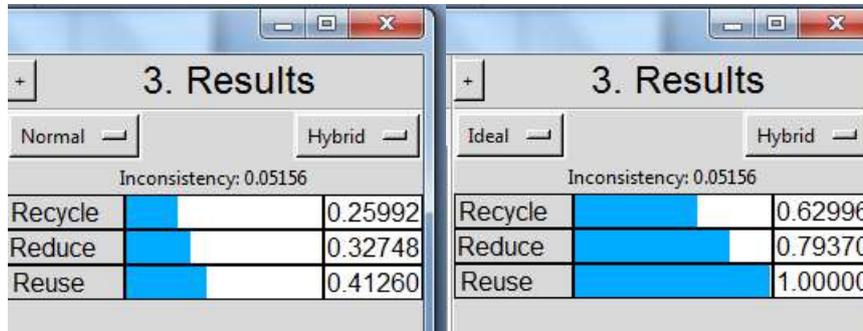
Gambar 13. Hasil *computerise* prioritas berdasarkan kriteria
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK
Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **kelestarian lingkungan**.



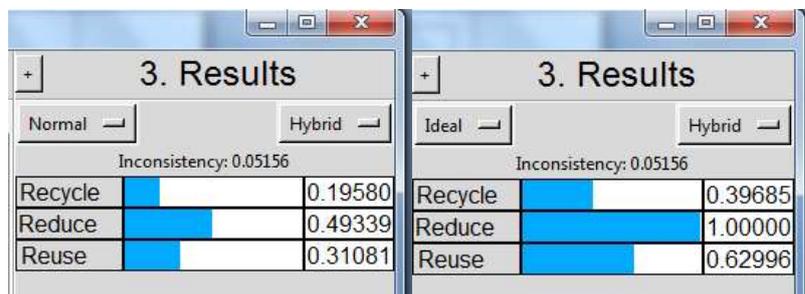
Gambar 14. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria kelestarian lingkungan
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **pemahaman**.



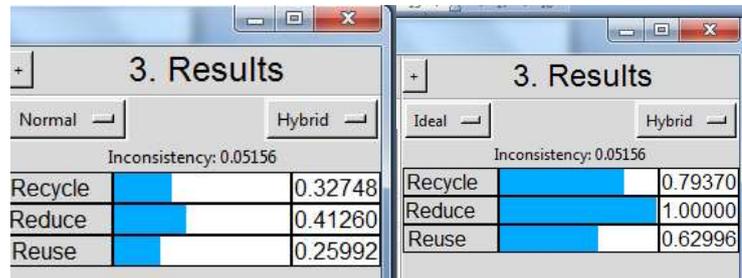
Gambar 15. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria pemahaman
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **perilaku**.

