



---

TESIS - RE142541

# **STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN GAS CO DARI AKTIVITAS TRANSPORTASI DI KOTA BATU, JAWA TIMUR**

**RIZKI DWIKA AMALIA  
3315201007**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM**

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



---

THESIS - RE142541

# **CONTROL STRATEGY OF CO POLLUTION FROM TRANSPORTATION ACTIVITIES IN BATU, EAST JAVA**

**RIZKI DWIKA AMALIA  
3315201007**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM**

**MASTER PROGRAM  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Rizki Dwika Amalia

NRP. 3315 201 007

Tanggal Ujian : 06 Januari 2017

Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui Oleh :

1. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

(Pembimbing)

NIP : 19820119 200501 1 001

2. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

(Penguji)

NIP : 19540824 198403 1 001

3. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT

(Penguji)

NIP : 19660116 199703 1 001

4. Arseto Yekti Bagastyo, ST, Mphil, PhD

(Penguji)

NIP : 19820804 200501 1 001

an, Direktur Program Pascasarjana  
Asisten Direktur

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Sri Widjaja, M.Eng.

NIP. 1964001 198603 1 001

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD

NIP. 19601202 198701 1 001

# STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN GAS CO DARI AKTIVITAS TRANSPORTASI DI KOTA BATU, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Rizki Dwika Amalia  
NRP : 3315201007  
Pembimbing : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM

## ABSTRAK

Kota Batu, salah satu kota di Jawa Timur, memiliki beberapa wilayah strategis bagi pengembangan sektor pariwisata. Hal ini menyebabkan jumlah kendaraan yang semakin meningkat, dan berdampak pada tingkat pencemaran udara. Tingginya konsentrasi emisi gas karbon monoksida (CO) merupakan salah satu indikator tingkat pencemaran udara. Penelitian ini menggunakan *Box Model* untuk mengetahui tingkat pencemaran udara oleh gas CO di Kota Batu yang ditinjau dari jenis jalan, yaitu jalan 2 arah dan 1 arah pada variasi topografi. Kemudian, rekomendasi strategi pengendalian pada aspek teknis, lingkungan, dan kelembagaan diterapkan untuk mengurangi adanya penyebaran emisi. Tujuan dalam penelitian ini adalah menentukan tingkat konsentrasi gas CO menggunakan *Box Model*, menentukan dispersi gas CO, dan merekomendasi strategi yang diterapkan dalam pengendalian pencemaran gas CO.

Metode dalam penelitian ini menggunakan pengambilan *sample* gas CO dan *traffic counting*. Pengolahan data berupa pemodelan pencemaran gas CO menggunakan *Box Model*. Analisis data berupa strategi yang dilakukan dalam pengendalian gas CO di Kota Batu yang ditinjau dari aspek teknis, lingkungan, dan kelembagaan. Hasil dalam penelitian ini adalah (1) tingkat konsentrasi gas CO tertinggi berada di jalan menanjak dengan jenis kendaraan berupa truk dan bus; (2) dispersi tertinggi berada di Kelurahan Temas; dan (3) strategi pengendalian berupa pengurangan jumlah kendaraan di seluruh kawasan, pengurangan jumlah kendaraan bus dan truk di kawasan pariwisata, penerapan rute jalan pada topografi mendatar, dan penerapan *green building*.

Kata kunci: *Box Model*, Gas CO, Pencemaran, Strategi Pengendalian, Transportasi

# **CONTROL STRATEGY OF CO POLLUTION FROM TRANSPORTATION ACTIVITIES IN BATU, EAST JAVA**

Name : Rizki Dwika Amalia  
Student ID : 3315201007  
Advisor : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM

## **ABSTRACT**

Batu, one of the cities in East Java, has some strategic areas for developing tourism sector. This causes the increase in the number of vehicles, and has impact on the pollution level. The high concentration on Carbon Monoxide (CO) gas emission is one of the indicators of air pollution level. This study used Box Model to determine the air pollution level on CO gas in Batu based on the road types, which are the 2-way and 1-way road on the topographic variations. Then, the recommendations of control strategy on the technical, environmental, and regulation aspects are implemented to reduce the dispersion of CO gas level. The purposes of this study are to determine CO gas concentration level using Box Model, to determine CO gas dispersion and to recommend the implemented strategies to control CO gas pollution.

The method of this study was CO gas sampling and traffic counting. The data process was modeling CO gas pollution using Box Model. The data analysis used the strategy which is done to control CO gas in Batu based on technical, environmental and regulation aspects. The results of this study are (1) the highest level of CO gas concentration is in the up road with trucks and buses; (2) the highest dispersion is in Teras village; and (3) the control strategy is done by reducing the number of vehicles in all areas, reducing the number of buses and trucks in tourism areas, implementing routes on flat roads, and adopting green building.

Keywords: Box Model, CO Gas, Control Strategy, Pollution, Transportation

## KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis yang berjudul “Strategi Pengendalian Pencemaran Gas CO dari Aktivitas Transportasi di Kota Batu, Jawa Timur” ini dengan baik sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Arie Dipareza, ST, MEPM selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan laporan Tesis;
2. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES , Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT dan Arseto Yekti Bagastyo, ST, Mphil, PhD selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam pembuatan laporan Tesis;
3. Ibu Eny dan Bapak Djoko selaku orangtua penulis yang telah memberikan motivasi dan doa dalam penyempurnaan laporan Tesis;
4. Drajat Tri Kartono yang selalu memberikan saran, motivasi dan doa dalam penyempurnaan laporan Tesis;
5. Teman-teman Teknik Lingkungan Universitas Brawijaya yang telah membantu pengambilan data primer dalam laporan Tesis;
6. Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim ITS yang telah memberikan uji laboratorium;
7. Mbak Novi dan Bu Puspita yang telah memberikan arahan dan saran dalam penyusunan laporan Tesis;
8. Pemerintah Kota Batu yang telah memberikan ijin dan informasi yang dibutuhkan penulis;
9. Mas Bayu, Dek Dewi, Dek Ken selaku saudara penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan laporan Tesis;
10. M. Reza Fahmi yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan berupa tenaga dan pikiran dalam menyelesaikan laporan Tesis;

11. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS yang telah memberi motivasi dan saran dalam pembuatan laporan Tesis.
12. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tesis penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan ini tentu jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran sangat saya harapkan demi perbaikan dan penyempurnaan laporan ini dan untuk pelajaran bagi kita semua dalam pembuatan laporan yang lain di masa mendatang. Semoga dengan adanya laporan ini kita dapat belajar bersama demi kemajuan kita dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Pencemaran Udara .....	7
2.2 Jenis Sumber-Sumber Pencemar .....	7
2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyebaran Pencemar .....	10
2.4 Dampak Pencemaran Udara .....	11
2.5 Sistem Jaringan Jalan .....	12
2.6 Emisi Kendaraan Bermotor .....	14
2.6.1 Faktor Emisi Kendaraan Bermotor .....	14
2.7 Karakteristik Karbon Monoksida (CO) .....	15
2.7.1 Sumber dan Distribusi Karbon Monoksida .....	16
2.7.2 Pembakaran Karbon Monoksida .....	18
2.7.3 Dampak Pencemaran CO .....	19
2.8 Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kualitas Udara .....	21
2.8.1 Faktor Meteorologi .....	22
2.9 Model <i>Box</i> .....	26
2.10 Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	28
2.10.1 Tugas Utama SIG .....	29

2.10.2 Aplikasi dan Pemanfaatan SIG .....	30
2.11 Validasi Pemodelan .....	31
2.12 Pengendalian Pencemaran Udara.....	33
2.13 Gambaran Umum Wilayah Studi.....	34
2.14 Penelitian Terdahulu .....	37
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>
3.1 Tahapan Penelitian.....	41
3.2 Langkah-Langkah Penelitian .....	43
3.2.1 Ide Penelitian .....	43
3.2.2 Data Sekunder.....	43
3.2.3 Data Primer .....	44
3.2.4 Analisis Data Primer.....	46
3.2.5 Pengembangan Model Box .....	48
3.2.6 Validasi Model.....	49
3.2.7 Visualisasi Model .....	50
3.2.8 Evaluasi Strategi Pengelolaan.....	50
3.2.9 Pemilihan Strategi.....	51
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1 Hasil Sampling <i>Traffic Counting</i> .....	53
4.2 Perhitungan Beban Emisi.....	60
4.3 Hasil Meteorologi <i>Sampling Gas CO</i> .....	62
4.4 Perhitungan <i>Sampling Gas CO</i> .....	63
4.5 Perhitungan Konsentrasi Dispersi Model .....	64
4.6 Validasi Model.....	67
4.6.1 Modifikasi Model Box.....	69
4.7 Dispersi Emisi Gas CO .....	70
4.8 Emisi Kendaraan Berdasarkan Topografi Jalan.....	74
4.9 Strategi Pengendalian Pencemar Gas CO dari Aktifitas	
Transportasi .....	77
4.9.1 Aspek Lingkungan .....	78
4.9.2 Aspek Kelembagaan .....	80
4.9.3 Aspek Teknis .....	83

4.9.4 Saran Strategi .....	85
BAB 5 Kesimpulan dan Saran .....	93
5.1 Kesimpulan .....	93
5.2 Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN .....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp) .....	14
Tabel 2.2	Data Faktor Emisi Indonesia .....	15
Tabel 2.3	Dampak Pemaparan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Tubuh.....	20
Tabel 2.4	Kategori Stabilitas Atmosfer .....	25
Tabel 2.5	Baku Mutu Udara Ambient .....	34
Tabel 2.6	Luas Wilayah Kota Batu Dirinci Menurut Desa/Kelurahan .....	35
Tabel 3.1	Identifikasi Jenis Jalan .....	44
Tabel 3.2	Penentuan <i>Mixing Height</i> .....	45
Tabel 4.1	Penentuan Jalan <i>Traffic Counting</i> pada Jenis Jalan Kolektor .....	54
Tabel 4.2	Penentuan Jalan <i>Traffic Counting</i> pada Jenis Jalan Lokal .....	55
Tabel 4.3	Hasil <i>Traffic Counting</i> pada Jenis Jalan Kolektor Jalur 2 Arah.....	56
Tabel 4.4	Hasil <i>Traffic Counting</i> pada Jenis Jalan Kolektor Jalur 1 Arah.....	57
Tabel 4.5	Hasil <i>Traffic Counting</i> pada Jenis Jalan Lokal Jalur 2 Arah.....	57
Tabel 4.6	Hasil <i>Traffic Counting</i> pada Jenis Jalan Lokal Jalur 1 Arah.....	58
Tabel 4.7	Beban Emisi Gas CO Kendaraan Bermotor .....	60
Tabel 4.8	Kondisi Atmosfer Kota Batu <i>Sampling</i> .....	62
Tabel 4.9	Kategori Stabilitas Atmosfer Kota Batu.....	63
Tabel 4.10	Dokumentasi Pengambilan <i>Sampling</i> Gas CO.....	64
Tabel 4.11	Hasil Konsentrasi Gas CO.....	64
Tabel 4.12	Konsentrasi Dispersi Model Box Gas CO pada Masing-Masing Kendaraan.....	65
Tabel 4.13	Konsentrasi Dispersi Model Box Gas CO.....	66
Tabel 4.14	Perbandingan Nilai Konsentrasi Gas CO pada Model Box dan <i>Sampling</i> .....	67
Tabel 4.15	Konsentrasi Gas CO pada Modifikasi Model Box .....	69
Tabel 4.16	Emisi Gas CO Kendaraan pada Jenis Topografi Jalan .....	75
Tabel 4.17	Emisi Gas CO pada Jenis Kendaraan Berdasarkan Topografi Jalan	76
Tabel 4.18	Tanaman yang Dapat Digunakan untuk <i>Green Building</i> .....	79
Tabel 4.19	Beban Emisi Gas CO pada BRT CNG.....	86
Tabel 4.20	Beban Emisi Gas CO pada BRT Diesel.....	86

Tabel 4.21 Konsentrasi Gas CO pada BRT CNG .....	87
Tabel 4.22 Konsentrasi Gas CO pada BRT Diesel .....	87
Tabel 4.23 Beban Emisi Gas CO pada Ganjil Genap .....	89
Tabel 4.24 Konsentrasi Gas CO pada Ganjil Genap.....	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Administrasi Kota Batu.....	36
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 4.1	Perbandingan Jumlah Kendaraan Berdasarkan Tipe Jalan.....	58
Gambar 4.2	Rekapitulasi Rata-Rata Hasil <i>Traffic Counting</i> Selama 1 Jam.....	59
Gambar 4.3	Grafik Beban Emisi Gas CO Kendaraan Bermotor.....	61
Gambar 4.4	Validasi Konsentrasi Emisi Gas CO.....	68
Gambar 4.5	Perbandingan Konsentrasi Emisi Gas CO BRT.....	88
Gambar 4.6	Perbandingan Konsentrasi Emisi Gas CO Ganjil Genap.....	90

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Iklim Kota Batu Tahun 2015.....	103
Lampiran 2	Daya Dasar Jalan Kota Batu .....	104
Lampiran 3	Peta Lokasi <i>Traffic Counting</i> 1.....	109
Lampiran 4	Peta Lokasi <i>Traffic Counting</i> 2.....	110
Lampiran 5	Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Dadaprejo .....	111
Lampiran 6	Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Ngaglik .....	112
Lampiran 7	Peta Sebaran Emisi Gas CO Desa Oro-Oro Ombo.....	113
Lampiran 8	Peta Sebaran Emisi Gas CO Desa Pendem.....	114
Lampiran 9	Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Sisir.....	115
Lampiran 10	Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Temas .....	116

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kota Batu merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang memiliki beberapa wilayah strategis bagi pengembangan pertanian dan pariwisata. Perkembangan pariwisata di Kota Batu memiliki pertumbuhan wisatawan yang sangat cepat dalam waktu 5 tahun terakhir. Berkembangnya sektor pariwisata berkaitan dengan adanya perkembangan jumlah transportasi yang meningkat. Hal ini menyebabkan kepadatan lalu lintas dan pencemaran udara di berbagai jalur masuk dan keluarnya Kota Batu. Sektor transportasi memegang pengaruh yang besar dalam peningkatan pencemaran udara yang mengakibatkan meningkatnya suhu Kota Batu.

Pencemaran udara merupakan kerusakan pada komponen udara kerana adanya kepadatan dan emisi udara yang tinggi oleh kegiatan industri atau kegiatan transportasi yang mengganggu keseimbangan ekologi dan berpengaruh negatif dalam kehidupan manusia (Demir, 2015). Beberapa tahun terakhir pencemaran udara menjadi masalah serius karena peningkatan gas polutan yang sangat pesat setiap harinya (Zhou *et al.*, 2014). Menurut Yazdi, *et al.* (2015), penyumbang pencemaran udara terbesar pada daerah perkotaan terletak pada sektor transportasi. Menurut Zhang *et al.* (2013), transportasi darat merupakan sumber terbesar gas rumah kaca yang menyumbang 77% dari total emisi transportasi yang sebagian besar berasal dari kendaraan mobil pribadi. Mobil pribadi menghasilkan emisi sebesar 80% dari total kendaraan lalu lintas (Ferreira *et al.*, 2015). Pencemaran udara pada sektor transportasi disebabkan adanya standar kendaraan yang rendah, kualitas bahan bakar yang rendah, infrastruktur transportasi umum yang tidak efektif dan manajemen kebijakan yang kurang terkontrol (Sotoudeheian dan Arhami, 2014; Kamali *et al.*, 2015).

Kegiatan transportasi yang berkembang pesat di area perkotaan secara signifikan menimbulkan emisi dari berbagai gas polutan (Nagpure dan Gurjar, 2014). Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Salah satu polutan yang paling banyak

yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO) (Sengkey *et al.*, 2011). Konsentrasi CO di udara pada tempat tertentu dipengaruhi oleh kecepatan emisi CO di udara dan kecepatan dispersi serta pembersihan CO dari udara. Pada daerah perkotaan kecepatan pembersihan CO dari udara sangat lambat, sehingga kecepatan dispersi dan pembersihan CO dari udara sangat menentukan konsentrasi CO di udara (Putut dan Widodo, 2011).

Rekomendasi yang dibutuhkan untuk mengurangi adanya emisi udara diperlukan strategi pengelolaan. Strategi pengelolaan pengurangan emisi udara bertujuan untuk melaksanakan sistem transportasi yang lebih baik, standar emisi kendaraan yang lebih ketat dan insentif ekonomi untuk penggunaan teknologi udara bersih (Carvalho, 2015). Strategi pengelolaan yang digunakan dapat dilihat dari aspek teknis, aspek lingkungan maupun aspek peraturan. Salah satu solusi strategi pengelolaan untuk meningkatkan kualitas udara berupa pembuatan kebijakan-kebijakan lalu lintas (Zhang *et al.*, 2013). Menurut Panteliadis *et al.* (2014), salah satu langkah kebijakan yang dilakukan berupa penggunaan angkutan umum, pemanfaatan jalan lingkar, perbaikan arus lalu lintas, mengurangi batas kecepatan bermotor dan implementasi daerah rendah emisi. Zhang *et al.* (2013) menambahkan bahwa kebijakan yang diambil dapat berupa memperbaiki rute dan model jalan pada area padat lalu lintas.

Strategi pengelolaan yang dipilih mempertimbangkan tingkat pencemaran dan penyebaran emisi untuk didapatkan strategi yang tepat. Secara teori untuk mengetahui tingkat pencemaran dan penyebaran emisi udara diperlukan sebuah model. Penggunaan model diharapkan dapat memperkirakan proporsi permintaan lalu lintas dan jumlah transportasi untuk mengurangi adanya emisi udara (Zhang *et al.*, 2013). Menurut Giang dan Oanh (2014), tujuan adanya model emisi udara untuk mengevaluasi variasi dalam tingkat polutan udara dan estimasi faktor emisi. Menurut Kumar *et al.* (2008), model dispersi udara digunakan untuk memperkirakan berapa banyak pengurangan gas polutan yang terjadi akibat proses transport di atmosfer. Menurut Stoeckenius *et al.* (2015), pengembangan model yang berfungsi mensimulasi komposisi penyebaran gas di atmosfer merupakan program manajemen kualitas udara yang efektif. Mensimulasikan dampak dari pengurangan emisi yang tepat memerlukan perbandingan model prediksi di beberapa

tahun terakhir untuk memungkinkan evaluasi model dinamis (Dennis *et al.*, 2010). Menurut Johnson *et al.* (2010), model dispersi udara memberikan solusi dengan memperkirakan pencemar dari satu titik, garis dan area dengan proses transportnya di atmosfer yang tergantung pada meteorologi, besarnya konsentrasi pencemar dan letak titik penerima.

Menurut Zhong *et al.* (2014), model box dapat dievaluasi secara cepat untuk serangkaian kondisi angin dan skenario emisi dengan parameter yang sederhana pada *street canyon* ventilasi udara, sehingga mekanisme kimia yang kompleks dapat terjangkau untuk model kimia *street canyon*. Keunggulan dari model box ini juga dapat dilihat dari pemodelan konsentrasi ozon yang ada pada area tersebut, dimana terlihat dari faktor area dengan mayoritas area 'hijau' dengan sumber VOC tambahan. Model box ini juga dapat dilakukan untuk prediksi emisi di masa yang akan datang dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dijabarkan dalam 3 rumusan sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat konsentrasi model box gas CO dari sektor transportasi di Kota Batu?
2. Bagaimana dispersi udara gas CO dari sektor transportasi di Kota Batu?
3. Apa strategi yang diterapkan dalam pengendalian pencemaran dari tingkat konsentrasi model box gas CO sektor transportasi di Kota Batu?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tingkat konsentrasi model box gas CO dari sektor transportasi di Kota Batu
2. Menentukan dispersi udara gas CO dari sektor transportasi di Kota Batu
3. Merekomendasi strategi yang diterapkan dalam pengendalian pencemaran dari tingkat konsentrasi model box gas CO sektor transportasi di Kota Batu.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi kepada pihak terkait mengenai pola penyebaran gas CO dari aktifitas transportasi di Kota Batu.
2. Memberikan masukan bagi pihak terkait mengenai alternatif strategi pengelolaan gas CO yang dapat diterapkan dalam rangka penyempurnaan upaya pengelolaan kualitas udara di Kota Batu.

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada pencemar gas CO dari aktifitas transportasi darat jenis sepeda motor, mobil beroda empat (berbahan bakar bensin dan solar), bus dan truk.
2. Penentuan titik sampel pengumpulan data primer traffic counting terdiri dari 10 sampel titik pengukuran, antara lain :
  - Satu titik satu arah di ruas jalan menanjak dengan jenis jalan kolektor
  - Satu titik satu arah di ruas jalan mendatar dengan jenis jalan kolektor
  - Satu titik satu arah di ruas jalan menurun dengan jenis jalan kolektor
  - Satu titik dua arah di ruas jalan naik turun dengan jenis jalan kolektor
  - Satu titik dua arah di ruas jalan mendatar dengan jenis jalan kolektor
  - Satu titik satu arah di ruas jalan menanjak dengan jenis jalan lokal
  - Satu titik satu arah di ruas jalan mendatar dengan jenis jalan lokal
  - Satu titik satu arah di ruas jalan menurun dengan jenis jalan lokal
  - Satu titik dua arah di ruas jalan naik turun dengan jenis jalan lokal
  - Satu titik dua arah di ruas jalan mendatar dengan jenis jalan lokal
3. Titik sampel pengambilan emisi gas CO diambil 4 titik yang terdiri dari :
  - Satu titik satu arah di ruas jalan menanjak
  - Satu titik dua arah di ruas jalan naik turun
  - Satu titik satu arah di ruas jalan mendatar
  - Satu titik dua arah di ruas jalan mendatar

4. Periode pengukuran *traffic counting* dilakukan selama 3 jam pada hari puncak yang terdiri dari :
  - 1 jam sebelum jam puncak
  - 1 jam pada jam puncak
  - 1 jam setelah jam puncak
5. Pengambilan data meteorologi primer berupa data arah dan kecepatan angin, kelembapan, tekanan dan suhu
6. Pengambilan sampel gas CO di lapangan dilakukan selama 1 jam pada jam puncak yaitu hari minggu pada bulan September 2016
7. Visualisasi penyebaran gas CO dengan menggunakan aplikasi *GIS* yang tidak berlaku untuk arah angin yang sejajar dengan sumber (jalan).
8. Penyusunan strategi pengendalian pencemaran udara berdasarkan analisis aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek kelembagaan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti. Pencemaran udara adalah masuknya, atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, gangguan pada kesehatan manusia secara umum serta menurunkan kualitas lingkungan. Pencemaran udara merupakan permasalahan yang rumit, karena menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan karakteristik fisik, sumber emisi zat pencemar (macam sumber, laju pencemaran, kecepatan dan tinggi emisi, elemen iklim yang mempengaruhi penyebaran zat pencemar di lokasi di mana zat pencemar diemisikan maupun kondisi iklim lokal di daerah penerima pencemaran udara) (Santi, 2001).

Pencemaran udara adalah kehadiran materi yang tidak diinginkan di udara dalam jumlah cukup besar yang dapat memberikan efek yang berbahaya (Nevers, 2000). Materi-materi yang tidak diinginkan tersebut dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup, mengganggu estetika dan kenyamanan dan menyebabkan kerusakan lingkungan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien.

#### **2.2 Jenis Sumber-Sumber Pencemar**

Pada wilayah perkotaan, sebagian besar pencemaran udara disebabkan karena pembakaran sumber energi yang kekuatan emisinya sangat bergantung pada intensitas aktivitas antropogenik di daerah yang bersangkutan. Emisi pencemar

umumnya dihasilkan dari berbagai aktifitas kehidupan manusia jauh lebih besar daripada emisi pencemar dari sumber alami. Sumber pencemar alami hanya memberikan kontribusi terhadap konsentrasi latar di daerah perkotaan dan tidak memberikan dampak yang signifikan, sedangkan kualitas udara ambien lebih dipengaruhi oleh aktivitas kehidupan manusia.

Menurut Soedomo (2001), jenis sumber-sumber pencemar dibedakan berdasarkan perilakunya di atmosfer dalam dua kelompok yaitu :

1. Pencemar udara primer, komposisinya tidak akan mengalami perubahan di atmosfer baik secara kimia maupun fisis dalam jangka waktu yang relatif lama (harian sampai tahunan dan akan tetap seperti komposisinya seperti waktu diemisikan oleh sumber). Pencemar ini misalnya CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, TSP, SO<sub>2</sub>, metana, senyawa halogen, partikel logam dan lain-lain. Pencemar ini memiliki waktu tinggal yang lama di atmosfer karena sifatnya yang stabil terhadap rekasi - reaksi kimia fisik atmosfer
2. Pencemar udara sekunder, terbentuk di atmosfer sebagai hasil rekasi -rekasi atmosfer seperti hidrolisis, oksidasi dan reaksi fotokimia.

Menurut Soedomo (2001), jenis sumber-sumber pencemar dibedakan berdasarkan pola emisinya yaitu :

1. Sumber pencemaran titik (*point source*), sumber pencemaran dari lokasi tertentu yang mengemisikan gas secara kontinyu. Salah satu contohnya adalah cerobong asap
2. Sumber pencemar garis (*line source*), sumber pencemaran yang mengemisikan gas dalam bentuk garis. Contohnya adalah pencemaran debu di sepanjang jalan raya, emisi gas buang dari kendaraan bermotor di sepanjang jalan raya dan juga kepulan asap dari bangunan industri yang tanpa cerobong asap sehingga emisinya menyebar secara memanjang
3. Sumber pencemar area (*area source*), sumber pencemaran yang mengemisikan gas pada luasan tertentu. Contohnya adalah emisi gas dari kebakaran hutan yang luas, penyebaran emisi terjadi secara luas dalam satu area luasan.

4. Sumber pencemar volume, emisi gas yang berasal dari sumber yang memiliki volume tertentu. Contohnya emisi gas dari bangunan dengan jendela, pintu dan ventilasi terbuka.
5. Sumber pencemar puff, sumber pencemaran yang bersifat sesaat. Contohnya adalah pengeluaran emisi gas debu pada waktu akibat rusaknya salah satu alat prediksi.

Menurut Suhedi (2005), jenis sumber-sumber pencemar dibedakan berdasarkan proses yang dihasilkan yang digolongkan menjadi 2 (dua) golongan yaitu :

1. Emisi langsung, emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya emisi CO dari kendaraan bermotor
2. Emisi tidak langsung, hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan misalnya konsumsi energi listrik di rumah tangga, konsumsi gas pada kompor.

Menurut Moestikahadi (2001), faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas zat pencemar udara yaitu :

1. Jenis bahan bakar, bahan bakar yang mengandung belerang akan menghasilkan zat pencemar sulfur dioksida, bahan bakar yang mengandung abu (*fly ash*) akan menghasilkan zat pencemar partikel dan debu
2. Proses produksi, proses yang dipilih dalam industri akan mempengaruhi kualitas emisi zat pencemar. Contohnya adalah proses basah pada industri semen akan menghasilkan debu lebih sedikit jika dibandingkan dengan proses kering
3. Cuaca, misalnya arah dan kecepatan angin akan mempengaruhi proses pengenceran zat pencemar di udara dan penyebarannya. Semakin besar kecepatan angin, semakin kecil konsentrasi zat pencemar di udara karena zat pencemar tersebut mengalami pengenceran. Arah angin menentukan arah penyebaran pencemar, misalnya arah angin berasal dari tenggara maka zat pencemar akan menyebar ke arah barat laut

4. Tumbuhan, pada siang hari pepohonan akan menyerap zat pencemar di udara sehingga di udara konsentrasi zat tersebut akan berkurang. Hal ini disebabkan gas karbon dioksida yang terkandung di udara yang tercemar akan diserap oleh daun yang digunakan dalam proses fotosintesis pada siang hari. Kemudian daun akan mengeluarkan oksigen ke udara sebagai hasil dari proses fotosintesis sehingga banyaknya pepohonan akan menyebabkan udara menjadi segar.

### **2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyebaran Pencemar**

Penyebaran polutan di atmosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Stull dan Ainslie (2006), penyebaran polutan di atmosfer melibatkan tiga mekanisme utama yaitu gerakan udara secara global, fluktuasi kecepatan turbulensi yang akan menyebarkan polutan ke seluruh arah, dan difusi massa akibat perbedaan konsentrasi. Sementara itu, menurut Oke (1978), penyebaran cemaran dari suatu sumber emisi selain dipengaruhi oleh karakteristik sumber emisi juga dipengaruhi oleh karakteristik meteorologi dan topografi setempat.

Menurut Sastrawijaya (2000), konsentrasi pencemar di udara bergantung kepada kondisi cuaca. Kecepatan dan arah angin berhembus, distribusi suhu vertikal, dan kelembaban adalah unsur-unsur yang berperan dalam perubahan cuaca ini. Kecepatan angin mempengaruhi distribusi pencemar. Konsentrasi pencemar akan berkurang jika angin kencang dan membagikan pencemar ini secara mendatar atau tegak lurus. Permukaan daratan juga mempengaruhi kecepatan angin, apakah berbukit-bukit atau berlembah-lembah. Lorong sempit bagi angin dapat meningkatkan kecepatan hembusan angin. Perubahan suhu juga merupakan faktor pengubah yang besar. Pergolakan ke atas akan membawa pencemar ke daerah yang suhunya lebih rendah. Pencemar akan menurun konsentrasinya dan kemudian disebarkan angin.

Menurut Rahmawati (1999), faktor-faktor yang berperan dalam penyebaran polutan adalah sebagai berikut:

1. Arah dan kecepatan angin, angin merupakan faktor utama dalam persebaran polutan karena dapat mengakibatkan suatu zat berpindah tempat. Arah angin dapat digunakan untuk menentukan daerah penerima dispersi zat, sedangkan kecepatan angin dapat digunakan untuk menentukan jangkauan daerah penerima.
2. Suhu udara dan tutupan awan, suhu udara dan tutupan awan dalam proses dispersi zat pencemar akan mempengaruhi stabilitas udara. Gradien perubahan suhu udara akan berpengaruh sangat kuat terhadap kestabilan atmosfer. Pada proses dispersi stabilitas udara akan mempengaruhi tipe atau bentuk polutan ke daerah penerima. Terdapat beberapa kondisi atmosfer dalam kaitannya dengan stabilitas udara, yaitu kondisi tidak stabil terjadi apabila laju penurunan suhu di lingkungan lebih besar dari laju penurunan suhu udara kering yang sifatnya konstan, kondisi stabil terjadi bila laju penurunan suhu udara kering, dan kondisi netral terjadi bila laju penurunan suhu lingkungan sama dengan laju penurunan suhu udara kering.

#### **2.4 Dampak Pencemaran Udara**

Udara yang tercemar partikel dan gas dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru-paru dan pembuluh darah atau menyebabkan iritasi pada mata dan kulit. Pencemaran karena partikel dan debu biasanya menyebabkan penyakit pernapasan kronis seperti, *bronchitis* kronis, *emfiesma* paru, asma *bronchial* dan kanker paru. Bahan pencemar gas yang terlarut dalam udara dapat langsung masuk ke dalam tubuh sampai ke paru-paru yang akhirnya diserap oleh sistem pembuluh darah (Mukono, 1997).

Bahan pencemar udara dapat pula berupa jelaga (soot) dan debu halus yang dapat menghalangi radiasi matahari. Sinar infra merah dapat diabsorpsi oleh partikel-partikel, sehingga terjadi efek pemanasan akibat radiasi matahari menjadi

menurun. Akibat yang ditimbulkan karena gejala ini adalah menurunnya suhu udara serta produksi tanaman pertanian dan kehutanan karena menurunnya intensitas cahaya matahari yang akan menurunkan produk fotosintesis tanaman (Owen, 1980).

Dampak dari pencemaran gas CO yaitu gas CO sangat reaktif terhadap Hb dalam darah dengan afinitas 250 kali lebih besar jika dibandingkan dengan afinitas terhadap oksigen. CO dan Hb akan membentuk senyawa COHb yang sangat stabil dalam darah. Tubuh akan menderita kekurangan oksigen karena Hb darah tidak lagi dapat berfungsi menyerap dan membawa oksigen (Eckholm, 1983)

## **2.5 Sistem Jaringan Jalan**

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang jalan, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan kaman kabel. Jalan sebagai prasarana dalam sistem transportasi memegang peranan penting dalam kaitannya untuk mendukung sektor ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan. Pengelompokan jalan sesuai dengan peruntukannya terdiri atas dua jalan yaitu jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum menurut fungsinya, dikelompokkan menjadi :

1. Jalan arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna
2. Jalan kolektor, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul dan pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi
3. Jalan lokal, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi

4. Jalan lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah. Pengelompokan jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi :
  1. Jalan Nasional, yaitu dalam jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol
  2. Jalan provinsi, yaitu jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi
  3. Jalan kabupaten, yaitu jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten
  4. Jalan kota, yaitu jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota
  5. Jalan desa, yaitu jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, sistem jaringan jalan terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Sistem jaringan jalan primer, menghubungkan secara menerus kota jenjang satu, kota jenjang dua, kota jenjang tiga dan kota jenjang di bawahnya sampai ke persil dalam satu satuan wilayah pengembangan
2. Sistem jaringan jalan sekunder, menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

## 2.6. Emisi Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor dan buruknya sistem angkutan umum yang meningkat memberikan kontribusi terhadap nilai gas buang yang dihasilkan. Sumber pencemar udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia (antropogenik) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang pada umumnya memiliki kandungan unsur karbon atau hidrokarbon. Bahan bakar fosil yang umumnya digunakan yakni oktana yang merupakan bahan bakar dengan senyawa hidrokarbon kompleks. Stoikiometri pembakaran oktana terdapat pada reaksi persamaan (2.1) (Brimblecombe, 1986).



Hasil yang dikeluarkan dari pembakaran bahan bakar secara sempurna oleh kendaraan bermotor ke atmosfer oleh massa yaitu gas karbon dioksida dan uap air. Namun kondisi tersebut jarang terjadi karena sebagian bahan bakar yang berbasis karbon dioksida menjadi karbon monoksida (CO). Pembentukan CO juga dipengaruhi oleh keberadaan oksigen (O<sub>2</sub>) dan temperatur (Brimblecombe, 1986).

### 2.6.1. Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

Faktor emisi merupakan sejumlah berat tertentu polutan yang dihasilkan oleh terbakarnya jumlah bahan bakar selama kurun waktu tertentu. Faktor emisi dipengaruhi oleh berbagai parameter, diantaranya adalah karakteristik mesin, teknologi kendaraan, karakteristik bahan bakar, usia dan perawatan kendaraan dan penggunaan kendaraan (Meyer dan Miller, 2001). Tabel 2.1 menunjukkan konversi jenis kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp).

Tabel 2.1 Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp)

No	Jenis Kendaraan	Ekivalen Kendaraan Penumpang
1	Kendaraan Ringan	1
2	Kendaraan Berat	1,3
3	Sepeda Motor	0,2

Sumber : Dirjen Bina Marga, 1997

$$Q = n \times FE \times smp \quad (2.2)$$

Keterangan :

Q = beban emisi (gram/jam.km)

n = jumlah kendaraan (smp/jam)

FE = faktor emisi (gram/km)

smp = satuan mobil penumpang

*National Ambient Air Quality Standards* (NAAQSs) telah menetapkan enam kriteria polutan udara di perkotaan, yaitu lima polutan primer dan satu polutan sekunder. Lima polutan primer tersebut terdiri atas partikulat dengan diameter kurang dari 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO) dan timbal (Pb), sedangkan polutan sekunder yaitu ozon (O<sub>3</sub>) (Cooper,2002). Faktor emisi yang merupakan data satuan massa polutan per jarak tempuh (g/km) diperlukan untuk mengkonversi data volume transportasi ke dalam bentuk laju emisi. Data faktor emisi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Data Faktor Emisi Indonesia

Kategori	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
	(gr/km)	(gr/km)	(gr/km)	(gr/km)	(gr/kgBBM)	(g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil Solar	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil Bensin	40	4	2	0,01	3180	0,026
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber : Suhadi, 2008

## 2.7. Karakteristik Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida (CO) merupakan komponen yang jumlahnya cukup banyak di udara yang terbentuk sebagai akibat dari sumber-sumber yang mengalami pembakaran yang tidak sempurna, yang mana merupakan gas yang tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna yang berada dalam bentuk gas pada suhu di atas -192°C. Komponen ini mempunyai ukuran sebesar 96,5% dari komponen air

dan tidak larut dalam air. Gas ini tinggal di udara sampai 2,5 bulan dan 55% gas ini diproduksi oleh aktifitas manusia. Produksi gas CO 3,5 milyar ton per tahun dari oksidasi gas metan akibat pembusukan tumbuh-tumbuhan. Sumber lain gas CO yang utama adalah dari metabolisme tubuh manusia, pembakaran sampah, kebakaran hutan, sisa pembakaran batu bara dan pembakaran sisa pertanian. Karakteristik gas CO sebagai berikut (Fardiaz, 1992):

1. Gas yang bersifat racun
2. Lebih ringan dari pada udara, dengan angka perbandingan berat 0,967 pada 1 atm dan 0°C
3. Mengabsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik infra merah
4. Pada temperatur ruang oksidasi pembentukan gas CO<sub>2</sub> dapat dipercepat dengan penambahan katalis logam seperti paladium pada silika gel atau campuran oksida mangan dan tembaga
5. Terbakar apabila ditambahkan api dan mengeluarkan asap biru, sehingga berubah menjadi gas CO<sub>2</sub>
6. Tidak mudah larut dalam air

### **2.7.1 Sumber dan Distribusi Karbon Monoksida**

Sumber dari gas ini adalah segala proses pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau oleh pembakaran di bawah tekanan dan temperatur tinggi seperti yang terjadi pada pembakaran internal di dalam mesin. Gas CO yang berada di udara sebagian besar merupakan polutan buatan manusia yang 80 persennya diduga keluar bersama-sama dengan asap melalui knalpot kendaraan bermotor. Kadar gas ini di daerah perkotaan berkorelasi positif dengan kepadatan lalu lintas. Umur CO di udara diperkirakan sekitar 0,3 tahun. Gas itu akan berubah menjadi CO<sub>2</sub> apabila terdapat oksigen yang tereksitasi dan bereaksi dengannya. Oksidasi berjalan lebih 0,1 persen per jam apabila terdapat cukup cahaya matahari.

Di daerah perkotaan yang lalu lintasnya padat, konsentrasi gas CO dapat mencapai antara 10-15 ppm. Secara umum terbentuknya gas CO adalah sebagai berikut (Sunu,2001):

- a. Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara
- b. Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan karbon (C) yang menghasilkan CO
- c. Pada suhu tinggi, CO<sub>2</sub> dapat terurai kembali menjadi CO dan oksigen.

Menurut Sunu (2001), gas produser dibentuk dari pembakaran karbon di oksigen pada temperatur tinggi ketika terdapat karbon yang berlebih. Dalam sebuah oven, udara dialirkan melalui kokas. CO<sub>2</sub> yang pertama kali dihasilkan akan mengalami kesetimbangan dengan karbon panas, menghasilkan CO. Reaksi O<sub>2</sub> dengan karbon membentuk CO disebut sebagai kesetimbangan Boudouard. Di atas 800 °C, CO adalah produk yang predominan:



$$\Delta H = -221 \text{ kJ/mol}$$

Kerugian dari metode ini adalah apabila dilakukan dengan udara, ia akan menyisakan campuran yang terdiri dari nitrogen. Gas sintetik atau gas air diproduksi via reaksi endotermik uap air dan karbon:



$$\Delta H = 131 \text{ kJ/mol}$$

CO juga merupakan hasil sampingan dari reduksi bijih logam oksida dengan karbon:



$$\Delta H = 131 \text{ kJ/mol}$$

Oleh karena CO adalah gas, proses reduksi dapat dipercepat dengan memanaskannya. Diagram Ellingham menunjukkan bahwa pembentukan CO lebih difavoritkan daripada CO<sub>2</sub> pada temperatur tinggi. CO adalah anhidrida dari asam format. Oleh karena itu, adalah praktis untuk menghasilkan CO dari dehidrasi asam format. Produksi CO dalam skala laboratorium lainnya adalah dengan pemanasan campuran bubuk seng dan kalsium karbonat.

### **2.7.2 Pembakaran Karbon Monoksida**

Terdapat dua jenis kendaraan bermotor, yaitu kendaraan bermotor berbahan bakar bensin dan berbahan bakar solar. Menurut Arend (1990), proses pembakaran dalam bahan bakar bensin terjadi dari tiga komponen yaitu, bensin, oksigen dan panas. Jika pembakaran terjadi sempurna, maka semua bensin akan terbakar dengan perbandingan udara dan bensin 15 : 1. Namun, pembakaran dalam kendaraan berbahan bakar bensin tidak terjadi secara sempurna, sehingga terdapat beberapa faktor yang menyebabkan pembakaran mesin tidak sempurna dan menyumbangkan emisi gas buang CO yang tinggi. Faktor-faktor yang terjadi yaitu :

1. Perbandingan udara dan bahan bakar < 15
2. Bahan bakar bensin yang masuk tidak murni C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>
3. Waktu pembakaran yang singkat
4. Udara yang masuk tidak murni oksigen
5. Kompresi tidak terjamin rapat sempurna

Pada kendaraan berbahan bakar solar, pembakaran terjadi karena bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bahan bakar yang sudah berisi panas akibat kompresi, sehingga bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pembakaran sempurna pada mesin berbahan bakar solar adalah tekanan kompresi udara dalam silinder dan kemurnian bahan bakar yang sesuai dengan karakteristik mesin (Arend, 1990).

Sumber gas CO berasal dari sumber alami dan sumber antropogen. Sumber antropogen gas CO seluruhnya berasal dari pembakaran bahan organik. Pembakaran bahan organik ini dimaksudkan untuk mendapat energi kalor yang kemudian

digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain: transportasi, pembakaran batu bara, dll. Menurut Suharjono (1990), sumber antropogenik gas CO di udara yang terbesar disumbangkan oleh kegiatan transportasi yaitu dari kendaraan bermotor berbahan bakar bensin, sebesar 65,1%. Pada mesin kendaraan bermotor, bensin yang teroksidasi dengan sempurna, menghasilkan H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>.

Menurut Kusuma (2002), peningkatan kandungan oksigen yang dihasilkan, berarti bahwa pengurangan senyawa CO bukanlah karena berubah menjadi senyawa CO<sub>2</sub>, tetapi lebih cenderung karena terurai menjadi unsur C dan O<sub>2</sub>. Bila karbon di dalam bahan bakar terbakar habis dengan sempurna maka terjadi reaksi berikut:



Dalam proses ini yang terjadi adalah CO<sub>2</sub>. Apabila unsur-unsur oksigen (udara) tidak cukup, akan terjadi proses pembakaran tidak sempurna, sehingga karbon di dalam bahan bakar terbakar dalam suatu proses sebagai berikut:



### **2.7.3 Dampak Pencemaran CO**

Keberadaan gas CO di lingkungan sangat berbahaya bagi kesehatan, bahkan dalam konsentrasi rendah sekalipun mengingat afinitas gas CO yang sangat tinggi. Sifat tersebut mempengaruhi tumbuhan dan hewan karena tumbuhan dan hewan juga memerlukan oksigen untuk hidupnya. Selain itu, gas CO juga berpengaruh terhadap material lainnya. Hal ini dikarenakan gas CO akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan gas CO<sub>2</sub> yang korosif (Fardiaz, 1992).

Menurut Nevers (2000), gas CO dapat mengganggu fungsi tubuh manusia dalam beberapa konsentrasi dalam darah yang berkaitan dengan hemoglobin. Karbon monoksida yang terdapat pada tubuh manusia merupakan produk normal yang dihasilkan dari proses katabolisme (pemecahan) dalam tubuh dan mempunyai

umur sekitar empat bulan. Kadar normal karbon monoksida dalam darah antara 0,2-1,0% atau rata-rata sekitar 0,5%. Kadar ini akan meningkat bila seseorang menderita suatu penyakit.

Jika udara mengandung gas CO sebesar 30 ppm, maka besar gas CO dalam darah sekitar 5% dan kondisi ini akan tetap dipertahankan jika frekuensi pernapasan dan kadar gas CO di udara ambien tidak berubah. Apabila kadar HbCO dalam darah meningkat, maka kadar HbO<sub>2</sub> atau oksigen dalam darah akan berkurang. Hal ini menyebabkan timbulnya kelainan yang diderita tubuh seperti timbulnya gejala keracunan gas CO. Pada keadaan kadar gas CO dalam darah meningkat sampai 5%, seseorang akan mengalami gangguan penglihatan (Mukono,1997).

Gas CO juga mengakibatkan dampak negatif pada tumbuhan, menurut penelitian gas CO menghambat fiksasi nitrogen oleh bakteri bebas pada akar tanaman, yaitu dengan pemberian 100 ppm gas CO selama satu bulan dan 2000 ppm gas CO selama 35 jam. Hal ini dapat disimpulkan bahwa gas CO tidak berpengaruh terhadap ketinggian tanaman pada pemberian 100 ppm gas CO selama 1 sampai 3 minggu karena konsentrasi gas CO di udara ambien jarang mencapai 100 ppm, sehingga gas CO pada tanaman tidak dapat terlihat secara nyata (Wark dan Warner, 1981).

Gejala-gejala keracunan CO antara lain, pusing, rasa tidak enak pada mata, telinga berdengung, mual, muntah, detak jantung meningkat, rasa tertekan di dada, kesukaran bernapas, kelemahan otot-otot, tidak sadar dan bisa meninggal dunia. Dampak pemaparan karbon monoksida pada tubuh terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Dampak Pemaparan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Tubuh

<b>Kadar CO</b>	<b>Waktu Kontak</b>	<b>Dampak Bagi Tubuh</b>
≤ 100 ppm	Sebentar	Dianggap aman
± 30 ppm	8 jam	Pusing dan mual
± 1000 ppm	1 jam	Pusing dan kulit berubah kemerah-merahan
± 1300 ppm	1 jam	Kulit jadi merah tua dan rasa pusing yang hebat
> 1300 ppm	1 jam	Lebih hebat sampai kematian

Sumber: Wardhana, 2004

## 2.8 Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kualitas Udara

Kualitas udara ambien di atmosfer dapat menurun secara kualitas. Penurunan kualitas tersebut dapat disebabkan karena beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara yaitu (Sihotang,2010):

1. Interaksi atmosfer, terdapat dua macam proses interaksi di udara. Proses interaksi tersebut adalah dispersi dan difusi. Dispersi dan difusi zat pencemar yang sangat menentukan kualitas udara pada akhirnya di atmosfer
2. Faktor meteorologi sangat mempengaruhi waktu dan kapasitas atmosfer untuk menyerap dan mendispersikan serta mengendapkan zat pencemar. Contoh faktor meteorologi yang mempengaruhi pencemar udara seperti angin, turbulensi, stabilitas atmosfer, hujan, kabut dan radiasi.

Fenomena meteorologi dalam pencemaran udara dapat dibagi atas tiga skala yaitu (Sihotang, 2010):

1. Skala sinoptik, fenomena yang terjadi pada skala ribuan kilometer yaitu yang mempunyai ukuran horisontal antara 100-3000 kilometer. Fenomena skala sinoptik ini antara lain tinggi rendahnya sistem tekanan di atas benua dan samudera yang semi permanen dan pergerakan massa udara tersebut. Pengaruh-pengaruh skala sinoptik pada pencemaran udara meliputi:
  - a. Karakteristik sinoptik yang mempengaruhi iklim pada suatu wilayah
  - b. Pola cuaca sinoptik yang dapat mempengaruhi karakteristik skala meso pada suatu lokasi
  - c. Stagnasi anti-sirkulasi akan menghalangi tingkat polusi yang tinggi pada daerah yang luas
2. Skala meso, fenomena yang terjadi pada skala ratusan meter dan ratusan kilometer dalam arah horisontal dan antara puluhan meter sampai kilometer pada arah vertikal dari permukaan tanah. Meteorologi skala ini mempengaruhi kualitas udara lokal karakteristik skala meso yang mempengaruhi kualitas udara lokal adalah perubahan stabilitas atmosferik harian dan variabilitas angin yang dihasilkan dari kapasitas panas permukaan yang tidak kontinu, unsur-unsur kekasaran permukaan dan kondisi topografi

3. Skala mikro, fenomena yang terjadi pada skala satu kilometer, seperti dispersi kepulan asap dari cerobong dan kumpulan aliran udara disekitar bangunan besar. Memiliki pengaruh pada skala waktu menit sampai jam. Karakteristik skala mikro yang mempengaruhi transport dan penyebaran pencemar udara antara lain bentuk dan lokasi bangunan, bentuk permukaan tanah dan karakteristik daerah yang berjarak ratusan meter dari sumber emisinya.