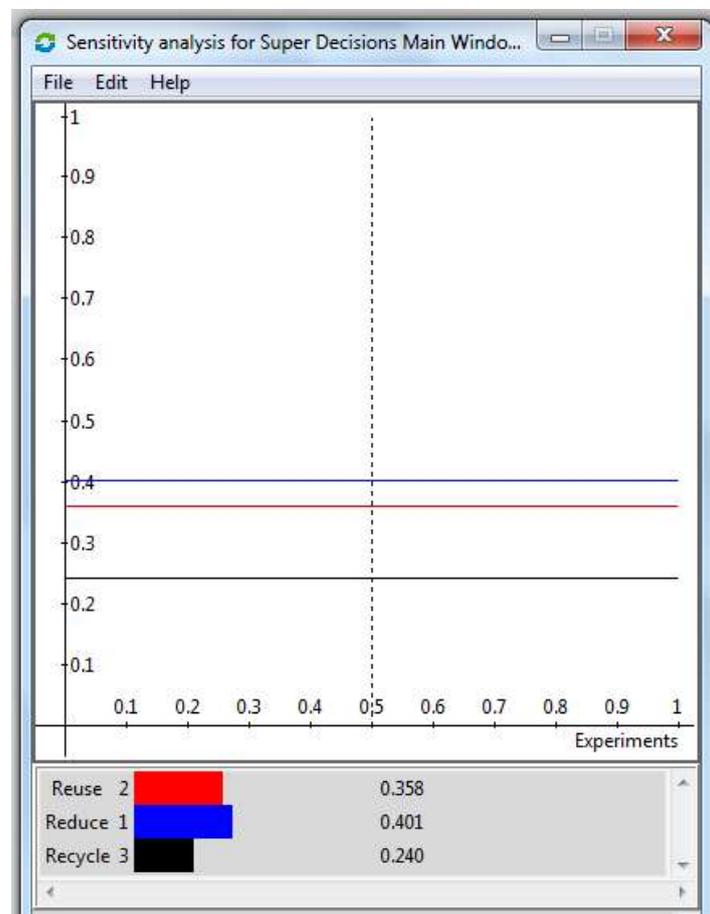


Gambar 16. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria perilaku
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Adaptasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **teknis operasional**.



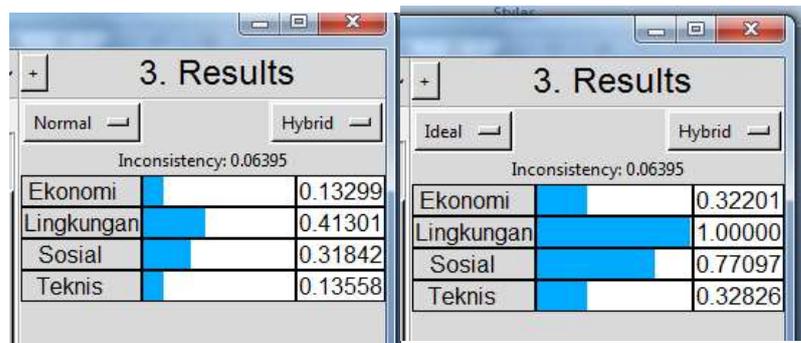
Gambar 17. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria teknis operasional
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal



Gambar 18. Analisis Sensitivitas untuk Strategi Adaptasi Persampahan

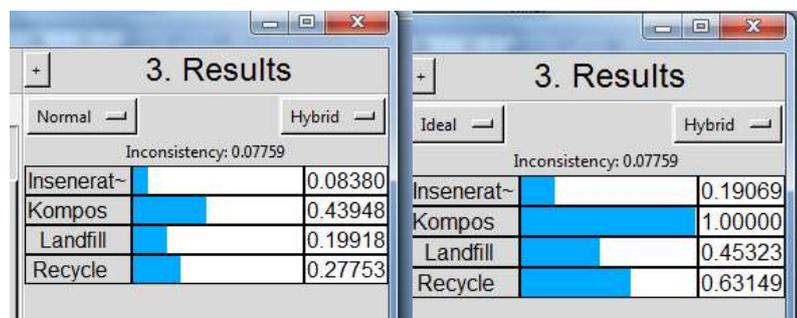
Lampiran 5 Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Mitigasi Persampahan

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu Berdasarkan Kriteria



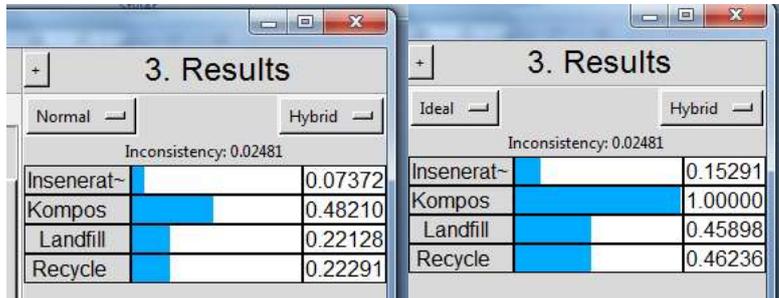
Gambar 19. Hasil *computerise* prioritas berdasarkan kriteria
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **ekonomi**.