### **2.8.1 Faktor Meteorologi**

Faktor meteorologi memiliki peran penting dalam menentukan kualitas udara di suatu wilayah. Sistem pencemaran udara yaitu banyaknya zat pencemar yang diemisikan oleh sumber yang masuk ke dalam atmosfer sebagai medium penerima. Atmosfer merupakan suatu medium yang sangat dinamis, ditandai dengan kemampuannya dalam penyebaran, pengenceran, difusi dan transportasi fisik-kimia dalam proses dan mekanisme kinetika atmosferik.

#### **A. Arah dan Kecepatan Angin**

Penyebaran polutan di udara sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi kecepatan dan arah angin. Menurut Seinfeld (1986), masalah pencemaran udara berkaitan erat dengan faktor meteorologi terutama dalam hal perpindahan polutan dari sumber ke penerima. Kecepatan dan arah angin menunjukkan daerah yang paling tercemar oleh polutan.

Angin merupakan udara yang bergerak sebagai akibat perbedaan tekanan udara antara daerah yang satu dengan lainnya. Perbedaan pemanasan udara menyebabkan naiknya gradien tekanan horizontal, sehingga terjadi gerakan udara horizontal di atmosfer. Pada sebuah daerah, efek sirkulasi angin terjadi tiap jam, tiap hari dan dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda. Distribusi frekuensi dari arah angin menunjukkan daerah mana yang paling tercemar oleh polutan. Salah satu hal penting dalam meramalkan penyebaran zat pencemar adalah mengetahui arah dan penyebaran zat pencemar.

Pada siang hari, turbulensi dan pergerakan vertikal sangat besar akibat pengaruh dari sinar matahari sehingga menyebabkan variasi kecepatan angin akan kecil karena adanya transfer energi yang besar antara berbagai lapisan atmosfer. Pada malam hari, pergerakan angin vertikal sangat rendah sehingga terjadi hal yang sebaliknya (Colls, 2002).

Informasi meteorologi yang biasa disebut *wind rose* merupakan diagram yang menggambarkan perubahan arah dan kecepatan angin pada waktu dan kawasan tertentu (Wark dan Warner, 1981). *Wind rose* umumnya berbentuk lingkaran yang terjadi dari bagian pusat yang menunjukkan informasi kejadian *calm wind*, sejumlah garis yang ditarik dari pusat lingkaran yang mewakili arah mata angin dan mengarah sesuai dengan arah dari mana angin berhembus, panjang setiap garis yang menyatakan frekuensi angin dari arah yang bersangkutan serta variasi kecepatan angin yang diwakili oleh bentuk-bentuk garis yang digambarkan dalam legenda dari *wind rose* tersebut. *Calm wind* merupakan kecepatan angin yang berada di bawah ambang batas sensor arah atau kecepatan angin. Kondisi angin ini membuat pengukuran arah tidak berguna sehingga *calm wind* didistribusikan merata ke seluruh arah mata angin. Penanganan *calm wind* merupakan suatu permasalahan khusus dalam penerapan model *Gauss* sebab konsentrasi akan berbanding terbalik terhadap kecepatan angin. Nilai konsentrasi pada keadaan ini akan sangat besar jika angin dalam keadaan *calm* dijadikan input model.

Perubahan arah dan kecepatan angin menunjukkan arah penyebaran dan fluktuasi konsentrasi zat pencemar di atmosfer. Perubahan angin juga dipakai untuk menentukan kelas stabilitas atmosfer. Stabilitas atmosfer yang didefinisikan oleh ASME (*American society of mechanical engineer's*) dibagi menjadi 4 kategori (Tabel 2.3) yang dapat dikaitkan dengan kategori stabilitas PGT (*Pasquill, Gifford dan Turner*) (Colls, 2002).

## **B. Temperatur dan Tekanan Udara**

Adanya perbedaan temperatur menyebabkan perbedaan tekanan, sehingga dengan sifat angin yang bertiup dari tekanan yang tinggi ke tekanan yang rendah,

maka secara vertikal akan terjadi perubahan temperatur karena perbedaan ketinggian. Hal ini akan mempengaruhi pergerakan udara di atmosfer yang akan menentukan kestabilan atmosfer dan terbentuknya lapisan inversi.

Perubahan temperatur pada setiap ketinggian mempunyai pengaruh yang besar pada pergerakan zat pencemar udara di atmosfer. Perubahan temperatur ini disebut *lapse rate*. Turbulensi yang terjadi tergantung pada temperatur pada udara ambien. Di atmosfer sendiri diharapkan akan terjadi penurunan temperatur dan tekanan sesuai dengan pertambahan tinggi (Huboyo dan Budihardjo, 2008).

Ketika sekumpulan udara menjadi lebih dingin dibandingkan udara sekitarnya, sekumpulan udara itu akan kembali ke elevasinya semula. Gerakan ke bawah akan menghasilkan sekumpulan udara yang lebih hangat dan akan kembali ke elevasi semula. Pada kondisi atmosfer, seperti ini gerakan vertikal akan diabaikan oleh proses pendinginan adiabatik atau pemanasan, dan atmosfer akan menjadi stabil (Huboyo dan Budihardjo, 2008).

Menurut Huboyo dan Budihardjo (2008) pembagian keadaan atmosfer terdiri dari :

1. *Superadiabtic*, keadaan dimana *ambient lapse rate* berada di atas *adiabatic lapse rate* dan atmosfer menjadi tidak stabil.
2. *Neutral*, keadaan dimana 2 *lapse rates* akan seimbang.
3. *Subadiabatic*, keadaan dimana *ambient lapse rate* berada di bawah *adiabatic lapse rate* dan atmosfer menjadi stabil.
4. *Isothermal*, keadaan ketika temperatur udara konstan di atmosfer maka *adiabatic lapse rate* menjadi nol dan atmosfer stabil.
5. *Inversion*, keadaan ketika temperatur udara ambien meningkat sesuai dengan ketinggian maka *lapse rate* menjadi negatif atau keadaan dimana udara hangat menyelimuti udara dingin.

### **C. Kelembaban Udara**

Kelembaban relatif dalam atmosfer merupakan unsur yang sangat penting untuk cuaca dan uap air dalam udara. Tinggi rendahnya kelembaban udara dapat

menentukan besar kecilnya kandungan bahan pencemar baik ruang tertutup dan ruang terbuka akibat adanya pelarut bahan pencemar yang menyebabkan terjadinya pencemaran. Sedangkan kelembaban udara juga dipengaruhi oleh bangunan gedung dan pohon penghijauan di pinggir jalan dan sinar matahari (Huboyo dan Budihardjo, 2008).

Kelembaban udara umumnya merupakan kelembaban relatif yaitu perbandingan antara tekanan uap air aktual dengan tekanan uap air pada kondisi tempat jenuh, umumnya dinyatakan dengan persen (%). Tekanan uap air adalah tekanan parsial uap air dalam udara bebas di suatu tempat tertentu dengan jumlah tertentu (Huboyo dan Budihardjo, 2008).

#### D. Stabilitas Atmosfir

Stabilitas atmosfer merupakan indikator kapasitas dispersi atmosfer yang menunjukkan kemampuan atmosfer dan aspek-aspek meteorologi dalam menyebarkan, mengencerkan dan mendefinisikan pencemar udara. Keadaan stabilitas dan instabilitas menentukan hingga sejauh mana pencemaran udara terbentuk di suatu wilayah udara (Peavy, 1985).

Tabel 2.3 Kategori Stabilitas Atmosfer

Kecepatan Angin Permukaan pada Ketinggian 10 m (m/dtk)	Siang			Malam**	
	Radiasi Sinar Matahari			Kondisi Awan	
	Kuat	Sedang	Lemah	Mendung	Cerah
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Sumber : Colls, 2002

\* Diasumsikan pada siang dan malam

\*\* Malam didefinisikan sebagai periode dari 1 jam sebelum matahari tenggelam dan 1 jam setelah matahari terbit

Keterangan :

A = sangat labil

- B = labil
- C = sedikit labil
- D = netral
- E = agak stabil
- F = stabil

## 2.9 Model Box

Model kotak (*Box*) secara konseptual adalah bentuk model paling sederhana meskipun beberapa model yang relatif kompleks telah dibangun di atas landasan model kotak. Model *plume* dan model *puff* adalah contoh model yang kompleks dibentuk dengan menggunakan konsep-konsep ini. Selain itu, beberapa model yang sangat kompleks telah dikembangkan memecahkan persamaan fisik dasar gerak dari udara tanpa menggunakan perkiraan dari kotak, model *plume* atau model *puff* (McElroy and Pooler, 1968).

*Box model* digunakan untuk menduga rata-rata konsentrasi polutan di suatu daerah yang diasumsikan sebagai kotak dimana sumber emisi tersebar merata di permukaan di bawah kotak. Selanjutnya polutan dibawa dan didistribusikan dari daerah sumber oleh gerak lateral sesuai dengan arah angin. Model ini menganggap suatu wilayah dan kota sebagai suatu kotak. Aktivitas yang di dalam kotak tersebut terjadi sebuah aktivitas yang menghasilkan gas emisi. Model ini memperhitungkan faktor meteorologi berupa arah dan kecepatan angin serta ketinggian *mixing height* (*boundary layer*). Model ini memiliki persamaan kesetimbangan sebagai berikut :

Laju akumulasi = (laju semua aliran masuk – laju semua aliran keluar) + (laju pembentukan – laju penghilangan)

Model kotak dalam studi ini diasumsikan sebagai sebuah kotak yang mempunyai panjang ( $p$ ) dan lebar ( $l$ ) yang sejajar dengan arah angin ( $u$ ). Zat pencemar dalam kotak diemisikan dengan laju konstan per unit waktu per unit area,  $Q$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dt}$ ).  $Q$  merupakan laju emisi per satuan luas, jika dibagi dengan  $UZ$ , akan menghasilkan persamaan keseimbangan konsentrasi  $C$ .

Box model memiliki beberapa asumsi dalam penggunaannya, yaitu (Hassan dan Crowther, 1998) :

1. Permukaan kota berukuran panjang ( $p$ ) dan lebar ( $l$ )
2. Laju emisi polutan konstan (relatif tetap). Udara yang bergerak dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian ( $h$ ). Udara yang bergerak juga dibatasi pada arah tegak lurus terhadap kecepatan angin
3. Kondisi yang selalu tetap (*steady state*), baik emisi, kecepatan angin dan karakteristik udara untuk pengenceran yang nilainya tidak bervariasi terhadap waktu, lokasi dan ketinggian tempat
4. Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui kedua bagian sisi sejajar dengan arah angin
5. Sifat polutan stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota. Asumsi aliran udara masuk dan laju emisi konstan menunjukkan kondisi *steady state*, implikasinya laju akumulasi adalah nol. Laju pembentukan dan laju penghilangan sama dengan nol. Laju aliran polutan yang masuk terdiri dari dua komponen :
  - a. laju aliran yang dibawa oleh angin melalui bidang masuk, besarnya  $u.l.h.C_o$ . bidang batas (sisi masuk) kotak per satuan waktu (vol/waktu). Jika besaran ini dikalikan konsentrasi (massa/vol) akan diperoleh laju aliran massa (massa/waktu).  $C_o$  sebagai konsentrasi *background*
  - b. Laju aliran polutan yang diproduksi oleh kota, yaitu  $Q$ . Konsentrasi di seluruh kota nilainya konstan, misalnya  $C$  polutan hanya dapat keluar kotak melalui satu sisi, yaitu sisi keluar. Jadi aliran keluar adalah  $u.l.h.C$

Konsentrasi nilai CO yang dilepaskan di udara ambien dengan *box model* diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (McElroy and Pooler, 1968) :

$$C = \frac{Q.S}{U.Z} \quad (2.8)$$

Dimana :

C = konsentrasi zat ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

Q = laju emisi ( $\text{g}/\text{m}\cdot\text{detik}$ )

S = panjang zona searah angin (m)

U = kecepatan angin ( $\text{m}/\text{detik}$ )

Z = tinggi campuran/ *mixing height* (m)

Meteorologi yang digunakan dalam *box model* ini adalah arah dan kecepatan angin per jam. Arah dan kecepatan angin ini akan menentukan besarnya konsentrasi gas CO yang berada di dalam kotak. Konsentrasi CO berbanding terbalik dengan kecepatan angin. Semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula emisi yang terbawa keluar kotak dan semakin jauh juga emisi gas CO terbawa dari sumbernya. Maka secara langsung kecepatan angin besar pengaruhnya terhadap proses transportasi dan difusi (penyebaran) polutan (Hassan dan Crowther, 1998).

*Box model* merupakan penyederhanaan dari model dengan sumber garis yang telah ada (Model Gauss). Model ini merupakan model paling sederhana untuk memprediksi konsentrasi polutan pada sumber garis. Salah satu contoh model box adalah model *Street Canyon*. Dengan mempertimbangkan sebuah volume kontrol yang digambarkan oleh sebuah *street canyon* dan mengaplikasikan prinsip konservasi massa dari polutan yang ada di dalam volume kontrol. Model ini tidak menjelaskan secara eksplisit proses fisik dan dinamik yang ada di atmosfer. Tetapi hanya memperhitungkan aspek arah dan kecepatan angin, laju emisi, dimensi kotak dan juga parameter model empirik untuk memprediksi konsentrasi per jam dari polutan (Hassan and Crowther, 1998).

## 2.10 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information Sistem (GIS)* merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Sistem ini meng*capture*, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa dan menampilkan data yang secara spasial mereferensikan kepada

kondisi bumi. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum *database*, seperti *query* dan analisa statistik dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi dan memprediksi apa yang terjadi (Prahasta, 2005).

Menurut Kang-Tsung (2002), komponen SIG meliputi perangkat keras, perangkat lunak, data dan informasi geografi. Penjelasan untuk ketiga komponen dalam SIG tersebut adalah sebagai berikut :

1. Perangkat keras, sering digunakan antara lain adalah *digitizer, scanner, Central Processing Unit (CPU), mouse, printer, plotter*
2. Perangkat lunak seperti *arcview, idrisi, ARC/INFO, ILWIS, Mapinfo* dan lain-lain
3. Data dan informasi, diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara meng*import*-nya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara menjitisi data spasial dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dan laporan dengan menggunakan *keyboard*.

### **2.10.1 Tugas Utama SIG**

Menurut Prahasta (2009), desain awalnya tugas utama SIG adalah untuk melakukan analisis data spasial. Dilihat dari sudut pemrosesan data geografik, SIG bukanlah penemuan baru. Pemrosesan data geografik sudah lama dilakukan oleh berbagai macam bidang ilmu, yang membedakannya dengan pemrosesan lama hanyalah digunakannya data digital. Adapaun tugas utama dalam SIG adalah sebagai berikut :

1. Input data, sebelum data geografis digunakan dalam SIG, data tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam bentuk digital. Proses konversi data dari peta kertas atau foto ke dalam bentuk digital tersebut dengan digitizing SIG

modern bisa melakukan proses ini secara otomatis menggunakan teknologi scanning

2. Pembuatan peta, proses pembuatan peta dalam SIG lebih fleksibel dibandingkan dengan cara manual atau pendekatan kartografi otomatis. Prosesnya diawali dengan pembuatan *database*. Peta kertas dapat didigitalkan dan informasi digital tersebut dapat diterjemahkan ke dalam SIG. Peta yang dihasilkan dapat dibuat dengan berbagai skala dan dapat menunjukkan informasi yang dipilih sesuai dengan karakteristik tertentu
3. Manipulasi data, data dalam SIG akan membutuhkan transformasi atau manipulasi untuk membuat data-data tersebut kompatibel dengan sistem. Teknologi SIG menyediakan berbagai macam alat bantu untuk memanipulasi data yang ada dan menghilangkan data-data yang tidak dibutuhkan
4. Manajemen file, ketika volume data yang ada semakin besar dan jumlah data user semakin banyak, maka hal terbaik yang harus dilakukan adalah menggunakan *database management system (DEMS)* untuk membantu menyimpan, mengatur dan mengelola data
5. Analisis *query*, SIG menyediakan kapabilitas untuk menampilkan *query* dan alat bantu untuk menganalisis informasi yang ada teknologi SIG digunakan untuk menganalisis data geografis untuk melihat pola dan tren
6. Memvisualisasikan hasil, untuk berbagai macam tipe operasi geografis, hasil akhirnya divisualisasikan dalam bentuk peta atau graf. Peta sangat efisien untuk menyimpan dan mengkomunikasikan informasi geografis. Namun saat ini SIG juga sudah mengintegrasikan tampilan peta dengan menambahkan laporan, tampilan tiga dimensi dan multimedia.

### **2.10.2 Aplikasi dan Pemanfaatan SIG**

SIG dapat dimanfaatkan untuk mempermudah dalam mendapatkan data-data yang telah diolah dan tersimpan sebagai atribut suatu lokasi atau obyek. Data-data yang diolah dalam SIG pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital. Sistem ini merealisasikan data spasial (lokasi geografis) dengan data

non spasial, sehingga para penggunaannya dapat membuat peta dan menganalisa informasinya dengan berbagai cara. SIG merupakan alat yang handal untuk menangani data spasial, dimana dalam SIG data dipelihara dalam bentuk digital sehingga data ini lebih padat dibanding dalam bentuk peta cetak, *table* , atau dalam bentuk konvensional lainnya yang akhirnya akan mempercepat pekerjaan dan meringankan biaya yang diperlukan (Barus dan Wiradisastira, 2000).

Menurut Burrough (1986), aplikasi SIG adalah sebagai berikut :

- a. Pengolahan fasilitas berupa peta skala besar, *network analysis*, biasanya digunakan untuk pengolahan fasilitas kota. Contoh aplikasinya adalah penempatan pipa dan kabel bawah tanah, perencanaan fasilitas perawatan, pelayanan jaringan telekomunikasi
- b. Pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan umumnya digunakan citra satelit, citra landsat yang digabungkan dengan foto udara, dengan teknik *overlay*. Contoh aplikasinya adalah studi kelayakan untuk tanaman pertanian, pengelolaan hutan dan analisis dampak lingkungan
- c. Bidang transportasi digunakan peta skala besar dan menengah serta analisis keruangan, terutama untuk manajemen transit perencanaan rute, pengiriman teknis, analisa pelayanan, penanganan pemasaran dan sebagainya
- d. Jaringan telekomunikasi menggunakan GIS pada pemetaan Sentral MDF (*Main Distribution Poin*), kabel primer, rumah kabel, kabel sekunder, daerah catu langsung dan seterusnya sampai ke pelanggan. Dengan GIS kerusakan yang terjadi dapat segera diketahui
- e. Sistem informasi lahan menggunakan peta kadastral skala besar atau peta persil tanah dan analisis keruangan untuk informasi kadastral pajak.

### **2.11 Validasi Pemodelan**

Validasi pemodelan dalam penelitian ini menggunakan regresi linier. Pengertian regresi secara umum adalah sebuah alat statistik yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan (model) antara dua variabel atau lebih. Analisis regresi dikenal 2 jenis variabel yaitu (Samosir, 2011):

- a. Variabel Respon disebut juga variabel dependen yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan variabel Y
- b. Variabel Prediktor disebut juga dengan variabel independen yaitu variabel yang bebas (tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya) dan dinotasikan dengan X

Tujuan utama regresi adalah untuk membuat perkiraan nilai suatu variabel (*variabel dependen*) jika nilai variabel yang lain yang berhubungan dengannya (*variabel lainnya*) sudah ditentukan.

Regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu peubah yang dihubungkan dengan satu peubah tidak bebas . Bentuk umum dari persamaan regresi linier untuk populasi adalah :

$$Y = a + bx \tag{2.9}$$

Dimana:

- Y = Variabel takbebas
- X = Variabel bebas
- a = Parameter Intercep
- b = Parameter Koefisien Regresi Variabel Bebas

Menentukan koefisien persamaan a dan b dapat dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, yaitu cara yang dipakai untuk menentukan koefisien persamaan a dan b dari jumlah pangkat dua (kuadrat) antara titik-titik dengan garis regresi yang dicari yang terkecil . Nilai a dan b dapat ditentukan:

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \tag{2.10}$$

$$b = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n\sum X_i - (\sum X_i)^2} \quad (2.11)$$

## 2.12 Pengendalian Pencemaran Udara

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara sebagai sumber daya alam yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya harus dijaga dan dipelihara kelestarian fungsinya melalui pengendalian pencemaran udara untuk pemeliharaan kesehatan dan kesejahteraan manusia serta perlindungan bagi makhluk hidup lainnya. Tingkat pencemaran udara adalah nilai yang menyatakan kondisi kualitas udara pada suatu tempat dan waktu tertentu. Menentukan suatu zat yang masuk ke udara itu dalam taraf sangat berbahaya, berbahaya, atau tidak berbahaya, digunakan suatu standar mutu kandungan zat-zat yang dianggap masih layak untuk kehidupan, yang masih diperbolehkan berada di udara.

Menurut Pusarpedal (2011), upaya preventif dalam rangka pengendalian dampak lingkungan hidup perlu dilaksanakan dengan mendayagunakan secara maksimal instrumen pengawasan dan perizinan. Salah satu instrumen pengawasan dan perizinan adalah penerapan Baku Mutu Lingkungan (BML). Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup. Penentuan terjadinya pencemaran lingkungan hidup diukur melalui baku mutu lingkungan hidup.

Pasal 5 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dinyatakan bahwa daerah dapat menetapkan BMUA (Baku Mutu Udara Ambien) daerah berdasarkan status mutu udara ambien di daerah yang bersangkutan melalui keputusan gubernur. BMUA (Baku Mutu Udara Ambien) daerah ditetapkan sebagai batas maksimum kualitas udara ambien daerah yang diperbolehkan dan berlaku diseluruh wilayah udara di atas batas administrasi daerah, dengan ketentuan sama dengan atau lebih ketat dari baku mutu udara ambien nasional. Baku mutu udara ditampilkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Baku Mutu Udara Ambient

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO <sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)	1 Jam	900 µg/Nm <sup>3</sup>	Pararosanalin	Spektrofotometer
		24 Jam	365 µg/Nm <sup>3</sup>		
		1 Tahun	60 µg/Nm <sup>3</sup>		
2	CO (Karbon Monoksida)	1 Jam	30.000 µg/Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer
		24 Jam	10.000 µg/Nm <sup>3</sup>		
		1 Tahun			
3	NO <sub>2</sub> (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	400 µg/Nm <sup>3</sup>	Saltzman	Spektrofotometer
		24 Jam	150 µg/Nm <sup>3</sup>		
		1 Tahun	100 µg/Nm <sup>3</sup>		
4	O <sub>3</sub> (Oksida)	1 Jam	235 µg/Nm <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1 Tahun	50 µg/Nm <sup>3</sup>		
5	HC (Hidro Karbon)	3 Jam	160 µg/Nm <sup>3</sup>	Flamed Ionization	Gas Chromatografi
6	PM <sub>10</sub> (Partikel < 10 mm)	24 Jam	150 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-Vol
	PM <sub>2,5</sub> (Partikel < 2,5 mm)	24 Jam	65 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-Vol
		1 Tahun	15 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-Vol
7	TSP (Debu)	24 Jam	230 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-Vol
		1 Tahun	90 µg/Nm <sup>3</sup>		
8	Pb (Timah Hitam)	24 Jam	1 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-Vol
		1 Tahun	1 µg/Nm <sup>3</sup>	Ekstratif Pengabuan	AAS
9	Dusfall (Debu Jatuh)	30 Hari	10 Ton/km <sup>2</sup> /bulan (pemukiman)	Gravimetric	Cannister
			10 Ton/km <sup>2</sup> /bulan (industri)		
10	Total Fluorides (as F)	24 Jam	3 µg/Nm <sup>3</sup>	Spesific Ion Electrode	Impinger atau Countinous Analyzer
		90 Hari	0,5 µg/Nm <sup>3</sup>		
11	Fluor Indeks	30 Hari	40 µg/100 cm <sup>2</sup> dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12	Khlorine dan Khlorine Dioksida	24 Jam	150 µg/Nm <sup>3</sup>	Spesific Ion Electrode	Impinger atau Countinous Analyzer
13	Sulphat Indeks	30 Hari	1 mg SO <sub>3</sub> /100 cm <sup>3</sup> dari Lead Peroksida	Colourimetric	Lead Peroxida Candle

Sumber : PP No. 41 Tahun 1999

### 2.13 Gambaran Umum Wilayah Studi

Kota Batu merupakan salah satu kota yang baru berbentuk pada tahun 2001.

Kota Batu memiliki wilayah seluas 199,0932 km<sup>2</sup> yang dibagi dalam 3 wilayah

kecamatan (kecamatan Batu, Kecamatan Junrejo dan Kecamatan Bumiaji), 5 kelurahan dan 19 desa. Kecamatan Batu terdapat 4 kelurahan dan 4 desa. Sementara di Kecamatan Junrejo terdapat satu kelurahan dan 6 desa. Sedangkan di Kecamatan Bumiaji memiliki desa terbanyak dibandingkan dengan dua kecamatan lainnya yaitu 9 desa. Secara rinci luas wilayah dari tiap Desa/Kelurahan di Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 2.6.

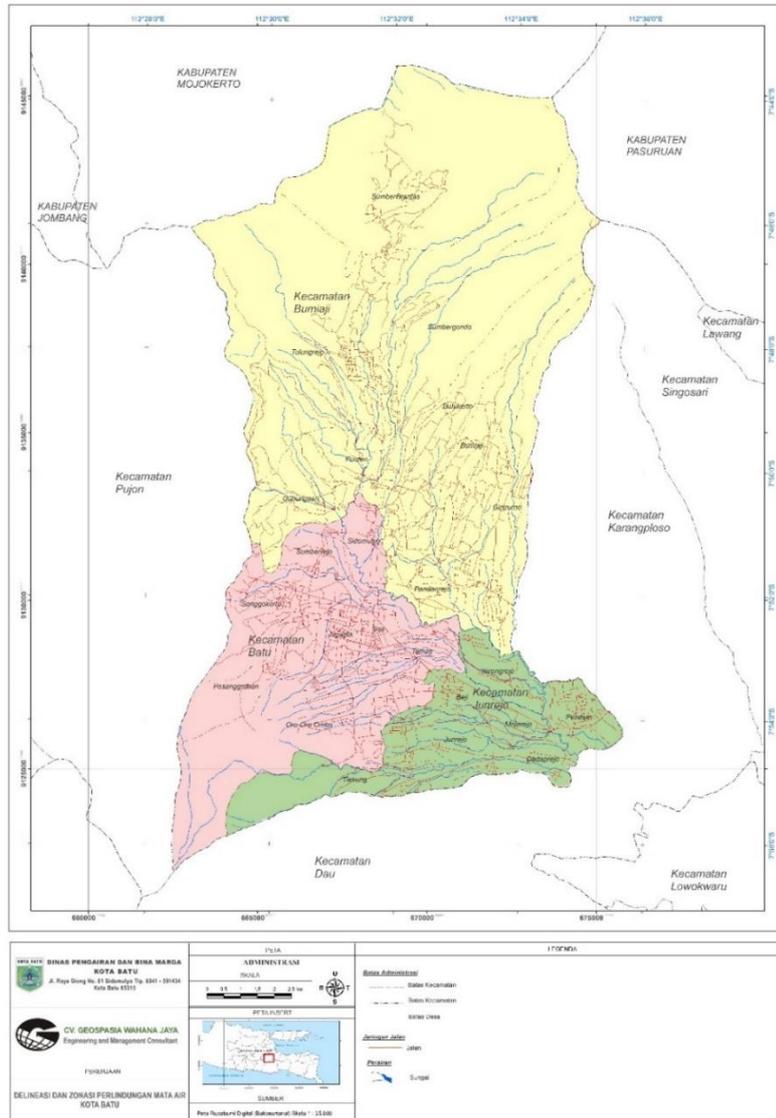
Tabel 2.6. Luas Wilayah Kota Batu Dirinci Menurut Desa/Kelurahan

No.	Desa/Kelurahan	Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> )	Luas Wilayah (Ha)
1.	Oro-Oro Ombo	16,916	1.691,6
2.	Temas	4,611	461,1
3.	Sisir	2,634	263,4
4.	Ngaglik	3,203	320,3
5.	Pesanggrahan	6,994	699,4
6.	Songgokerto	5,669	566,9
7.	Sumberejo	2,918	291,8
8.	Sidomulyo	2,514	251,4
1.	Pandanrejo	6,282	628,2
2.	Bumiaji	8,448	844,8
3.	Bulukerto	10,070	1.007
4.	Gunungsari	6,884	688,4
5.	Punten	2,457	245,7
6.	Tulungrejo	64,828	6.482,8
7.	Sumbergondo	13,792	1.379,2
8.	Giripurno	9,806	980,6
9.	Sumber Brantas	5,417	541,7
1.	Tlekung	8,727	872,7
2.	Junrejo	3,5204	352,04
3.	Mojokerto	1,9317	193,17
4.	Torongrejo	3,394	339,4
5.	Beji	2,4124	241,24
6.	Pendem	3,6009	360,09
7.	Dadaprejo	2,0638	206,38
<b>TOTAL</b>		<b>199,0932</b>	<b>19.909,32</b>

Sumber : Profil Kecamatan Kota Batu (2013)

Kota Batu terletak pada ketinggian antara 739 m – 950 m. Ditinjau dari letak astronomis, Kota Batu terletak diantara 122<sup>0</sup> 17' 10,90" - 122<sup>0</sup> 57' 11" Bujur Timur dan 7<sup>0</sup> 44' 55,11" - 8<sup>0</sup> 26' 35,45" Lintang Selatan. Secara administrasi wilayah Kota Batu dapat dilihat pada Gambar 2.1. Secara administrasi, batas-batas wilayah Kota Batu adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto dan Kecamatan Prigen Kabupaten Pasuruan
- Sebelah Selatan : Kecamatan Wagir Kabupaten Malang
- Sebelah Barat : Kecamatan Pujon Kabupaten Malang
- Sebelah Timur : Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang



Gambar 2.1. Peta Administrasi Kota Batu  
(Sumber : BAPPEDA Kota Batu, 2014)

## 2.14 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menerapkan metode sejenis yaitu penelitian dari Palupi (2006) tentang strategi pengelolaan pencemar gas CO dari aktifitas transportasi di sepanjang Jalan Ahmad Yani di Kota Surabaya. Hasil dari penelitian ini bahwa alternatif strategi yang dipilih yaitu penanaman pohon angkana yang dapat mereduksi 19,5% konsentrasi gas CO sebagai rencana pendek dan pemakaian jalur khusus bus atau penggunaan *Bus Rapid Transit* (BRT) sebagai rencana jangka panjang pemerintah. Selain itu kejelasan lembaga pelaksana, ketegasan pelaksana peraturan dan kesadaran masyarakat adalah faktor pendukung terciptanya kelancaran lalu lintas yang berdampak pada penurunan konsentrasi gas CO di Jalan Ahmad Yani Surabaya.

Penelitian serupa juga telah diteliti oleh Kristi, Y.W. (2016), meneliti pemodelan kualitas CO dan NO<sub>2</sub> akibat sektor kegiatan transportasi sebagai usulan kebijakan penataan ruang dan arsitektur lanskap di Kota Probolinggo. Penelitian tersebut menggunakan Model *Box* untuk memetakan kualitas udara ambien untuk menyusun kebijakan tata ruang dan arsitektur lanskap terkait aspek sumber daya. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan penyusunan kebijakan tata ruang dan lanskap, peneliti menggunakan 3 skenario yaitu skenario 1 : RTH peningkatan jalur tanaman jalan yang dapat menyerap gas CO dan NO<sub>2</sub> hingga tahun 2025, skenario 2 : penambahan RTH pepohonan eksisting area terminal sebagai hutan kota dan skenario 3 : RTH sawah atau dengan penambahan penanaman pohon area pemukiman sebanyak 2.349 pohon dengan berbagai jenis komposisi pohon. Skenario 3 juga dapat disusun dari rekayasa adanya perencanaan *roof garden/green walls*.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Morlok (1991), meningkatnya kecepatan kendaraan akan menghasilkan emisi yang makin rendah dari karbon monoksida dan hidrokarbon per kendaraan-mil, sedangkan emisi oksida dari nitrogen akan bertambah per kendaraan-mil dengan bertambahnya kecepatan. Karena ketiga jenis polutan di atas sama sekali tidak diinginkan, maka tidak terdapat aturan umum mengenai kecepatan terbaik dari sudut pandang kualitas

udara. Hal yang sama juga sudah dibuktikan oleh Bachtiar (2003) dalam pemodelan kualitas udara Kota Padang. Dalam penelitian lain tentang perbandingan beberapa model untuk menghitung konsentrasi polutan, didapat konsentrasi CO sebanding dengan kenaikan volume lalu lintas dan penurunan kecepatan kendaraan (Bachtiar, 2002).

Menurut Bachtiar (2003) dalam penelitiannya mengenai hubungan antara variasi kecepatan kendaraan dengan emisi yang dikeluarkan pada kendaraan bermotor roda empat, ketika kendaraan dijalankan pada jalan yang menanjak, konsentrasi emisi akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena ketika kendaraan berjalan di jalan yang menanjak, mesin kendaraan akan bekerja lebih dipaksakan dari yang seharusnya. Sehingga menyebabkan pembakaran bahan bakar dalam mesin juga akan semakin lebih besar, maka emisi gas buang emisi akan lebih besar.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Prati *et al.* (2014) dalam penelitiannya tentang pengaruh kemiringan jalan pada emisi gas buang dari kendaraan yang berbahan bakar bioetanol dan bensin. Hasil dalam penelitian tersebut bahwa komposisi bahan bakar tidak berpengaruh pada peningkatan emisi ketika kemiringan jalan. Simulasi pada jalan menanjak meningkatkan emisi, sedangkan pada jalan menurun mengurangi adanya emisi. Sehingga keuntungan jalan menurun lebih baik diaplikasikan untuk menurunkan emisi yang sudah dianalisis menggunakan VSP (*Vehicle Specific Power*).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wyatt *et al.* (2014) tentang dampak emisi CO<sub>2</sub> dari kendaraan penumpang berdasarkan kemiringan jalan di kehidupan pengemudi. Hasil dari penelitian yaitu peningkatan emisi yang terjadi pada kemiringan menanjak tidak dapat diimbangi dengan kemiringan jalan menurun. Sehingga besar emisi berdasarkan kemiringan jalan tergantung dengan energi yang dikeluarkan oleh kendaraan tersebut.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* (2015) tentang besar emisi pada kendaraan berat yang ditinjau dari kemiringan jalan. Penelitian ini melihat besar emisi CO, HC, NO<sub>x</sub> terhadap kendaraan berat berdasarkan kemiringan jalan. Kemiringan jalan divariasikan dari 0% hingga 4%. Penelitian ini

menghasilkan nilai emisi terbesar terletak pada kemiringan 4% dengan polutan tertinggi adalah CO dan terendah terletak pada polutan HC. Nilai range emisi berdasarkan kemiringan jalan sebesar 39,0% - 60,6%.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

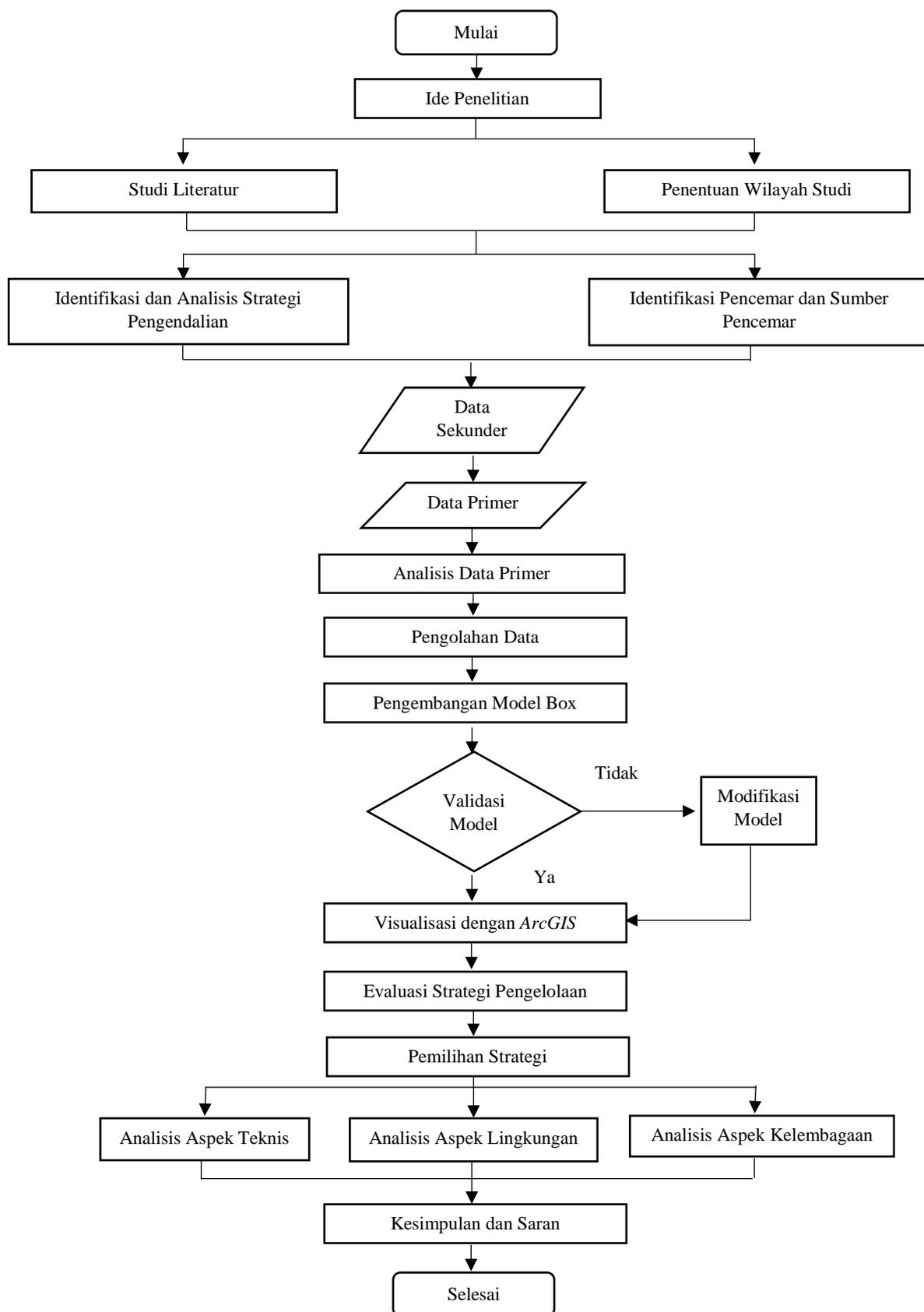
### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Penelitian**

Strategi pengelolaan pencemar gas CO di Kota Batu dapat dirumuskan dengan berdasarkan prediksi pola penyebaran yang ditentukan dalam beberapa tahapan, yaitu :

- Pengumpulan data sumber emisi utama dengan menentukan jumlah kendaraan yang melintas di lokasi penelitian berdasarkan jenis dan waktu yang telah ditentukan
- Pengumpulan data sekunder untuk menentukan model yang akan digunakan
- Penggunaan model matematika yang sudah ditentukan berdasarkan data-data yang sudah dikumpulkan
- Penyelesaian model matematika yang diikuti dengan menggunakan program komputer untuk menyelesaikan model tersebut
- Pengambilan data primer berupa konsentrasi gas CO di udara ambien dan data meteorologi lapangan
- Validasi model dengan data primer yang diperoleh dari lapangan
- Simulasi pola penyebaran gas CO
- Evaluasi rencana strategi pengelolaan dari aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek kelembagaan

Tahapan penelitian dapat dirumuskan dalam diagram pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## **3.2 Langkah-Langkah Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan awal yaitu penentuan ide penelitian dan penentuan model matematika yang diuraikan dalam penjelasan pada sub-bab berikut.

### **3.2.1 Ide Penelitian**

Ide penelitian ini mengenai pembuatan pola penyebaran gas CO dari aktivitas transportasi (sumber bergerak). Beberapa studi literatur menyebutkan bahwa penyebaran gas di udara dapat diketahui pendekatannya dengan menggunakan model matematika. Model matematika yang dipilih pada penelitian ini yaitu model *Box* karena sifatnya yang fleksibel dan mudah dimodifikasi sesuai dengan keadaan lapang. Penentuan daerah studi dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kepadatan lalu lintas di Kota Batu.

### **3.2.2 Data Sekunder**

Data sekunder diambil untuk mengidentifikasi pencemar dan sumber pencemar serta identifikasi dan analisis strategi pengendalian. Identifikasi pencemar dan sumber pencemar dalam penelitian ini diambil dari sektor transportasi, sedangkan identifikasi dan analisis strategi pengendalian dalam penelitian ini mengambil strategi rekayasa lalu lintas berupa jalur dua arah dan satu arah pada keadaan jalan menanjak, mendatar dan turun. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Jumlah kendaraan yang melintas di beberapa titik di Kota Batu dalam satu jam yang diambil pada jam puncak jumlah kendaraan terbanyak dalam satu minggu yaitu pada minggu jam 10.30 – 11.30 yang didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Batu. Identifikasi jumlah kendaraan yang diamati dalam berbagai jenis kendaraan, yaitu sepeda motor, mobil (bahan bakar solar dan bensin), bis dan truk. Penentuan titik jumlah kendaraan diidentifikasi berdasarkan masing-masing jenis jalan di Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Identifikasi Jalan

Jenis Jalan	Tipe Jalan	Jenis Topografi
Kolektor	2 arah	Naik Turun
		Mendatar
	1 arah	Menanjak
		Mendatar
Lokal	2 arah	Menurun
		Naik Turun
	1 arah	Mendatar
		Menanjak
		Mendatar
	Menurun	

2. Data meteorologi yang meliputi :
  - Arah dan kecepatan angin bulanan tahun 2015
  - Temperatur udara rata-rata bulanan tahun 2015
  - Tekanan udara bulanan tahun 2015
  - Kelembaban udara bulanan tahun 2015
  - Curah hujan bulanan tahun 2015
3. Peta Kota Batu yang meliputi :
  - Peta administrasi yang terbagi atas desa/kelurahan Kota Batu
  - Peta jaringan jalan Kota Batu untuk memetakan penyebaran emisi gas CO
4. Data jenis jalan dan panjang jalan untuk menentukan model dispersi gas CO
5. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Batu untuk menentukan strategi pengelolaan yang tepat untuk mengurangi adanya pencemaran gas CO akibat aktifitas transportasi di wilayah Kota Batu

### 3.2.3. Data Primer

Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi penentuan titik sampling *Traffic Counting* dan kualitas udara yang digunakan untuk menentukan model box yang sesuai pada strategi pengelolaan pencemar gas CO. Strategi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pemilihan jalan yang tepat antara jalan dua arah dan satu arah. Data primer yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Data meteorologi

Data meteorologi yang diukur pada penelitian ini yaitu :

- Penentuan arah angin dengan menggunakan alat kompas
- Kecepatan angin dengan menggunakan alat anemometer
- Pengukuran kelembaban udara dan temperatur dengan menggunakan alat *digital pocket weatherman*
- Letak koordinat pengambilan *sample* dengan menggunakan alat GPS

Data kecepatan angin digunakan untuk mendapatkan nilai *mixing height* dari jenis stabilitas atmosfer. *Mixing height* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Penentuan *Mixing Height*

<b>Stabilitas Atmosfer</b>	<b>Kecepatan Angin Horizontal (m/s)</b>	<b><i>Mixing Height</i> (m)</b>
A ( <i>very unstable</i> )	0,5-2	2000
B ( <i>unstable</i> )	0,5-2	1500
C ( <i>slightly unstable</i> )	2-10	1000
D ( <i>neutral</i> )	3-10	750
E ( <i>stable</i> )	2-5	300
F ( <i>very stable</i> )	0,5-3	250
G ( <i>extremely stable</i> )	0,5-1	250

Sumber: AIR-EIA, 2000

2. Pengukuran konsentrasi pencemar gas CO yang diambil selama 1 jam pada jam puncak kendaraan yaitu pada hari minggu jam 10.30-11.30. Pengambilan gas pencemar CO menggunakan alat *impinger* dengan lokasi pengambilan sebagai berikut :

- Satu titik satu arah di ruas jalan menanjak
- Satu titik dua arah di ruas jalan naik turun
- Satu titik satu arah di ruas jalan mendatar
- Satu titik dua arah di ruas jalan mendatar

3. Perhitungan jumlah kendaraan bermotor

Perhitungan jumlah kendaraan pada ruas jalan searah maupun dua arah yang dilakukan dengan metode *Manual Count*, dengan menggunakan alat hitung kendaraan *Traffic Counter*, yang diambil pada 3 jam yang meliputi 1 jam sebelum jam puncak, 1 jam pada jam puncak dan 1 jam setelah jam puncak. Pengukuran yang diukur dari 10 titik yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

### 3.2.4. Analisis Data Primer

Pengambilan sampel udara ambien untuk mengukur konsentrasi gas CO terdiri dari beberapa aspek yaitu aspek peralatan yang digunakan dan prosedur pengambilan sampel udara. Secara detail, aspek pengambilan sampel dijelaskan sebagai berikut :

#### A. Prosedur Pengambilan Sampel Udara

Metode pengambilan sampel udara konsentrasi gas CO dilakukan analisis laboratorium dengan metode spektrofotometri. Perhitungan konsentrasi gas CO dilakukan dengan cara mengkonversi nilai absorbansi yang diperoleh dari analisis laboratorium menjadi satuan  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan menggunakan persamaan 3.1 untuk setiap sampel, sehingga diperoleh data konsentrasi gas CO untuk satu titik sampling sebanyak 24 data.

$$C = \frac{[X \times V \times T \times 760 \text{ mmHg} \times \text{Berat Molekul}] \times 10^6}{Q \times t \times P \times 298 \text{ K} \times 24,45} \quad (3.1)$$

Dimana :

C = konsentrasi zat ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

X = konsentrasi absorban berdasarkan regresi linier

V = volume larutan akhir (liter)

T = suhu (K)

Q = debit (liter/menit)

t = waktu sampling (60 menit)

Lokasi pengambilan sampel udara gas CO berjumlah 4 titik di 2 titik jalan dua arah dan 2 dua titik jalan satu arah di Kota Batu. Pertimbangan dalam menentukan jumlah titik sampel mengacu pada SK Gubernur Nomor 128 Tahun 1997 tentang Baku Cara Pengambilan Contoh Udara Ambien di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur. Jika arah angin dominan pada satu arah, maka lokasi sampling dianjurkan memiliki garis yang searah dengan arah angin dominan,

dimulai dari lokasi datangnya angin terturut-turut pada lokasi arah angin di bawah sumber pencemar.

Pengambilan sampel dilakukan pada jam puncak jumlah kendaraan bermotor maksimum yang bersamaan dengan pengukuran jumlah kendaraan secara manual dengan lama pengambilan sampel selama 30 menit hingga 1 jam. Sampel diambil pada jarak 1 meter dan 20 meter dari jalan dengan penentuan titik sampel dilakukan dengan mempertimbangkan arah angin bertiup pada saat sampling. Lokasi sampling dipilih dengan mempertimbangkan tidak ada bangunan yang menghalangi transport polutan, selain itu juga memungkinkan dalam pengambilan sampel (bukan tempat lalu lalang).

## **B. Penentuan Volume Lalu Lintas**

Data volume lalu lintas dihitung dengan mengkonversi jumlah kendaraan yang melewati lokasi penelitian menjadi satuan smp (satuan mobil penumpang) dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$q = (nLV \times fLV) + (nHV \times fHV) + (nMC \times fMC) \quad (3.2)$$

Dimana:

$q$  = volume lalu lintas (smp/jam)

$nLV$  = jumlah kendaraan yang lewat perjam untuk setiap jenis kendaraan *light vehicle*

$nHV$  = jumlah kendaraan yang lewat perjam untuk setiap jenis kendaraan *heavy vehicle*

$nMC$  = jumlah kendaraan yang lewat perjam untuk setiap jenis kendaraan *motor cycle*

$fLV$  = nilai ekuivalen mobil penumpang ( $emp = 1$ ) untuk jenis kendaraan *light vehicle*

$fHV$  = nilai ekuivalen mobil penumpang ( $emp = 1,2$ ) untuk jenis kendaraan *heavy vehicle*

fMC = nilai ekuivalen mobil penumpang ( $emp = 0,25$ ) untuk jenis kendaraan *motor cycle*

Kepadatan lalu lintas (dalam satuan smp/km) dihitung dengan membagi data volume lalu lintas ( $q$ , smp/jam) dengan kecepatan lalu lintas ( $v$ , km/jam) menggunakan persamaan 3.3.

$$k = q/v \quad (3.3)$$

### 3.2.5. Pengembangan Model Box

Model matematika yang digunakan untuk menentukan pola penyebaran pencemar gas CO adalah model yang disusun berdasarkan algoritma *box model*. Penyelesaian dari model ini dilakukan dengan menggunakan program *Microsoft Excel*. Validasi model dilakukan dengan mengambil sampel gas CO di lapang. Hal ini dilakukan untuk menguji model serta menentukan seberapa besar hasil penyimpangan model dengan kondisi di lapang.