Gambar 20. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria ekonomi
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **lingkungan**.



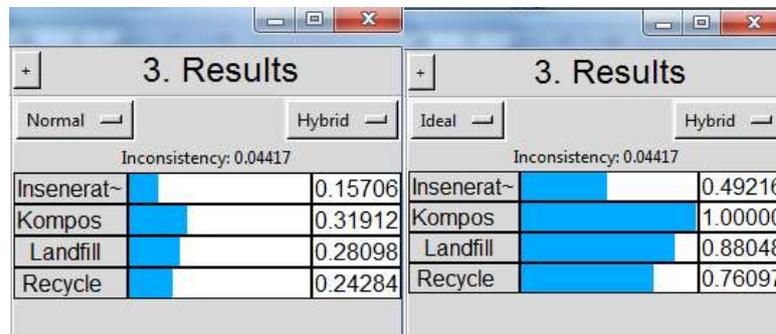
Gambar 21. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria lingkungan
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **sosial**.

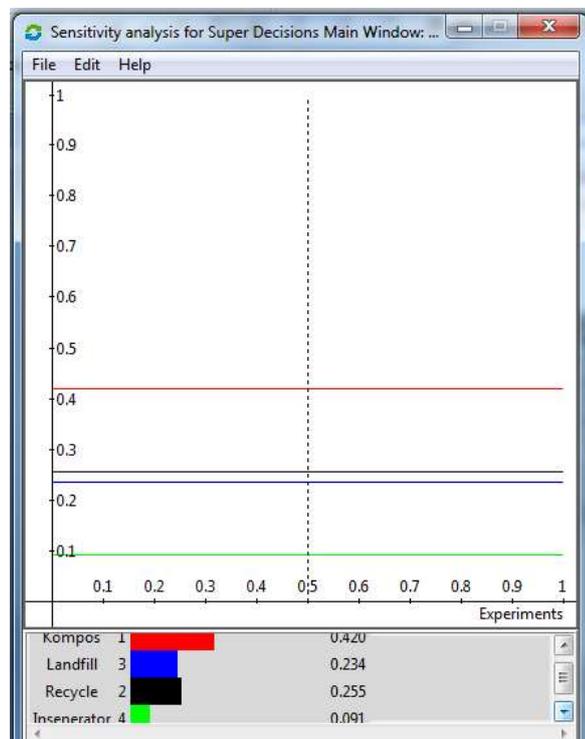


Gambar 22. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria sosial
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal

Nilai *Inconsistency Ratio* dan Prioritas Strategi Strategi Mitigasi Penurunan Emisi GRK Sektor Persampahan Kota Batu berdasarkan kriteria **teknis**.



Gambar 23. Hasil *computerise* prioritas dari kriteria teknis
a Prioritas hasil sintesis; b Prioritas ideal



Gambar 24. Analisis Sensitivitas untuk Strategi Mitigasi Persampahan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 08 Februari 1993 di Bontang dari pasangan Bapak Agus Kasiyanto dan Ibu Sri Rahayu yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan formal pada tahun 1999-2005 di SD 2 Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, tahun 2005-2008 di SMP Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, tahun 2008-2011 di SMA Negeri 5 Malang, dan pada tahun 2011-2015, penulis melanjutkan pendidikan perkuliahan di Universitas Brawijaya Malang melalui jalur test Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) di Progam Studi Teknik Lingkungan. Pada semester genap tahun ajaran 2015-2016 penulis melanjutkan kuliah magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Lingkungan. Kemudian penulis menyelesaikan program magister pada tahun 2017 dengan judul tesis “Strategi Adaptasi dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Transportasi dan Sektor Persampahan di Kota Batu”. Alamat email kontak penulis juwitaamandal@gmail.com.