Langkah-langkah dalam mendapatkan konsentrasi CO dengan Model *Box*, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi *box* , dimana ditentukan dimen *box* yaitu  $p \times l$ , penentuan ini disesuaikan dengan jarak jalan dengan bangunan yang ada di tepi jalan tersebut sebagai batas kotak pada masing-masing jalan
2.  $Z$ / *mixing height*, didapatkan dari kecepatan angin horizontal pada pengukuran data primer
3.  $U$ / kecepatan angin rata-rata, didapatkan dari kecepatan angin pada pengukuran data primer
4. Penentuan kekuatan emisi ( $Q$ ) dengan persamaan :

$$Q = n \times FE \times smp \quad (3.4)$$

Dimana :

Q = kekuatan emisi (gram/jam.km)

n = jumlah kendaraan (smp/jam)

FE = faktor emisi (gram/km)

smp = satuan mobil penumpang

5. Penentuan laju emisi per satuan luas ( $Q^*$ ) dengan menggunakan persamaan :

$$Q^* = \frac{Q \times \text{panjang jalan dalam kotak}}{A} \quad (3.5)$$

Dimana :

$Q^*$  = laju emisi persatuan luas ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{dtk}$ )

Q = laju emisi ( $\text{g/m} \cdot \text{dtk}$ )

A = luas kotak ( $\text{m}^2$ )

6. Perhitungan konsentrasi dengan menggunakan model *box* dengan persamaan:

$$C = \frac{Q \cdot S}{U \cdot Z} \quad (3.6)$$

Dimana :

C = konsentrasi zat ( $\text{mg/m}^3$ )

Q = laju emisi ( $\text{g/m} \cdot \text{detik}$ )

S = panjang zona searah angin (m)

U = kecepatan angin ( $\text{m/detik}$ )

Z = tinggi campuran/ *mixing height* (m)

### 3.2.6. Validasi Model

Validasi model dalam penelitian ini menggunakan regresi linier. Regresi data diambil dari masing-masing tiap ruas jalan pada jalan satu arah dan dua arah. Persamaan regresi yang digunakan menggunakan regresi sederhana dengan persamaan :

$$Y = a + bx \quad (3.7)$$

Dimana:

Y = Konsentrasi gas CO data primer

X = Konsentrasi gas CO model

a = Parameter Intercep

b = Parameter Koefisien Regresi konsentrasi gas CO model

Tujuan dilakukan validasi model adalah untuk mengetahui hasil dari model ini bisa diaplikasikan atau tidak. Jika presentase kesalahan kurang dari 10% atau  $R^2$  bernilai lebih dari atau sama dengan 0,9, maka hasil perhitungan model tersebut dianggap valid. Jika persentase kesalahan lebih besar dari 10% atau  $R^2$  bernilai kurang dari 0,9, maka model dikatakan tidak valid dan dilakukan modifikasi model.

### **3.2.7. Visualisasi Model**

Setelah model pencemaran gas CO sudah didapatkan, maka dilakukan visualisasi dispersi pencemaran gas CO pada masing-masing desa/kelurahan. Visualisasi model gas CO pada penelitian ini menggunakan aplikasi *Arcview* 3.3. Visualisasi ini dapat dijadikan acuan strategi pengelolaan yang tepat untuk mengurangi pencemaran gas CO yang ada di Kota Batu. Strategi pengelolaan yang diterapkan juga dapat dijadikan RTRW pada aspek lingkungan, teknis, maupun kelembagaan

### **3.2.8. Evaluasi Strategi Pengelolaan**

Hasil dari pemodelan dispersi gas CO sektor transportasi yang dilakukan dari 2 tipe jalan dari jenis topografi dan tipe jalan yaitu jalan dengan 2 arah dan 1 arah pada tipe jalan menanjak, mendatar dan menurun, maka dapat diketahui besar emisi terdispersi. Evaluasi jalan dipilih jalan alternatif dari jalan yang memiliki tingkat dispersi udara gas CO yang paling rendah. Sehingga strategi pengelolaan jalan diambil dari mempertimbangkan sedikit emisi yang tersebar di udara ambien pada

lingkup daerah tersebut. Pemilihan jalan tersebut kemudian dikaji dengan strategi pengelolaan lainnya yaitu pada aspek teknis, aspek peraturan dan aspek lingkungan.

### **3.2.9. Pemilihan Strategi**

Strategi pengelolaan pada penelitian ini meliputi aspek lingkungan, aspek teknis dan aspek peraturan dengan rincian sebagai berikut :

1. Aspek lingkungan yang akan dilakukan berdasarkan besar CO yang ada dan dispersi yang dilangkukan dari jenis Model Box dan kecepatan serta arah angin
2. Aspek kelembagaan yang akan membahas mengenai :  
Aspek peraturan dalam penelitian ini melakukan pemilihan kebijakan yang dilakukan berdasarkan rute jalan dari jenis 2 arah dan 1 arah serta dari pemilihan topografi jalan
3. Aspek teknis yang akan membahas mengenai :  
Aspek teknis dalam penelitian ini melakukan rekomendasi berdasarkan jumlah kendaraan dan jenis kendaraan yang melaju pada jalan-jalan dengan puncak emisi tertinggi.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Sampling *Traffic Counting***

Penentuan titik sampling *Traffic Counting* dilakukan berdasarkan jumlah kendaraan tertinggi pada jam puncak kendaraan yang didapatkan dari Dinas Perhubungan. Jam dan hari puncak pada pemilihan *Traffic Counting* di Kota Batu dilaksanakan pada hari Minggu selama tiga jam yaitu pada jam 09.30 hingga jam 12.30. Pengambilan data *Traffic Counting* dilakukan menggunakan *manual count* yang tersebar pada 10 titik jalan dengan kepadatan tertinggi di Kota Batu. Pengambilan hasil *Traffic Counting* juga didasarkan dari perbandingan jenis jalan kolektor dan jenis jalan lokal, jalan 2 arah dan 1 arah serta kondisi jalan menanjak, mendatar pada jalan menurun seperti halnya yang sudah dijelaskan pada bab 3. Lokasi pengambilan sampling *Traffic Counting* meliputi Jalan Mojorejo, Jalan Raya Pendem, Jalan Dewi Sartika, Jalan Gajah Mada, Jalan Pattimura, Jalan Areng-Areng, Jalan Oro-Oro Ombo, Jalan Bromo, Jalan Agus Salim, dan Jalan Brantas yang dapat dirinci menurut kondisi jalan pada Tabel 4.1 pada jalan kolektor dan Tabel 4.2 pada jalan lokal. Secara visual, pemilihan titik lokasi *Traffic Counting* ditampilkan pada Lampiran untuk tampilan pada Jalan Bromo, Jalan Brantas, Jalan Gajah Mada, Jalan Pattimura, Jalan Agus Salim, Jalan Dewi Sartika dan Jalan Oro-Oro Ombo. Gambar 4.2 menampilkan titik lokasi pada Jalan Mojorejo, Jalan Raya Pendem dan Jalan Areng-Areng.

Tabel 4.1. Penentuan Jalan *Traffic Counting* pada Jenis Jalan Kolektor

Jenis Jalan	Tipe Jalan	Jenis Topografi	Panjang Jalan (km)	Nama Jalan	Letak Koordinat	Lokasi
Kolektor	2 arah	Naik Turun	1,27	Jalan Mojorejo	S : 07°54'11,9"	
					E : 112°33'48,2"	
		Mendatar	0,75	Jalan Raya Pendem	S : 07°54'07,5"	
					E : 112°34'44,2"	
	1 arah	Menanjak	0,85	Jalan Dewi Sartika	S : 07°52'54,6"	
					E : 112°32'10,3"	
		Mendatar	0,38	Jalan Gajah Mada	S : 07°52'15,1"	
					E : 112°31'36,3"	
Menurun	0,34	Jalan Pattimura	S : 07°52'48,0"			
			E : 112°32'07,1"			

Sumber : Hasil Survey, 2016

Tabel 4.2. Penentuan Jalan *Traffic Counting* pada Jenis Jalan Lokal

Jenis Jalan	Tipe Jalan	Jenis Topografi	Panjang Jalan (km)	Nama Jalan	Letak Koordinat	Lokasi	
Lokal	2 arah	Naik Turun	1,14	Jalan Areng-Areng	S : 07°54'23,0"		
					E : 112°34'40,4"		
		Mendatar	0,92	Jalan Oro-Oro Ombo	S : 07°53'18,8"		
					E : 112°31'53,1"		
	1 arah	Menanjak	0,33	Jalan Bromo	S : 07°52'03,4"		
					E : 112°31'37,9"		
		Mendatar	0,25	Jalan Agus Salim	S : 07°52'56,0"		
					E : 112°31'47,0"		
Menurun	0,28	Jalan Brantas	S : 07°52'06,6"				
			E : 112°31'28,8"				

Sumber : Hasil Survey, 2016

*Traffic Counting* diklasifikasikan menjadi lima jenis kendaraan sesuai dengan ketentuan Kementerian Lingkungan Hidup yaitu sepeda motor, mobil berbahan bakar solar, mobil berbahan bakar bensin, truk dan bis. Jumlah kendaraan pada masing-masing jenis kendaraan dikalikan dengan ekuivalen mobil penumpang (emp) dan dilakukan perhitungan rata-rata pada 1 jam tiap masing-masing jalan. Perbandingan hasil dari pengambilan sampling *Traffic Counting* dari jalur satu arah dan dua arah menunjukkan jumlah kendaraan tertinggi terletak pada kendaraan jalur 1 arah dengan jenis jalan lokal. Hal ini dikarenakan banyaknya jenis jalan 1 arah yang digunakan untuk jalur arah menuju objek-objek wisata yang banyak dikunjungi di daerah Kota Batu, sehingga peningkatan jumlah kendaraan terletak pada jalur 1 arah tipe jalan lokal. Jumlah kendaraan hasil *Traffic Counting* secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.3 hingga Tabel 4.6. Perbandingan hasil *Traffic Counting* jalur 2 arah dan 1 arah ditampilkan pada Gambar 4.1, sedangkan rekapitulasi rata-rata hasil *Traffic Counting* selama 1 jam ditampilkan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.3. Hasil *Traffic Counting* pada Jenis Jalan Kolektor Jalur 2 Arah

Nama Jalan	Jam	Jenis Kendaraan (emp)					Jumlah
		Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	
Jalan Mojorejo	09.30-10.30	520	1.136	94	39	112	1.901
	10.30-11.30	540	1.256	94	33	81	2.003
	11.30-12.30	532	1.240	77	42	61	1.952
Jumlah		1.592	3.632	265	113	254	5.855
Rata-Rata 1 Jam		531	1.211	88	38	85	1.952
Jalan Raya Pendem	09.30-10.30	367	663	84	33	64	1.210
	10.30-11.30	362	754	59	40	38	1.253
	11.30-12.30	336	754	52	43	21	1.205
Jumlah		1.065	2.171	195	116	122	3.669
Rata-Rata 1 Jam		355	724	65	39	41	1.223
<b>TOTAL</b>		<b>2.657</b>	<b>5.803</b>	<b>460</b>	<b>229</b>	<b>376</b>	<b>9.524</b>
<b>Total Rata-Rata 1 Jam</b>		<b>886</b>	<b>1.934</b>	<b>153</b>	<b>76</b>	<b>125</b>	<b>3.175</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.4. Hasil *Traffic Counting* pada Jenis Jalan Kolektor Jalur 1 Arah

Nama Jalan	Jam	Jenis Kendaraan (emp)					Jumlah
		Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	
Jalan Dewi Sartika	09.30-10.30	538	901	164	14	70	1.688
	10.30-11.30	526	884	180	27	38	1.655
	11.30-12.30	477	730	168	12	21	1.408
Jumlah		1.541	2.515	512	53	129	4.750
Rata-Rata 1 Jam		514	838	171	18	43	1.583
Jalan Gadjah Mada	09.30-10.30	359	494	114	9	17	993
	10.30-11.30	350	568	111	8	17	1.054
	11.30-12.30	367	599	105	9	21	1.101
Jumlah		1.077	1.661	330	26	55	3.149
Rata-Rata 1 Jam		359	554	110	9	18	1.050
Jalan Pattimura	09.30-10.30	532	1.003	134	46	37	1.751
	10.30-11.30	487	954	106	36	20	1.604
	11.30-12.30	529	1.043	79	22	19	1.692
Jumlah		1.548	3.000	319	104	76	5.047
Rata-Rata 1 Jam		516	1.000	106	35	25	1.682
<b>TOTAL</b>		<b>4.165</b>	<b>7.176</b>	<b>1.161</b>	<b>183</b>	<b>260</b>	<b>12.946</b>
<b>Total Rata-Rata 1 Jam</b>		<b>1.388</b>	<b>2.392</b>	<b>387</b>	<b>61</b>	<b>87</b>	<b>4.315</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.5. Hasil *Traffic Counting* pada Jenis Jalan Lokal Jalur 2 Arah

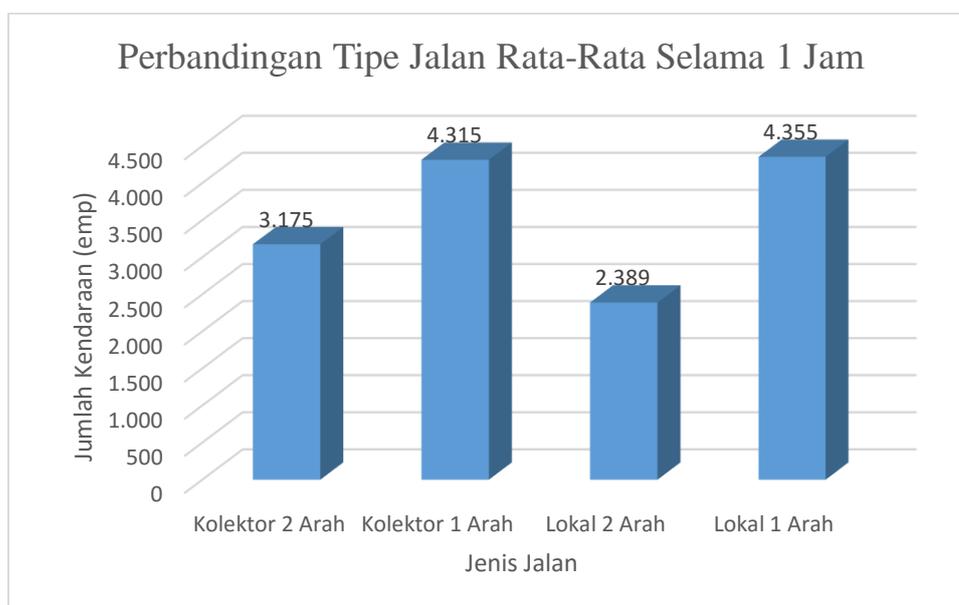
Nama Jalan	Jam	Jenis Kendaraan (emp)					Jumlah
		Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	
Jalan Areng-Areng	09.30-10.30	518	918	161	27	30	1.654
	10.30-11.30	504	981	140	17	18	1.661
	11.30-12.30	491	1.075	111	39	33	1.748
Jumlah		1.513	2.974	412	83	81	5.063
Rata-Rata 1 Jam		504	991	137	28	27	1.688
Jalan Oro-Oro Ombo	09.30-10.30	325	384	49	18	35	811
	10.30-11.30	273	290	40	12	10	625
	11.30-12.30	261	360	36	8	4	669
Jumlah		859	1.034	125	38	49	2.105
Rata-Rata 1 Jam		286	345	42	13	16	702
<b>TOTAL</b>		<b>2.372</b>	<b>4.008</b>	<b>537</b>	<b>121</b>	<b>130</b>	<b>7.168</b>
<b>Total Rata-Rata 1 Jam</b>		<b>791</b>	<b>1.336</b>	<b>179</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>2.389</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

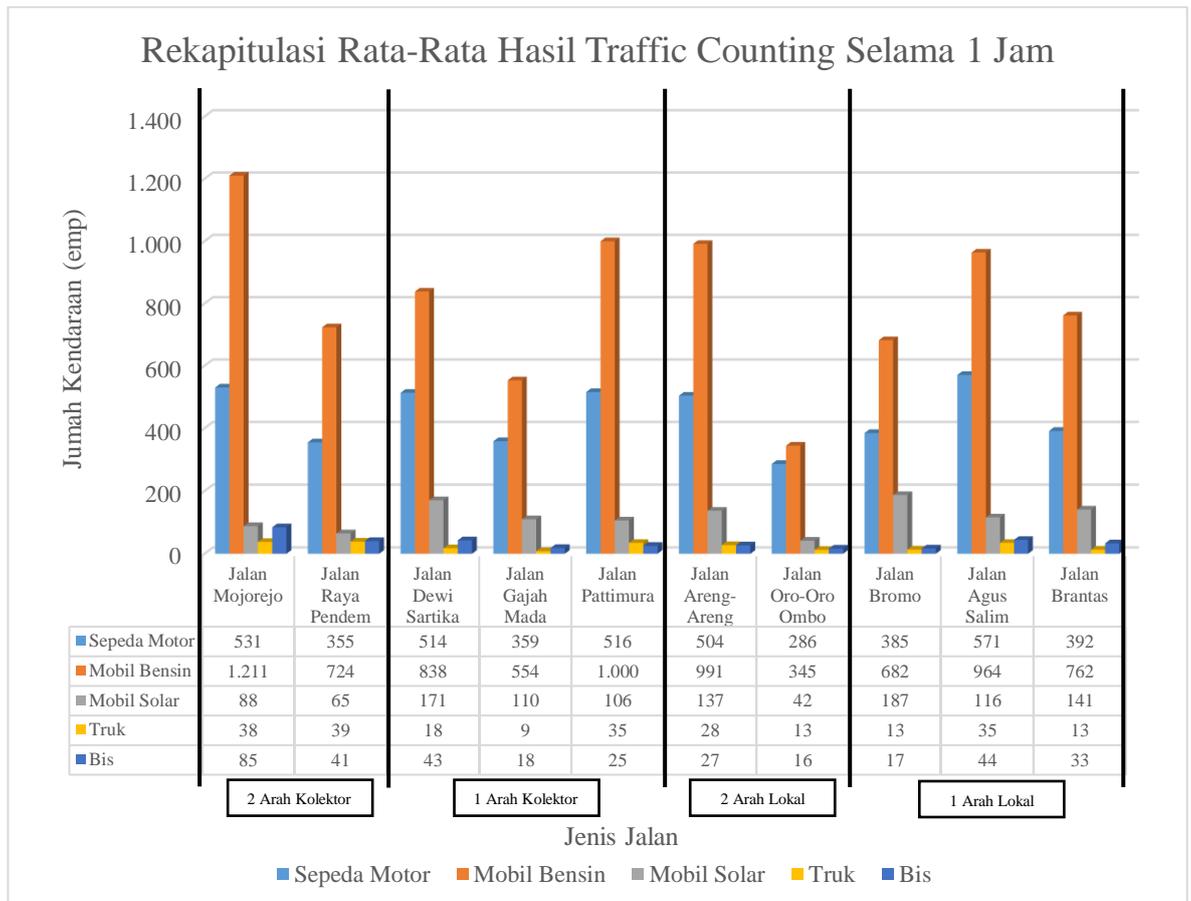
Tabel 4.6. Hasil *Traffic Counting* pada Jenis Jalan Lokal Jalur 1 Arah

Nama Jalan	Jam	Jenis Kendaraan (emp)					Jumlah
		Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	
Jalan Bromo	09.30-10.30	389	643	208	14	14	1.268
	10.30-11.30	392	647	198	18	25	1.280
	11.30-12.30	374	757	156	8	12	1.307
Jumlah		1.155	2.047	562	40	51	3.855
Rata-Rata 1 Jam		385	682	187	13	17	1.285
Jalan Agus Salim	09.30-10.30	582	908	128	42	57	1.717
	10.30-11.30	565	1.006	98	34	43	1.746
	11.30-12.30	566	977	122	29	33	1.726
Jumlah		1.713	2.891	348	104	133	5.188
Rata-Rata 1 Jam		571	964	116	35	44	1.729
Jalan Brantas	09.30-10.30	381	749	142	18	42	1.332
	10.30-11.30	385	768	124	13	33	1.323
	11.30-12.30	409	768	157	8	26	1.368
Jumlah		1.175	2.285	423	39	100	4.023
Rata-Rata 1 Jam		392	762	141	13	33	1.341
<b>TOTAL</b>		<b>4.043</b>	<b>7.223</b>	<b>1.333</b>	<b>183</b>	<b>283</b>	<b>13.066</b>
<b>Total Rata-Rata 1 Jam</b>		<b>1.348</b>	<b>2.408</b>	<b>444</b>	<b>61</b>	<b>94</b>	<b>4.355</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016



Gambar 4.1. Perbandingan Jumlah Kendaraan Berdasarkan Tipe Jalan



Gambar 4.2. Rekapitulasi Rata-Rata Hasil *Traffic Counting* Selama 1 Jam

Pada Gambar 4.2 menunjukkan jumlah kendaraan tertinggi terletak pada Jalan Mojorejo dengan rincian 531 sepeda motor, 1.211 mobil berbahan bakar bensin, 88 mobil berbahan bakar solar, 38 truk dan 85 bis. Hal ini dikarenakan Jalan Mojorejo merupakan jalan kolektor 2 arah yang menghubungkan Kota Batu dengan kota lainnya. Sedangkan jumlah kendaraan terendah terletak pada Jalan Oro-Oro Ombo dengan rincian 286 sepeda motor, 345 mobil berbahan bakar bensin, 42 mobil berbahan bakar solar, 13 truk dan 16 bis. Hal ini dikarenakan jalan tersebut merupakan jalan alternatif yang hanya beberapa waktu saja digunakan untuk mengurangi kepadatan kendaraan bermotor.

## 4.2 Perhitungan Beban Emisi

Salah satu metode yang diterapkan untuk mendapatkan konsentrasi pencemar gas CO di Kota Batu sektor transportasi yaitu dengan menentukan beban emisi (Q). Menurut rumus beban emisi yang telah tercantum pada bab 3, yaitu dengan persamaan 3.4. Besar emisi kendaraan di Kota Batu yang dirinci berdasarkan masing-masing jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Beban Emisi Gas CO Kendaraan Bermotor

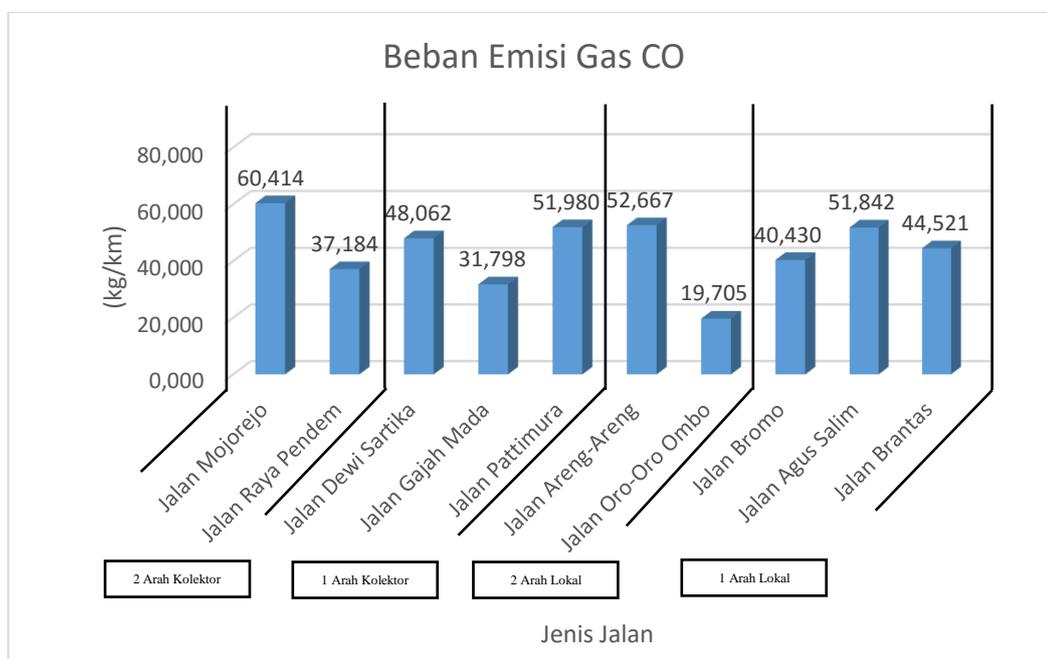
Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Beban Emisi CO (kg/km)					
Jalan Mojorejo	7,427	48,427	3,533	0,317	0,710	<b>60,414</b>
Jalan Raya Pendem	4,971	28,947	2,600	0,324	0,342	<b>37,184</b>
Jalan Dewi Sartika	7,191	33,533	6,827	0,149	0,361	<b>48,062</b>
Jalan Gajah Mada	5,024	22,147	4,400	0,073	0,154	<b>31,798</b>
Jalan Pattimura	7,223	40,000	4,253	0,291	0,213	<b>51,980</b>
Jalan Areng-Areng	7,062	39,653	5,493	0,233	0,226	<b>52,667</b>
Jalan Oro-Oro Ombo	4,008	13,787	1,667	0,106	0,138	<b>19,705</b>
Jalan Bromo	5,388	27,293	7,493	0,113	0,142	<b>40,430</b>
Jalan Agus Salim	7,993	38,547	4,640	0,291	0,371	<b>51,842</b>
Jalan Brantas	5,485	30,467	5,640	0,109	2,819	<b>44,521</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Analogi perhitungan pada Tabel 4.7 dapat dicontohkan pada kendaraan sepeda motor. Dimana jumlah kendaraan rata-rata selama 3 jam *traffic counting* pada sepeda motor Jalan Mojorejo sebesar 531 unit.emp yang telah tertera pada Tabel 4.3, sedangkan faktor emisi kendaraan sepeda motor kategori gas CO sebesar 14 gr/km yang tertera di bab 2 pada Tabel 2.2 Data Faktor Emisi Indonesia (Suhadi,2008). Sehingga besar beban sepeda motor Jalan Mojorejo sebesar  $531 \times 14 = 7.427$  gr/km atau 7,427 kg/km. Perhitungan jumlah beban kendaraan bermotor lainnya dihitung dengan metode yang sama.

Berdasarkan hasil dari survey *Traffic Counting* yang dilakukan pada 10 jalan dengan kepadatan tertinggi di Kota Batu, menunjukkan nilai beban emisi gas CO terbesar terletak pada Jalan Mojorejo yaitu sebesar 60,414 kg/km. Hal ini dikarenakan Jalan Mojorejo merupakan jalan kolektor 2 arah naik turun dengan

kapasitas jalan yang tinggi untuk kendaraan bermotor. Selain itu, Jalan Mojorejo juga merupakan jalan penghubung antara jalan menuju pusat Kota Batu dari berbagai jalan luar kota. Rincian beban emisi kendaraan bermotor Jalan Mojorejo terlihat bahwa beban emisi kendaraan tertinggi terletak pada mobil berbahan bakar bensin dengan besar emisi 48,427 kg/km dan beban emisi terendah terletak pada kendaraan truk sebesar 0,317 kg/km. Beban emisi gas CO terendah terletak pada Jalan Oro-Oro Ombo yaitu sebesar 19,705 kg/km. Hal ini dikarenakan Jalan Oro-Oro Ombo merupakan jalan lokal 2 arah mendatar dengan kapasitas jalan yang rendah dibandingkan dengan jalan kolektor. Selain itu jalan tersebut hanya digunakan pada beberapa kendaraan yang menuju pada objek wisata tertentu, tidak menuju pusat kota. Rincian beban emisi kendaraan bermotor Jalan Oro-Oro Ombo terlihat bahwa beban emisi gas CO kendaraan tertinggi terletak pada mobil bensin sebesar 13,787 kg/km dan terendah terletak pada beban emisi kendaraan truk sebesar 0,106 kg/km. Perbandingan total beban emisi gas CO kendaraan bermotor secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Beban Emisi Gas CO Kendaraan Bermotor

### 4.3 Hasil Meteorologi *Sampling* Gas CO

Data meteorologi pada penelitian ini yaitu mengambil data arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara dan temperatur udara. Data arah dan kecepatan angin diambil untuk menentukan nilai *mixing height* dari tabel stabilitas atmosfer. Nilai temperatur dan kelembaban udara diambil untuk menganalisis pengaruh adanya dispersi emisi gas CO di Kota Batu. Pengambilan data meteorologi diambil menggunakan data primer yang diambil bersamaan pada pengambilan *sampling* gas CO dan *traffic counting*. Titik pengambilan data meteorologi diambil pada 4 titik yang bersamaan pada titik pengambilan *sampling* gas CO yaitu Jalan Raya Pendem, Jalan Mojorejo, Jalan Pattimura dan Jalan Dewi Sartika. Pengambilan jalan diidentifikasi berdasarkan jenis jalan kolektor dan lokal, serta jalur 2 arah dan 1 arah. Kondisi atmosfer Kota Batu pada saat *sampling* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Kondisi Atmosfer Kota Batu *Sampling*

Nama Jalan	Arah Angin	Kecepatan Angin	Kelembaban Udara	Temperatur Udara
		(m/s)	(%)	°C
Jalan Raya Pendem	Tenggara	0,9	63,1	29,4
Jalan Mojorejo		1	57,4	29,3
Jalan Pattimura		0,7	54,3	31,5
Jalan Dewi Sartika		3,3	61,2	29,7

Sumber : Hasil *Sampling*, 2016

Berdasarkan hasil *sampling* meteorologi, maka dapat diketahui kriteria stabilitas atmosfer dari kecepatan angin di Kota Batu. Stabilitas atmosfer dibagi menjadi 7, seperti terlampir pada Tabel 3.2. Nilai kecepatan angin rata-rata sebesar 1,475 sehingga masuk dalam kategori stabilitas atmosfer A (sangat tidak stabil) dengan nilai *Mixing Height* sebesar 2000. Kategori stabilitas atmosfer Kota Batu yang diidentifikasi pada 4 jalan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Kategori Stabilitas Atmosfer Kota Batu

Nama Jalan	Kecepatan Angin	Stabilitas Atmosfer	Mixing Height
	(m/s)		
Jalan Raya Pendem	0,9	A	2000
Jalan Mojorejo	1	A	2000
Jalan Pattimura	0,7	A	2000
Jalan Dewi Sartika	3,3	C	1000
<b>Rata-Rata</b>	<b>1,475</b>	<b>A</b>	<b>2000</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

#### 4.4 Perhitungan *Sampling* Gas CO

Hasil dari dispersi gas CO di Kota Batu ditentukan berdasarkan nilai dari hasil dispersi pemodelan dan hasil dari *sampling* menggunakan *impinger* selama 1 jam setelah itu dilakukan uji lab dengan menggunakan metode spektrofotometri. Hasil dari *sampling* gas CO digunakan untuk validasi nilai model dispersi di Kota Batu agar mendapatkan nilai yang lebih presisi. Jumlah titik untuk *sampling* gas CO berjumlah 4 titik yang diambil dari jenis jalan kolektor dan lokal arus 2 arah dan 1 arah. Pengambilan *sampling* udara ambien gas CO *roadside* yang mengacu pada SK Gubernur Nomor 128 Tahun 1997 tentang Baku Cara Pengambilan Contoh Udara Ambien di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur. Dokumentasi pengambilan *sampling* gas CO dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Hasil uji *sampling* udara gas CO di Kota Batu diambil dari 4 titik terpadat pada daerah jalan kolektor dan lokal arus 2 arah dan 1 pada keadaan menanjak dan mendatar. Titik pengambilan *sampling* gas CO diambil dari Jalan Raya Pendem, Jalan Mojorejo, Jalan Pattimura dan Jalan Dewi Sartika. Pengambilan *sampling* udara diambil berdasarkan arah angin pada saat melakukan *traffic counting* selama 1 jam. Jarak pengambilan *sampling* udara gas CO dilakukan pada jarak 1 meter pada ruas jalan. Hasil pengambilan gas CO diuji pada uji lab dengan metode spektrofotometri dengan menggunakan larutan absorben Kalium Iodida (KI) 2% sebanyak 20 mL. Hasil konsentrasi gas CO tertinggi terletak pada Jalan Mojorejo, sedangkan hasil konsentrasi gas CO terendah terletak pada Jalan Pattimura dan

Jalan Dewi Sartika. Hasil konsentrasi gas CO dengan satuan ppm dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10. Dokumentasi Pengambilan *Sampling* Gas CO

Nama Jalan	Koordinat	Gambar Lokasi	Nama Jalan	Koordinat	Gambar Lokasi
Jalan Raya Pendem	S:07°54'07,5"		Jalan Pattimura	S:07°52'48,0"	
	E:112°34'44,2"			E:112°32'07,1"	
Jalan Mojorejo	S:07°54'11,9"		Jalan Dewi Sartika	S:07°52'54,6"	
	E:112°33'48,2"			E:112°32'10,3"	

Sumber : Hasil Survey, 2016

Tabel 4.11. Hasil Konsentrasi Gas CO

Nama Jalan	Arah Angin	Kecepatan Angin	Konsentrasi CO	Konsentrasi CO
		(m/s)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(ppm)
Jalan Raya Pendem	Tenggara	0,9	63,08851	0,051165
Jalan Mojorejo		1	113,5593	0,092097
Jalan Pattimura		0,7	25,2354	0,020466
Jalan Dewi Sartika		3,3	25,2354	0,020466

Sumber : Hasil Uji Labortorium dan BMKG, 2016

#### 4.5 Perhitungan Konsentrasi Dispersi Model

Pada model box, faktor meteorologi menjadi salah satu faktor penting untuk menentukan dispersi konsentrasi gas CO di Kota Batu. Pada penelitian ini, faktor meteorologi menggunakan data primer yang bersamaan pada saat *traffic counting*

dan *sampling udara*. Hasil dari dispersi udara gas CO model box diambil dari rumus:

$$C = \frac{Q \cdot S}{U \cdot Z}$$

Rumus tersebut digunakan pada 10 jalan yang telah ditetapkan yaitu berdasarkan jenis jalan, arah arus dan topografi jalan. Nilai S diambil dari panjang jalan per segmen, dimana panjang jalan diukur dari segi jalan sampai jalan sampai adanya percabangan. Nilai U diambil dari kecepatan angin rata-rata yang diambil dari 4 jenis jalan yang diukur secara langsung menggunakan anemometer. Nilai Z diambil dari nilai tabel stabilitas atmosfer untuk menentukan *mixing height* dari kecepatan angin primer. Tabel konsentrasi model box yang dirinci berdasarkan masing-masing kendaraan dan jenis jalan dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12. Konsentrasi Dispersi Model Box Gas CO pada Masing-Masing Kendaraan

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis
	Konsentrasi CO Model Box (gr/km <sup>3</sup> )				
Jalan Mojorejo	2,518	16,416	1,198	0,107	0,241
Jalan Raya Pendem	1,685	9,812	0,881	0,110	0,116
Jalan Dewi Sartika	2,438	11,367	2,314	0,051	0,122
Jalan Gajah Mada	1,703	7,507	1,492	0,025	0,052
Jalan Pattimura	2,448	13,559	1,442	0,099	0,072
Jalan Areng-Areng	2,394	13,442	1,862	0,079	0,077
Jalan Oro-Oro Ombo	1,359	4,673	0,565	0,036	0,047
Jalan Bromo	1,826	9,252	2,540	0,038	0,048
Jalan Agus Salim	2,710	13,067	1,573	0,099	0,126
Jalan Brantas	1,859	10,328	1,912	0,037	0,956
<b>TOTAL</b>	20,940	109,424	15,779	0,680	1,857

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Nilai konsentrasi tertinggi terletak pada jenis kendaraan mobil bensin sebesar 109,424 gr/km<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan banyaknya mobil pribadi dengan bahan bakar bensin yang digunakan oleh wisatawan untuk berkunjung ke beberapa objek wisata di Kota Batu. Nilai konsentrasi rendah pada jenis kendaraan yaitu kendaraan truk sebesar 0,680 gr/km<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan pengangkutan barang-barang industri lebih banyak menggunakan mobil box atau sejenisnya dibandingkan dengan mobil truk, alasannya jenis jalan di Kota Batu yang relatif lebih sempit dan sedikitnya industri besar yang ada di Kota Batu. Sehingga kebutuhan pokok yang dibutuhkan hanya menggunakan pengangkutan dengan kapasitas rendah.

Tabel 4.13. Konsentrasi Dispersi Model Box Gas CO

Nama Jalan	Jenis Jalan	Tipe Jalan	Konsentrasi Model Box (C)	
			(gr/km <sup>3</sup> )	(μ gram/m <sup>3</sup> )
Jalan Mojorejo	Kolektor	2 arah naik turun	20,479	0,02048
Jalan Raya Pendem		2 arah mendatar	12,605	0,01260
Jalan Dewi Sartika		1 arah menanjak	16,292	0,01629
Jalan Gajah Mada		1 arah mendatar	10,779	0,01078
Jalan Pattimura		1 arah menurun	17,620	0,01762
Jalan Areng-Areng		2 arah naik turun	17,853	0,01785
Jalan Oro-Oro Ombo	Lokal	2 arah mendatar	6,680	0,00668
Jalan Bromo		1 arah menanjak	13,705	0,01370
Jalan Agus Salim		1 arah mendatar	17,574	0,01757
Jalan Brantas		1 arah menurun	15,092	0,01509

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Hasil konsentrasi gas CO pada model box yang dilampirkan pada Tabel 4.13 menunjukkan konsentrasi tertinggi terletak pada Jalan Mojorejo dengan nilai 20,479 gr/km<sup>3</sup>. Jalan Mojorejo merupakan jalan dengan dengan konsentrasi gas CO tertinggi dikarenakan jalan tersebut merupakan jalan kolektor dengan kapasitas jalan yang besar sehingga memiliki jumlah kendaraan yang tinggi. Jalan mojorejo juga merupakan jalan 2 arah naik turun yang membutuhkan energi yang lebih tinggi untuk bergerak, sehingga menghasilkan emisi yang lebih tinggi. Hasil konsentrasi gas CO terendah terletak pada Jalan Oro-oro Ombo dan Jalan Bromo dengan nilai

6,680 gr/km<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan jalan tersebut memiliki jumlah kepadatan kendaraan bermotor yang lebih rendah dibandingkan dengan jalan lainnya.

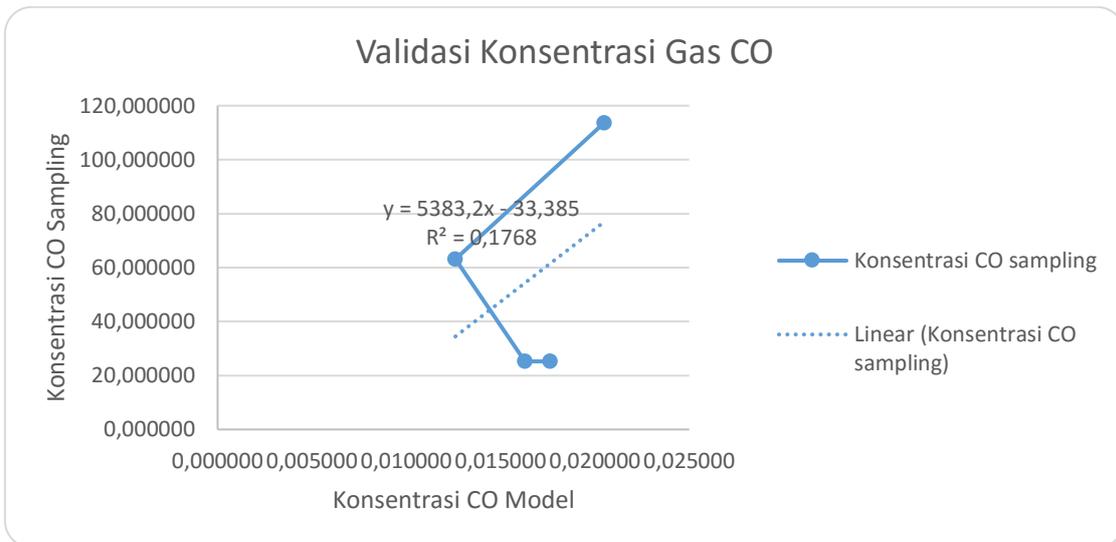
#### 4.6 Validasi Model

Nilai validasi model ditentukan dengan menggunakan regresi linier, dimana nilai X merupakan nilai konsentrasi gas CO hasil model, sedangkan variabel Y merupakan nilai konsentrasi gas CO hasil *sampling*. Nilai kesalahan dalam validasi model dianggap tervalidasi apabila nilai R<sup>2</sup> lebih dari atau sama dengan 0,9, namun apabila nilai R<sup>2</sup> kurang dari 0,9 maka menggunakan persamaan baru yang sudah tervalidasi. Konsentrasi emisi gas CO diambil dari 4 jalan yang telah dilakukan *sampling* udara yaitu Jalan Mojorejo, Jalan Raya Pendem, Jalan Dewi Sartika dan Jalan Pattimura yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Pemilihan jalan tersebut berdasarkan kepadatan tertinggi dari jalan kolektor dan lokal pada masing-masing jalan 2 arah dan 1 arah. Grafik validasi model menggunakan regresi linier dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.14. Perbandingan Nilai Konsentrasi Gas CO pada Model Box dan *Sampling*

Nama Jalan	Konsentrasi CO model ( $\mu$ gram/m <sup>3</sup> )	Konsentrasi CO sampling ( $\mu$ gram/m <sup>3</sup> )
Jalan Mojorejo	0,020479	113,559300
Jalan Raya Pendem	0,012605	63,088510
Jalan Dewi Sartika	0,016292	25,235400
Jalan Pattimura	0,017620	25,235400

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016



Gambar 4.4 Validasi Konsentrasi Emisi Gas CO

Grafik validasi gas CO menunjukkan bahwa nilai  $R^2$  sebesar 0,1731 atau 17,31% yang artinya perbandingan nilai konsentrasi emisi gas CO model dengan konsentrasi emisi gas CO *sampling* lebih dari 10%, sehingga perlu dilakukan modifikasi model box baru dengan persamaan linier  $y = 5383,2x - 33,385$ . Dimana variabel Y merupakan konsentrasi gas CO *sampling* dan variabel X merupakan konsentrasi gas CO model. Nilai validasi model yang tingkat kesalahannya lebih dari 10% dikarenakan adanya pengaruh lain selain transportasi yang menghasilkan emisi gas CO, selain itu faktor meteorologi seperti kecepatan dan arah angin juga berpengaruh dalam dispersi gas CO di Kota Batu. Hal lain yang mempengaruhi yaitu adanya perbedaan jumlah data pada jalur 2 arah dan 1 arah yang sangat tinggi, sehingga nilai konsentrasi gas CO pada jalur 2 arah dan 1 arah perlu dilakukan perbedaan validasi serta penambahan titik *sampling* untuk menghasilkan data yang lebih akurat.

#### 4.6.1 Modifikasi Model Box

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan berdasarkan konsentrasi gas CO Model Box dan konsentrasi gas CO pada saat *sampling*, maka didapatkan nilai konsentrasi gas CO baru yang telah dimodifikasi dengan persamaan  $y = 5383,2x - 33,385$ , dimana  $y$  adalah konsentrasi model modifikasi dan  $x$  adalah konsentrasi model box real. Persamaan ini digunakan dikarenakan nilai korelasi masuk dalam kategori lemah yaitu 10%. Besar konsentrasi gas CO pada model modifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Konsentrasi Gas CO pada Modifikasi Model Box

Nama Jalan	Jenis Jalan	Tipe Jalan	Konsentrasi CO Model ( $\mu$ gram/ $m^3$ )	Modifikasi Model Box ( $\mu$ gram/ $m^3$ )	Baku Mutu Gas CO PP No.41 Tahun 1999 ( $\mu$ gram/ $m^3$ )
Jalan Mojorejo	Kolektor	2 arah naik turun	0,02048	110,211	10.000 x 10 <sup>27</sup>
Jalan Raya Pendem		2 arah mendatar	0,01260	67,820	
Jalan Dewi Sartika		1 arah menanjak	0,01629	87,670	
Jalan Gajah Mada		1 arah mendatar	0,01078	57,991	
Jalan Pattimura		1 arah menurun	0,01762	94,821	
Jalan Areng-Areng	Lokal	2 arah naik turun	0,01785	96,074	
Jalan Oro-Oro Ombo		2 arah mendatar	0,00668	35,924	
Jalan Bromo		1 arah menanjak	0,01370	35,924	
Jalan Agus Salim		1 arah mendatar	0,01757	73,743	
Jalan Brantas		1 arah menurun	0,01509	94,569	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Hasil gas CO dari modifikasi Model Box yang dihitung dengan rata-rata pengukuran *Traffic Counting* 1 jam didapatkan nilai konsentrasi gas CO tertinggi terletak pada Jalan Mojorejo yang merupakan jenis jalan kolektor 2 arah naik turun sebesar 110,211  $\mu$ g/ $m^3$ . Sedangkan untuk jenis jalan lokal terletak pada emisi tertinggi yaitu Jalan Areng-Areng yang merupakan jalan 2 arah naik turun sebesar 96,074  $\mu$ g/ $m^3$ . Nilai ini sesuai dengan penelitian Zhang *et al.* (2015), dimana peningkatan emisi tertinggi terletak pada kemiringan tertinggi yaitu pada penelitian ini pada keadaan menanjak. Menurut hasil dari nilai konsentrasi gas CO modifikasi model diketahui masih dibawah baku mutu. Dimana nilai baku mutu menurut PP

No. 41 Tahun 1999 menunjukkan batas nilai gas CO ambien kategori pengukuran 1 jam sebesar  $10.000 \mu\text{g}/\text{nm}^3$  atau  $10.000 \times 10^{27} \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **4.7 Dispersi Emisi Gas CO**

Penyebaran emisi gas CO dilakukan menggunakan *software arcview* yang ditampilkan berupa peta sebaran gas CO yang dibagi berdasarkan jenis kelurahan/desa yang memiliki wilayah terpadat transportasi. Wilayah tersebut juga dianalisis berdasarkan 10 titik *sampling traffic counting* gas CO yang telah dimodelkan. Sebaran emisi gas CO dilakukan berdasarkan hasil model modifikasi yang telah dilakukan validasi model terhadap titik *sampling* gas CO. Beberapa kelurahan/desa yang terkena dampak gas CO yaitu Kelurahan Dadaprejo, Kelurahan Ngaglik, Desa Oro-Oro Ombo, Desa Pendem, Kelurahan Sisir dan Kelurahan Temas. Dispersi emisi gas CO ditampilkan pada Lampiran 5 – Lampiran 10.

##### **a. Kelurahan Dadaprejo**

Lampiran 5 menunjukkan bahwa pada Kelurahan Dadaprejo, terletak 1 titik *sampling* yaitu Jalan Areng-Areng yang mewakili daerah tersebut dan terdapat 2 titik lainnya di luar area Kelurahan Dadaprejo yaitu Jalan Raya Pendem dan Jalan Mojorejo. Sebaran emisi gas CO pada daerah ini terbagi menjadi 8 kategori pada area kelurahan Dadaprejo dan 9 kategori di luar kelurahan.

Peta sebaran tersebut terlihat bahwa emisi tertinggi terletak pada wilayah yang menuju Jalan Mojorejo yang merupakan jalan kolektor 2 arah naik turun sebesar,  $107,069 - 108,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran  $4,450 \text{ Ha}$  atau  $0,0445 \text{ km}^2$ , sedangkan sebaran emisi terendah terletak pada area yang menuju Jalan Areng-Areng yang merupakan jalan lokal 2 arah naik turun dan Jalan Raya Pendem yang merupakan jalan kolektor 2 arah mendatar dengan konsentrasi emisi sebesar  $96,075 - 97,646 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran  $67,620 \text{ Ha}$  atau  $0,6762 \text{ km}^2$ . Peta sebaran emisi gas CO pada Kelurahan Dadaprejo juga terlihat semakin ke barat jumlah emisi semakin tinggi, hal ini dikarenakan jumlah transportasi pada area

barat semakin tinggi, selain itu jenis jalan pada area barat memiliki area jalan yang memiliki kepadatan yang lebih besar yaitu kolektor 2 arah naik turun.

#### **b. Kelurahan Ngaglik**

Lampiran 6 menunjukkan bahwa pada Kelurahan Ngaglik, terletak 2 titik *sampling* yaitu Jalan Brantas dan Jalan Gajah Mada yang mewakili daerah tersebut dan terdapat 5 titik lainnya di luar area Kelurahan Dadaprejo yaitu Jalan Bromo, Jalan Agus Salim, Jalan Oro-Oro Ombo, Jalan Pattimura dan Jalan Dewi Sartika. Sebaran emisi gas CO pada daerah ini terbagi menjadi 9 kategori pada area kelurahan Ngaglik dan 8 kategori di luar kelurahan.

Peta sebaran tersebut terlihat bahwa emisi tertinggi terletak pada wilayah Jalan Brantas yang merupakan jalan lokal 1 arah menurun sebesar 90.345 – 94.383  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 0,7 Ha atau 0,0007  $\text{km}^2$  lalu disusul pada Jalan Bromo yang merupakan jalan lokal 1 arah menaik yakni sebesar 86.307 – 90.345  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 2,150 Ha atau 0,0070  $\text{km}^2$ . Sebaran emisi terendah terletak pada area yang menuju Jalan Gajah Mada yang merupakan jalan kolektor 1 arah mendatar dengan konsentrasi emisi sebesar 58,039 – 62,078  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 3,140 Ha atau 0,0314  $\text{km}^2$ . Peta sebaran emisi gas CO pada Kelurahan Ngaglik juga terlihat semakin ke selatan jumlah emisi semakin rendah, hal ini dikarenakan jumlah transportasi pada area utara merupakan daerah dengan kepadatan yang tinggi dibandingkan pada area selatan yaitu Jalan Gajah Mada.

#### **c. Desa Oro-Oro Ombo**

Lampiran 7 menunjukkan bahwa pada Desa Oro-Oro Ombo, terletak 1 titik *sampling* yaitu Jalan Oro-Oro Ombo, yang terletak di dekat wilayah Desa Oro-Oro Ombo dan terdapat 6 titik lainnya yang jauh di luar area Desa Oro-Oro Ombo yaitu Jalan Gajah Mada, Jalan Brantas, Jalan Dewi Sartika, Jalan Agus Salim, Jalan Pattimura dan Jalan Bromo. Sebaran emisi gas CO pada daerah ini terbagi menjadi 6 kategori pada area Desa Oro-Oro Ombo dan 4 kategori di luar desa.

Peta sebaran tersebut terlihat bahwa emisi tertinggi terletak pada wilayah Jalan Agus Salim yang berada diluar area Desa Oro-Oro Ombo yang merupakan jalan lokal 1 arah mendatar sebesar  $64,666 - 70,405 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran  $183,83 \text{ Ha}$  atau  $1,8383 \text{ km}^2$ , sedangkan emisi terendah terletak pada area Jalan Oro-Oro Ombo yang merupakan jalan lokal 2 arah mendatar sebesar  $47,448 - 53,188 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran  $13,96 \text{ Ha}$  atau  $0,1396 \text{ km}^2$ . Peta sebaran emisi gas CO pada Desa Oro-Oro Ombo juga terlihat pada area Jalan Oro-Oro Ombo emisi semakin rendah dikarenakan jumlah kendaraan pada area tersebut lebih sedikit, sedangkan tiga jalan yang terdapat di utara Jalan Oro-Oro Ombo memiliki sebaran emisi gas CO yang tinggi dikarenakan besarnya jumlah kendaraan dari ketiga jalan tersebut.

#### **d. Desa Pendem**

Lampiran 8 menunjukkan bahwa pada Desa Pendem, terletak 1 titik *sampling* di dalam area Desa Pendem yaitu Jalan Raya Pendem dan terdapat 1 titik lainnya yang terletak di luar area Desa Pendem yaitu Jalan Areng-Areng. Sebaran emisi gas CO pada daerah ini terbagi menjadi 8 kategori pada area Desa Pendem dan 7 kategori di luar desa.

Peta sebaran tersebut terlihat bahwa emisi tertinggi terletak di luar area titik *counting* Desa Pendem yaitu pada wilayah Jalan Areng-Areng yang merupakan jalan lokal 2 arah naik turun sebesar  $92.935 - 96.073 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran  $0,25 \text{ Ha}$  atau  $0,0025 \text{ km}^2$ , sedangkan nilai emisi terendah terletak pada area titik *counting* Jalan Raya Pendem yakni sebesar  $67.83 - 70.968 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran  $11,680 \text{ Ha}$  atau  $0,1168 \text{ km}^2$ . Peta sebaran emisi gas CO pada Desa Pendem terlihat semakin ke selatan jumlah emisi semakin tinggi, hal ini dikarenakan jumlah transportasi pada area selatan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah utara.

**e. Kelurahan Sisir**

Lampiran 9 menunjukkan bahwa pada Kelurahan Sisir, terletak 3 titik *sampling* yaitu Jalan Gajah Mada, Jalan Brantas dan Jalan Bromo yang terletak di wilayah Kelurahan Sisir dan terdapat 3 titik lainnya yang terletak di luar area Kelurahan Sisir yaitu Jalan Pattimura, Jalan Dewi Sartika dan Jalan Oro-Oro Ombo. Sebaran emisi gas CO pada daerah ini terbagi menjadi 9 kategori pada area Kelurahan Sisir dan 9 kategori di luar kelurahan.

Peta sebaran tersebut terlihat bahwa emisi tertinggi untuk daerah dalam Kelurahan Sisir terletak pada wilayah Jalan Brantas yang merupakan Jalan lokal 1 arah menurun dan daerah luar Kelurahan Sisir terletak pada area Jalan Pattimura yang merupakan jalan kolektor 1 arah menurun sebesar  $88.276 - 94.815 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 3,73 Ha atau  $0,0373 \text{ km}^2$ , sedangkan emisi terendah untuk daerah dalam Kelurahan Sisir terletak pada Jalan Bromo yang merupakan jalan lokal 1 arah menanjak dan daerah luar Kelurahan Sisir terletak pada area Jalan Oro-Oro Ombo yang merupakan jalan lokal 1 arah mendatar sebesar  $35.966 - 42.505 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 1,27 Ha atau  $0,0127 \text{ km}^2$ . Peta sebaran emisi gas CO pada Kelurahan Sisir terlihat terdapat 2 ruas dengan dispersi emis tertinggi yaitu terletak di area tenggara dan area barat laut, namun area terluas dengan emisi tertinggi terletak pada area tenggara. Hal ini dikarenakan pada area tenggara terdapat 2 titik jalan yang menunjukkan kepadatan tertinggi transportasi dibandingkan dengan area barat laut.

**f. Kelurahan Temas**

Lampiran 10 menunjukkan bahwa pada Kelurahan Temas, terletak 4 titik *sampling* yaitu Jalan Pattimura, Jalan Agus Salim, Jalan Dewi Sartika dan Jalan Oro-Oro Ombo yang terletak di wilayah Kelurahan Temas dan terdapat 3 titik lainnya yang terletak di luar area Kelurahan Temas yaitu Jalan Bromo, Jalan Gajah Mada dan Jalan Brantas. Sebaran emisi gas CO pada daerah ini terbagi menjadi 9 kategori pada area Kelurahan Temas dan 9 kategori di luar kelurahan.

Peta sebaran tersebut terlihat sama dengan peta sebaran Kelurahan Temas bahwa emisi tertinggi terletak pada wilayah Jalan Pattimura, Jalan Dewi Sartika dan Jalan Brantas, namun area terluas dengan emisi tertinggi terletak pada Jalan Pattimura yang merupakan jalan kolektor 1 arah menurun sebesar 88.272 – 94.809  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 12,94 Ha atau 0,1294  $\text{km}^2$ , disusul dengan Jalan Dewi Sartika yang merupakan jalan kolektor 1 arah menanjak sebesar 81.738 – 88.272  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 46,24 Ha atau 0,4624  $\text{km}^2$ . Emisi terendah untuk daerah dalam Kelurahan Temas terletak pada Jalan Oro-Oro Ombo yang merupakan jalan lokal 2 arah mendatar sebesar 35.975 – 42.512  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan luas area sebaran 5,060 Ha atau 0,0506  $\text{km}^2$ . Peta sebaran emisi gas CO pada Kelurahan Temas terlihat sama dengan sebaran emisi gas CO pada peta Kelurahan Sisir, terdapat 2 ruas dengan dispersi emisi tertinggi yaitu terletak di area pusat Kelurahan Temas dan area barat laut, namun area terluas dengan emisi tertinggi terletak pada area pusat Kelurahan Temas. Hal ini dikarenakan pada area pusat terdapat tiga titik jalan yang menunjukkan kepadatan tertinggi transportasi dibandingkan dengan area barat laut, sehingga area terluas dengan emisi tertinggi terletak pada area pusat wilayah Kelurahan Temas.

#### **4.8 Emisi Kendaraan Berdasarkan Topografi Jalan**

Penentuan emisi gas CO yang dilakukan pada model Box sudah diketahui bahwa emisi gas CO tertinggi terletak pada jumlah kendaraan terbanyak dengan kategori masing-masing jenis kendaraan yang memiliki faktor emisi yang tinggi. Pada kategori jenis topografi jalan, penentuan emisi gas CO sektor transportasi perlu dilakukan perhitungan emisi pada jumlah kendaraan di masing-masing jenis topografi jalan. Topografi jalan ditinjau dari titik pengambilan konsentrasi gas CO *sampling* pada 4 titik yang sudah dilakukan yaitu, jalan 2 arah naik turun, jalan 2 arah mendatar, jalan 1 arah menanjak dan jalan 1 arah menurun. Jumlah kendaraan yang digunakan dilihat pada jumlah rata-rata dalam 1 jam *traffic counting* yang disamakan pada jenis topografi jalan pada saat *sampling* emisi gas CO. Penentuan jumlah kendaraan pada masing-masing topografi jalan dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.16. Emisi Gas CO Kendaraan pada Jenis Topografi Jalan

Nama Jalan	Tipe Jalan	Jumlah Kendaraan (emp)	Konsentrasi CO sampling ( $\mu$ gram/ $m^3$ )	Emisi Gas CO ( $\mu$ gram/( $m^3$ .emp))
Jalan Mojorejo	2 arah naik turun	1.952	113,559	0,058
Jalan Raya Pendem	2 arah mendatar	1.223	63,089	0,052
Jalan Dewi Sartika	1 arah menanjak	1.583	25,235	0,016
Jalan Pattimura	1 arah menurun	1.682	25,235	0,015

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Analogi perhitungan pada Tabel 4.16 dapat dicontohkan pada Jalan Mojorejo. Dimana jumlah kendaraan rata-rata dalam 1 jam *traffic counting* pada Jalan Mojorejo sebesar 1.952 emp, sedangkan konsentrasi gas CO *sampling* sebesar 113,559 ( $\mu$  gram/ $m^3$ ). Sehingga besar emisi gas CO Jalan Mojorejo sebesar  $113,559:1.952 = 0,058$  ( $\mu$  gram/( $m^3$ .emp)). Perhitungan emisi gas CO pada masing-masing jenis topografi jalan lainnya dapat dihitung dengan metode yang sama.

Hasil pada Tabel 4.16 terlihat bahwa jika ditinjau dari jenis jalan 1 arah menanjak dan 1 arah menurun, nilai emisi pada jenis jalan 1 arah menanjak lebih tinggi, hal ini dikarenakan pada tipe jalan menanjak kendaraan mengeluarkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan jalan menurun. Hal ini diperkuat oleh penelitian Bachtiar (2003), karena ketika kendaraan berjalan di jalan yang menanjak, mesin kendaraan akan bekerja lebih dipaksakan dari yang seharusnya. Sehingga menyebabkan pembakaran bahan bakar dalam mesin juga akan semakin lebih besar, maka emisi gas buang emisi akan lebih besar. Penelitian oleh Zhang *et al.* (2015) juga menjelaskan bahwa kemiringan jalan tertinggi dapat meningkatkan emisi gas CO di udara.

Pada perbandingan tipe jalan 2 arah naik turun dengan 2 arah mendatar terlihat pada tipe jalan 2 arah naik turun memiliki emisi gas CO yang lebih besar. Hal ini dikarenakan besarnya emisi yang dikeluarkan pada jalan naik di tipe jalan 2 arah naik turun memiliki emisi tinggi yang tidak bisa diimbangi dengan adanya kendaraan yang melewati jalur arah turun, sehingga besar emisi lebih tinggi dibandingkan dengan emisi kendaraan di tipe jalan 2 arah mendatar. Hal ini juga dijelaskan dalam penelitian Wyatt *et al.* (2014), dimana peningkatan emisi yang

terjadi pada kemiringan menanjak tidak dapat diimbangi dengan kemiringan jalan menurun. Sehingga besar emisi berdasarkan kemiringan jalan tergantung dengan energi yang dikeluarkan oleh kendaraan tersebut.

Namun pada hubungan emisi CO yang dikeluarkan dari masing-masing jenis kendaraan dan variasi topografi jalan perlu dilakukan perhitungan. Jumlah kendaraan pada masing-masing jalan berbeda sesuai dengan jenis jalan yang sering dilalui oleh kendaraan. Jenis kendaraan yang dihitung yaitu sepeda motor, mobil berbahan bakar bensin, mobil berbahan bakar solar, truk dan bis. Emisi gas CO pada jenis kendaraan berdasarkan topografi jalan dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Emisi Gas CO pada Jenis Kendaraan Berdasarkan Topografi Jalan

<b>Nama Jalan</b>	<b>Tipe Jalan</b>	<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Jumlah Kendaraan (emp)</b>	<b>Konsentrasi CO sampling (<math>\mu</math> gram/<math>m^3</math>)</b>	<b>Emisi Gas CO (<math>\mu</math> gram/(<math>m^3</math>.emp))</b>
<b>Jalan Mojorejo</b>	2 arah naik turun	Sepeda Motor	531	113,559	0,214
		Mobil Bensin	1211		0,094
		Mobil Solar	88		1,290
		Truk	38		2,988
		Bis	85		1,336
<b>Jalan Raya Pendem</b>	2 arah mendatar	Sepeda Motor	355	63,089	0,178
		Mobil Bensin	724		0,087
		Mobil Solar	65		0,971
		Truk	39		1,618
		Bis	41		1,539
<b>Jalan Dewi Sartika</b>	1 arah menanjak	Sepeda Motor	514	25,235	0,049
		Mobil Bensin	838		0,030
		Mobil Solar	171		0,148
		Truk	18		1,402
		Bis	43		0,587
<b>Jalan Pattimura</b>	1 arah menurun	Sepeda Motor	516	25,235	0,049
		Mobil Bensin	1.000		0,025
		Mobil Solar	106		0,238
		Truk	35		0,721
		Bis	25		1,009

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Pada Tabel 4.17 ditunjukkan bahwa nilai emisi tertinggi terletak pada jenis kendaraan truk pada 3 jalan dan bus pada 1 jalan. Pada nilai tertinggi kendaraan truk yaitu terletak pada Jalan Mojorejo yaitu 2,988 ( $\mu$  gram/( $m^3$ .emp)), Jalan Raya Pendem sebesar 1,618 ( $\mu$  gram/( $m^3$ .emp)) dan Jalan Dewi Sartika sebesar 1,402 ( $\mu$  gram/( $m^3$ .emp)). Sedangkan pada Jalan Pattimura emisi terbesar yaitu bis sebesar 1,009 ( $\mu$  gram/( $m^3$ .emp)). Hal ini dikarenakan tingginya energi yang dikeluarkan pada kendaraan truk dan bis pada jenis jalan tersebut.

#### **4.9 Strategi Pengendalian Pencemar Gas CO dari Aktifitas Transportasi**

Setelah dilakukan aspek teknis dalam mengetahui emisi gas CO maka dapat dilakukan beberapa strategi pengendalian agar terjadi penurunan emisi gas CO. Dalam penelitian ini menggunakan aspek lingkungan, aspek kelembagaan dan aspek tekni. Tujuan adanya aspek lingkungan yaitu untuk mengurangi adanya pencemar gas CO yang dapat langsung diaplikasikan oleh pengguna kendaraan bermotor, dimana dalam aspek ini akan mengetahui presentase penurunan emisi gas CO sebelum adanya strategi pengendalian dan setelah adanya strategi pengendalian.

Pada aspek kelembagaan akan dilakukan beberapa pemilihan kebijakan yang belum dilakukan oleh Pemerintah Kota Batu. Aspek kelembagaan sendiri juga berfungsi untuk mengurangi emisi gas CO pada jangka waktu yang panjang, sehingga penyebaran emisi gas CO tidak terlalu tinggi dan tidak melebihi baku mutu.

Pada aspek teknis, terdapat beberapa rekomendasi dalam pengurangan emisi gas CO. Aspek teknis disini dilihat dari besarnya konsentrasi emisi gas CO dari perhitungan Model Box, dimana aspek yang dikaji berdasarkan sarana dan prasarana yang menunjang adanya pengurangan emisi. Selain adanya perhitungan konsentrasi emisi, aspek teknis juga dikaji dari adanya kondisi transportasi dan jaringan jalan yang ada di Kota Batu.

#### 4.9.1 Aspek Lingkungan

Dengan adanya nilai konsentrasi gas CO yang terdispersi dengan radius tinggi, maka dilakukan pengawasan kualitas ambien di beberapa titik jalan dengan kepadatan transportasi tertinggi. Dengan adanya kegiatan pengawasan udara ambien, maka dapat dilakukan strategi pengendalian pada aspek lingkungan berupa penggunaan RTH (Ruang Terbuka Hijau) yang dapat diterapkan 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). Tujuan dari rekomendasi ini adalah memelihara kehijauan kota khususnya yang terdapat pada area pusat kota untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengurangi adanya emisi gas CO dan sebarannya, sehingga meningkatkan kualitas udara ambien.

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 8 tahun 2010, menyebutkan bahwa bangunan dapat dikategorikan sebagai bangunan ramah lingkungan (*Green Building*) apabila memenuhi kriteria:

- Menggunakan material bangunan yang ramah lingkungan
- Terdapat fasilitas, sarana, dan prasarana untuk konservasi sumber daya air dalam bangunan gedung
- Terdapat fasilitas, sarana, dan prasarana konservasi dan diversifikasi energi
- Menggunakan bahan yang bukan bahan perusak ozon dalam bangunan gedung
- Terdapat fasilitas, sarana, dan prasarana pengelolaan air limbah domestik pada bangunan gedung
- Terdapat fasilitas pemilahan sampah
- Memperhatikan aspek kesehatan bagi penghuni bangunan
- Terdapat fasilitas, sarana, dan prasarana pengelolaan tapak berkelanjutan

- Terdapat fasilitas, sarana, dan prasarana untuk mengantisipasi bencana

Adanya pembuatan green building pada penelitian ini bisa dilakukan pada wilayah dengan area konsentrasi emisi gas CO tertinggi yaitu terletak pada area Jalan Mojorejo, dimana jalan ini dapat dilakukan beberapa alternatif penggunaan *green building*. Pada penerapannya, bangunan sekitar yang sebagian besar merupakan bangunan rumah penduduk, toko serta rumah makan yang dapat diterapkan pemakaian *roof garden*, *terrace garden* atau *green wall* sebagai salah satu pemanfaatan *green building*. Menurut Fernanda (2012), terdapat beberapa tolak ukur pada rekomendasi *green building* yaitu :

- Adanya are landskap berupa vegetasi yang bebas dari bangunan taman yang terletak di atas permukaan tanah seluas minimal 40% luas total lahan.
- Penggunaan tanaman lokal dan budidaya lokal dalam skala provinsi menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sebesar 60% luas tajuk/jumlah tanaman.

Menurut Permen PU No.5 Tahun 2008 beberapa tanaman yang dapat digunakan dalam penerapan *green building* dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Tanaman yang Dapat Digunakan untuk *Green Building*

No	Jenis dan Nama Tanaman	Nama Latin	Keterangan
<b>I</b>	<b>Perdu/semak</b>		
1	Akapali merah	<i>Acalypha wilkesiana</i>	Daun Berwarna
2	Nusa indah merah	<i>Musaenda erythrophylla</i>	Berbunga
3	Daun mangkokan	<i>Notophanax scutellarium</i>	Berdaun unik
4	Bogenvil merah	<i>Bougenvillea glabra</i>	Berbunga
5	Azalea	<i>Rhododendron indicum</i>	Berbunga
6	Soka daun besar	<i>Ixora javonica</i>	Berbunga
7	Bakung	<i>Crinum asiaticum</i>	Berbunga
8	Oleander	<i>Nerium oleander</i>	Berbunga
9	Palem kuning	<i>Chrysalidocaus lutescens</i>	Daun Berbunga
10	Sikas	<i>Cycas revolata</i>	Bentuk unik
11	Alamanda	<i>Alamanda cartatica</i>	Merambat berbunga
12	Puring	<i>Cidiaeum varigatum</i>	Daun berwarna
13	Kembang merak	<i>Caesalpinia pulcherima</i>	Berbunga
<b>II</b>	<b>Ground Cover</b>		
1	Rumput gajah	<i>Axonophus compressus</i>	Tekstur Kasar
2	Lantana ungu	<i>Lantana camara</i>	Berbunga
3	Rumput kawat	<i>Cynodon dactylon</i>	Tekstur sedang

Sumber : Permen PU, 2008

#### **4.9.2 Aspek Kelembagaan**

Pengurangan emisi CO yang dikeluarkan oleh kendaraan sangat penting dilakukan terutama melalui kebijakan Pemerintah Kota Batu. Saat ini belum ada kebijakan menyeluruh dari pemerintah setempat untuk mengurangi emisi CO, walaupun demikian kebijakan yang secara tidak langsung mengurangi emisi bukannya tidak ada. Salah satu kebijakan itu adalah sistem buka tutup jika terjadi kemacetan. Selain dengan adanya pengurangan kemacetan, buka tutup jalan juga dapat mengurangi emisi gas dari kendaraan bermotor. Hal ini karena pada penutupan jalan dilakukan pengurangan kendaraan bermotor sehingga mengurangi adanya emisi yang keluar pada kendaraan tersebut. Penerapan buka tutup jalan ini dapat dilakukan pada jam-jam puncak kendaraan seperti halnya yang telah dilakukan pada Kota Bogor.

Atas dasar latar belakang di atas itulah subbab ini akan menganalisis strategi kebijakan yang dapat diusulkan oleh pemerintah untuk mengurangi adanya emisi gas CO dari adanya sektor transportasi. Beberapa kebijakan yang dapat diusulkan antara lain pengaturan rute lalu lintas, pembatasan truk dan bus, pengembangan sistem angkutan massal dan uji emisi kendaraan.

##### **a. Pengaturan Rute Lalu Lintas**

Pada rute jalan yang telah ada pada daerah pariwisata Kota Batu, terdapat beberapa rute yang memiliki nilai topografi yang variatif dikarenakan Kota Batu sendiri merupakan kota yang memiliki ketinggian yang beragam. Namun menurut penelitian ini, nilai emisi pada keadaan topografi menanjak lebih tinggi dibandingkan dengan keadaan menurun. Oleh karena itu, perlu adanya peralihan rute jalan dengan topografi mendatar. Hal ini dikarenakan pada keadaan mendatar, tidak adanya topografi menanjak sehingga emisi yang dikeluarkan tidak besar. Perubahan rute ini bisa dilakukan pada jam-jam puncak kendaraan khususnya pada jalan melintas di daerah pariwisata.

b. Pembatasan truk dan bis

Menurut penelitian yang dilakukan, nilai emisi terbesar pada jenis kendaraan bermotor terletak pada kendaraan truk dan bus. Hal ini dikarenakan tingkatnya pemakaian bus untuk para wisatawan dan tingginya pemakaian truk untuk para industri sebagai sarana transportasi barang dari Kota Batu menuju Kota Malang dan Kabupaten Malang, begitu juga sebaliknya. Selain itu, umur kendaraan truk yang sudah melampaui batas pemakaian yaitu 5 tahun, sehingga pembakaran yang dilakukan tidak sempurna dan menghasilkan gas CO yang tinggi. Oleh karena itu perlu adanya peralihan pemakaian transportasi bus ke kendaraan yang ramah lingkungan atau kendaraan massal khususnya pada jam puncak untuk mengurangi adanya emisi. Kemudian dilakukan penggunaan truk yang memiliki umur dibawah 5 tahun dan peralihan ke jalan yang rendah adanya lalu lintas kota.

c. Pengembangan Sistem Angkutan Massal

Besarnya jumlah kendaraan di Kota Batu, dimana sebagian besar merupakan pengguna kendaraan sepeda motor menunjukkan sistem angkutan massal di Kota Batu belum efektif. Pengembangan sistem angkutan massal sebagai langkah awal kemajuan sistem transportasi yang diikuti dengan peningkatan kualitas pelayanan perlu lebih diefektifkan, karena dapat mengurangi kemacetan dan emisi gas CO. Dengan adanya transportasi massal dapat mengurangi jumlah kendaraan yang digunakan. Salah satu transportasi massal yang dapat digunakan yaitu bus dan kereta api. Dimana pada transportasi bus dapat digunakan pada jarak tempuh yang relatif dekat maupun jauh. Bus ini juga dapat diaplikasikan dengan waktu yang relatif mudah, karena jadwal keberangkatan bus juga dapat disesuaikan hingga waktu 24 jam. Pada transportasi kereta api, berukuran relatif besar sehingga mampu memuat penumpang dan barang dalam skala besar. Transportasi ini juga banyak diterapkan di negara-negara maju untuk mengurangi adanya kemacetan dan emisi gas buang dari kendaraan pribadi.

Menurut Wright *et al.* (2002), salah satu cara untuk mengurangi emisi gas CO adalah dengan menerapkan transportasi massal dengan opsi transportasi massal

berupa Bus Rapid Transit, Metro, Kereta Komuter dan Light Rail Transit. Bus Rapid Transit adalah salah satu bentuk angkutan berorientasi pelanggan dan mengkombinasikan stasiun, kendaraan, perencanaan dan elemen-elemen sistem transportasi pintar ke dalam suatu sistem yang terpadu dan memiliki satu identitas unik.

Menurut Fernanda (2012), tolak ukur untuk mengaplikasikan transportasi massal yaitu :

- Adanya halte atau stasiun transportasi umum dalam jangkauan 300 m dari gerbong lokasi bangunan dengan tidak mempertimbangkan panjang jembatan penyeberangan
- Menyediakan *shuttle bus* untuk pengguna tetap gedung dengan jumlah unit minimum untuk 10% pengguna tetap gedung
- Menyediakan fasilitas jalur pedestrian di dalam area gedung untuk menuju sistem transportasi umum terdekat yang aman dan nyaman sesuai dengan Permen PU 30/PRT/M/2006 mengenai Pedoman Teknis Fasilitas dan Aksesibilitas pada Bangunan Gedung dan Lingkungan

#### d. Penggalakan Uji Emisi Kendaraan

Pembakaran pada mesin kendaraan berbahan bakar bensin yang tidak sempurna memperbesar emisi gas CO, sehingga langkah pertama dalam pengendalian pencemar ini adalah dengan meminimalkan emisi gas CO pada kendaraan baik yang berbahan bakar bensin maupun solar. Langkah yang dapat diambil adalah dengan penggalakan uji emisi sebagai salah satu syarat perpanjangan STNK (Surat Tanda Nomor Kendaraan Bermotor).

Langkah yang harus diambil dalam meminimalkan emisi gas CO dengan cara penggunaan alat untuk menguji emisi tiap kendaraan yang ada, baik kendaraan umum maupun kendaraan pribadi. Menurut Dinas Perhubungan Kota Batu, uji emisi yang dilakukan pada kota tersebut hanya berdasarkan jenis kendaraan barang, tidak semua jenis kendaraan perlu dilakukan uji emisi. Selain itu lokasi uji emisi yang berada di luar Kota Batu yaitu terletak di Kabupaten Malang sehingga

mengakibatkan jarak penggunaan uji emisi yang berada di dalam kota relatif jauh. Solusi atau strategi yang perlu dilakukan adalah membuat kebijakan baru terkait uji emisi yang masuk dalam salah satu syarat perpanjangan STNK. Pelaksanaan uji emisi juga bisa bekerja sama dengan beberapa bengkel terkait yang ada di Kota Batu untuk meningkatkan akses yang tidak jauh. Sehingga pengurangan emisi lebih efektif dari sisi pengendalian awal emisi kendaraan melalui uji emisi dan mengurangi waktu tempuh dengan penempatan uji emisi di berbagai titik lokasi di dalam kota.

#### **4.9.3 Aspek Teknis**

Aspek teknis pada penelitian ini menggunakan beberapa rekomendasi yang berkaitan dengan jumlah kendaraan yang berfungsi untuk mengendalikan adanya emisi gas CO oleh adanya transportasi. Rekomendasi yang diterapkan ditinjau berdasarkan keadaan transportasi dan manajemen lalu lintas yang belum diterapkan di Kota Batu. Rekomendasi yang dapat diterapkan yaitu pembatasan jumlah kendaraan pribadi dan meminimalkan jarak tempuh.

##### **e. Meminimalkan Jarak Tempuh**

Tujuan adanya transportasi yaitu berkaitan untuk mempersingkat adanya perpindahan satu tempat ke tempat lain baik dari perjalanan yang jauh maupun perjalanan yang relatif dekat. Beberapa aktivitas yang membutuhkan adanya transportasi khususnya kendaraan bermotor antara lain untuk kegiatan kerja, sekolah bahkan untuk kegiatan pariwisata. Makin tinggi lama perjalanan yang ditempuh maka makin besar energi yang dikeluarkan oleh kendaraan tersebut, sehingga meningkatkan nilai emisi khususnya emisi gas CO. Oleh karena itu perlu adanya pengendalian jarak tempuh pemakaian kendaraan bermotor untuk mengurangi adanya emisi gas CO.

Salah satu kebijakan atau strategi dalam hal ini yaitu dengan adanya peraturan untuk melakukan pola tata guna lahan dalam satu kota. Dengan konsep ini, maka transportasi penduduk dapat diperpendek melalui suatu penataan tata guna lahan

kota, sehingga masyarakat tidak perlu melakukan perjalanan jauh dengan menggunakan transportasi untuk berbagai maksud tujuan. Hal ini dimungkinkan dengan pembangunan unit pemukiman yang tidak saja dilengkapi dengan fasilitas sosial, tetapi juga berdekatan dengan lokasi tempat kerja. Pada kondisi Kota Batu dimana merupakan kota pariwisata yang memiliki tingkat pengunjung yang relatif tinggi, maka bisa dilakukan pemusatan daerah wisata dengan pemusatan daerah parkir yang tidak jauh dari tempat pariwisata satu ke tempat pariwisata lainnya. Selain itu daerah pariwisata juga diimbangi dengan bangunan penunjang, seperti restoran, toko oleh-oleh dan peminjaman sepeda keliling yang bertujuan untuk mengurangi ada emisi serta peningkatan pariwisata.

Pengendalian kebutuhan akan transportasi menurut Tamin (2000), tidak dilakukan dengan cara membatasi pergerakan yang akan terjadi melainkan mengelola proses pergerakan tersebut supaya tidak terjadi pada saat bersamaan dan atau terjadi pada lokasi yang bersamaan pula. Sehingga beberapa kebijakan yang akan dilakukan dapat mengacu pada beberapa proses pergerakan antara lain :

- Proses pergerakan pada lokasi yang sama tetapi waktu yang berbeda
- Proses pergerakan pada waktu yang sama tetapi lokasi atau rute yang berbeda
- Proses pergerakan pada lokasi dan waktu yang sama tetapi dengan moda transportasi yang berbeda
- Proses pergerakan pada lokasi, waktu dan moda transportasi yang sama tetapi dengan lokasi tujuan yang berbeda

f. Pembatasan Jumlah Kendaraan Pribadi

Pembatasan jumlah kendaraan pribadi diiringi dengan adanya sistem transportasi massal yang memiliki tingkat kualitas dan kuantitas yang efektif dapat mengurangi adanya pencemaran yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor. Salah satu pembatasan jumlah kendaraan pribadi yaitu dengan adanya sistem pemberlakuan pajak kendaraan bermotor secara progresif hingga persentase 10%-20% dari nilai jual kendaraan. Selain itu perlu adanya kerjasama terhadap tukang parkir pada area-area umum seperti daerah yang memiliki tingkat kemacetan

tertinggi yaitu tempat pariwisata dengan pembayaran parkir yang relatif tinggi, seperti yang sudah dilakukan oleh negara-negara maju untuk mengurangi adanya peningkatan jumlah kendaraan yang berdampak pada penurunan emisi gas buang kendaraan khususnya gas CO.

#### **4.9.4 Saran Strategi**

Berdasarkan strategi yang telah diusulkan, maka terdapat saran-saran strategi yang dapat menunjang keberhasilan penurunan emisi gas CO. Saran-saran yang dapat dilakukan yaitu penggunaan BRT berbahan bakar CNG dan Diesel, pemakaian kendaraan ganjil genap, penggunaan *catalytic converter* dan penggunaan ATCS.

##### **a. Penggunaan BRT Berbahan Bakar CNG dan Diesel**

Penggunaan transportasi massal pada penelitian menggunakan BRT (*Bus Rapid Transit*) dengan bahan bakar CNG (*Comperesed Natural Gas*) dan diesel. BRT itu sendiri merupakan bus dengan kualitas tinggi yang berbasis sistem transit yang cepat, nyaman dan biaya yang dapat terjangkau (Nasrullah, 2010). Penetapan persentase pemindahan moda transportasi dari transportasi pribadi ke transportasi massal berdasarkan Dewan Nasional Perubahan Iklim (2010) sebesar 20%. Sehingga ditetapkan pada penelitian ini perpindahan moda transportasi dari kendaraan pribadi (mobil penumpang dan sepeda motor) ke BRT berbahan bakar CNG dan Diesel sebesar 20% pada tiap ruas jalan. Nilai faktor emisi bus untuk CO berdasarkan jenis bahan bakar CNG adalah 8,40 dan Diesel adalah 5,71 (EEA,2014). Berdasarkan perhitungan ini akan diperoleh emisi yang dihasilkan di masing-masing titik sampling berdasarkan jenis bahan bakar bus BRT yang dibutuhkan untuk mengurangi emisi gas CO di udara ambien. Beban emisi gas CO pada skenario 1 dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan 4.20. Konsentrasi emisi gas CO pada rekomendasi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan 4.22.

Tabel 4.19 Beban Emisi Gas CO pada BRT CNG

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Beban Emisi CO (g/(km.jam))					
Jalan Mojorejo	713,037	8.135,680	593,600	316,680	929,500	<b>10.688,497</b>
Jalan Raya Pendem	477,210	4.863,040	436,800	323,960	448,067	<b>6.549,076</b>
Jalan Dewi Sartika	690,368	5.633,600	1.146,880	149,240	473,000	<b>8.093,088</b>
Jalan Gajah Mada	482,317	3.720,640	739,200	72,800	201,667	<b>5.216,623</b>
Jalan Pattimura	693,414	6.720,000	714,560	291,200	278,667	<b>8.697,841</b>
Jalan Areng-Areng	677,914	6.661,760	922,880	232,960	295,533	<b>8.791,047</b>
Jalan Oro-Oro Ombo	384,742	2.316,160	280,000	105,560	181,133	<b>3.267,596</b>
Jalan Bromo	517,261	4.585,280	1.258,880	112,840	185,900	<b>6.660,161</b>
Jalan Agus Salim	767,334	6.475,840	779,520	291,200	486,200	<b>8.800,094</b>
Jalan Brantas	526,579	5.118,400	947,520	109,200	367,033	<b>7.068,733</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5930,176</b>	<b>54230,4</b>	<b>7819,84</b>	<b>2005,64</b>	<b>3846,7</b>	<b>73.832,756</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.20 Beban Emisi Gas CO pada BRT Diesel

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Beban Emisi CO (g/(km.jam))					
Jalan Mojorejo	484,695	5.530,325	403,507	215,267	482,495	<b>7.116,289</b>
Jalan Raya Pendem	324,389	3.305,709	296,920	220,216	232,587	<b>4.379,821</b>
Jalan Dewi Sartika	469,286	3.829,507	779,605	101,448	245,530	<b>5.425,376</b>
Jalan Gajah Mada	327,861	2.529,149	502,480	49,487	104,683	<b>3.513,660</b>
Jalan Pattimura	471,357	4.568,000	485,731	197,947	144,653	<b>5.867,687</b>
Jalan Areng-Areng	460,820	4.528,411	627,339	158,357	153,409	<b>5.928,335</b>
Jalan Oro-Oro Ombo	261,533	1.574,437	190,333	71,756	94,025	<b>2.192,084</b>
Jalan Bromo	351,614	3.116,899	855,739	76,704	96,499	<b>4.497,455</b>
Jalan Agus Salim	521,605	4.402,029	529,888	197,947	252,382	<b>5.903,851</b>
Jalan Brantas	357,948	3.479,293	644,088	74,230	190,524	<b>4.746,083</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4.031,108</b>	<b>36.863,760</b>	<b>5.315,629</b>	<b>1.363,358</b>	<b>1.996,787</b>	<b>49.570,642</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.21 Konsentrasi Gas CO pada BRT CNG

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Konsentrasi CO Model Box (gr/km3)					
Jalan Mojorejo	0,242	2,758	0,201	0,107	0,315	<b>3,623</b>
Jalan Raya Pendem	0,162	1,648	0,148	0,110	0,152	<b>2,220</b>
Jalan Dewi Sartika	0,234	1,910	0,389	0,051	0,160	<b>2,743</b>
Jalan Gajah Mada	0,163	1,261	0,251	0,025	0,068	<b>1,768</b>
Jalan Pattimura	0,235	2,278	0,242	0,099	0,094	<b>2,948</b>
Jalan Areng-Areng	0,230	2,258	0,313	0,079	0,100	<b>2,980</b>
Jalan Oro-Oro Ombo	0,130	0,785	0,095	0,036	0,061	<b>1,108</b>
Jalan Bromo	0,175	1,554	0,427	0,038	0,063	<b>2,258</b>
Jalan Agus Salim	0,260	2,195	0,264	0,099	0,165	<b>2,983</b>
Jalan Brantas	0,179	1,735	0,321	0,037	0,124	<b>2,396</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2,010</b>	<b>18,383</b>	<b>2,651</b>	<b>0,680</b>	<b>1,304</b>	<b>25,028</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

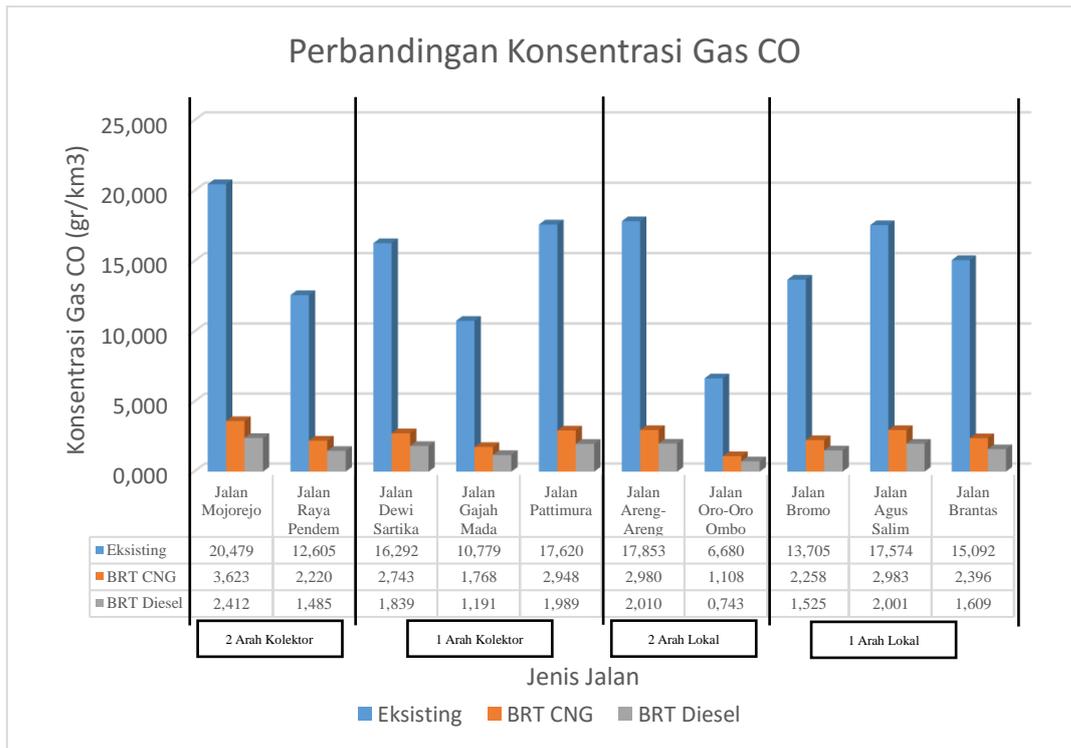
Tabel 4.22 Konsentrasi Gas CO pada BRT Diesel

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Konsentrasi CO Model Box (gr/km3)					
Jalan Mojorejo	0,164	1,875	0,137	0,073	0,164	<b>2,412</b>
Jalan Raya Pendem	0,110	1,121	0,101	0,075	0,079	<b>1,485</b>
Jalan Dewi Sartika	0,159	1,298	0,264	0,034	0,083	<b>1,839</b>
Jalan Gajah Mada	0,111	0,857	0,170	0,017	0,035	<b>1,191</b>
Jalan Pattimura	0,160	1,548	0,165	0,067	0,049	<b>1,989</b>
Jalan Areng-Areng	0,156	1,535	0,213	0,054	0,052	<b>2,010</b>
Jalan Oro-Oro Ombo	0,089	0,534	0,065	0,024	0,032	<b>0,743</b>
Jalan Bromo	0,119	1,057	0,290	0,026	0,033	<b>1,525</b>
Jalan Agus Salim	0,177	1,492	0,180	0,067	0,086	<b>2,001</b>
Jalan Brantas	0,121	1,179	0,218	0,025	0,065	<b>1,609</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1,366</b>	<b>12,496</b>	<b>1,802</b>	<b>0,462</b>	<b>0,677</b>	<b>16,804</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Menurut perhitungan pada tabel diatas, diketahui bahwa beban emisi dan konsentrasi gas CO pada rekomendasi 1 yaitu peralihan 20% kendaraan pribadi menuju transportasi massal dengan menggunakan BRT berbahan bakar CNG dan berbahan bakar diesel mengurangi adanya emisi gas CO. Namun pada BRT berbahan bakar diesel memiliki penurunan emisi yang lebih tinggi dibandingkan

dengan BRT berbahan bakar CNG. Persentase penurunan emisi gas CO dari nilai eksisting menuju BRT CNG sebesar 83% dan penurunan emisi gas CO dari nilai eksisting menuju BRT berbahan bakar diesel sebesar 88%. Grafik perbandingan konsentrasi emisi gas CO dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Perbandingan Konsentrasi Emisi Gas CO BRT

**b. Penggunaan Kendaraan Bermotor Ganjil Genap**

Sistem ini digunakan dengan cara memberlakukan kendaraan dengan nomor plat kendaraan. Jika nomor plat kendaraan bernilai ganjil maka diperbolehkan melintas pada hari dengan tanggal ganjil, begitu sebaliknya plat kendaraan genap maka diperbolehkan melintas pada hari dengan tanggal genap. Pemberlakuan ini sudah dilakukan pada Provinsi DKI Jakarta yang berlaku sejak 30 Agustus 2016 dengan mengacu pada Peraturan Gubernur Nomor 164 Tahun 2016 tentang Pembatasan Lalu Lintas dengan Sistem Ganjil Genap. Pemberlakuan ganjil genap ini diaplikasikan pada mobil kendaraan pribadi saja. Dalam penelitian ini

diasumsikan persentase kendaraan pribadi (mobil bensin dan mobil solar) beroperasi 50% dari data *traffic counting* pada masing-masing ruas jalan. Nilai beban emisi dan konsentrasi gas CO pada rekomendasi ini disajikan pada Tabel 4.23 dan Tabel 4.24.

Tabel 4.23 Beban Emisi Gas CO pada Ganjil Genap

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Beban Emisi CO (g/(km.jam))					
Jalan Mojorejo	1,485	24,213	0,124	0,215	0,482	26,520
Jalan Raya Pendem	0,994	14,473	0,091	0,220	0,233	16,011
Jalan Dewi Sartika	1,438	16,767	0,239	0,101	0,246	18,791
Jalan Gajah Mada	1,005	11,073	0,154	0,049	0,105	12,386
Jalan Pattimura	1,445	20,000	0,149	0,198	0,145	21,936
Jalan Areng-Areng	1,412	19,827	0,192	0,158	0,153	21,743
Jalan Oro-Oro Ombo	0,802	6,893	0,058	0,072	0,094	7,919
Jalan Bromo	1,078	13,647	0,262	0,077	0,096	15,160
Jalan Agus Salim	1,599	19,273	0,162	0,198	0,252	21,485
Jalan Brantas	1,097	15,233	0,197	0,074	0,191	16,793
<b>TOTAL</b>	<b>4.031,108</b>	<b>36.863,760</b>	<b>5.315,629</b>	<b>1.363,358</b>	<b>1.996,787</b>	<b>49.570,642</b>

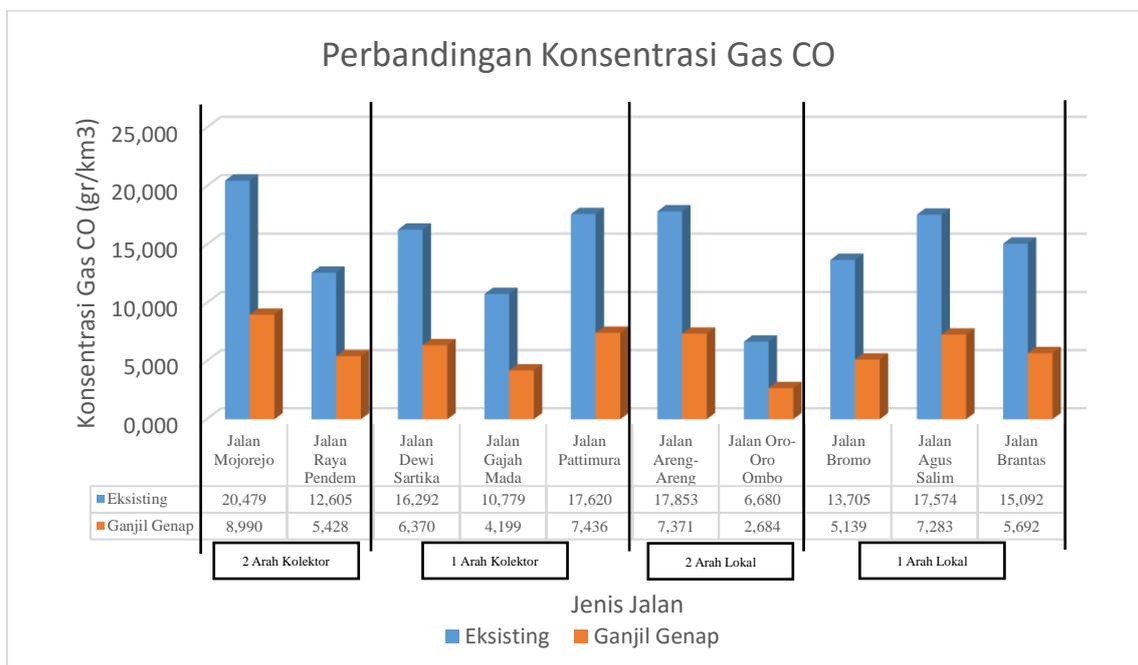
Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.24 Konsentrasi Emisi Gas CO pada Ganjil Genap

Nama Jalan	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Truk	Bis	TOTAL
	Konsentrasi CO Model Box (gr/km3)					
Jalan Mojorejo	0,504	8,208	0,042	0,073	0,164	8,990
Jalan Raya Pendem	0,337	4,906	0,031	0,075	0,079	5,428
Jalan Dewi Sartika	0,488	5,684	0,081	0,034	0,083	6,370
Jalan Gajah Mada	0,341	3,754	0,052	0,017	0,035	4,199
Jalan Pattimura	0,490	6,780	0,050	0,067	0,049	7,436
Jalan Areng-Areng	0,479	6,721	0,065	0,054	0,052	7,371
Jalan Oro-Oro Ombo	0,272	2,337	0,020	0,024	0,032	2,684
Jalan Bromo	0,365	4,626	0,089	0,026	0,033	5,139
Jalan Agus Salim	0,542	6,533	0,055	0,067	0,086	7,283
Jalan Brantas	0,372	5,164	0,067	0,025	0,065	5,692
<b>TOTAL</b>	<b>1,366</b>	<b>12,496</b>	<b>1,802</b>	<b>0,462</b>	<b>0,677</b>	<b>16,804</b>

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Menurut perhitungan pada tabel diatas, diketahui bahwa beban emisi dan konsentrasi gas CO pada rekomendasi ini yaitu penggunaan 50% kendaraan pribadi pada sistem ganjil genap yang diterapkan pada perhitungan jumlah kendaraan *traffic counting* mengurangi adanya emisi gas CO. Persentase penurunan emisi gas CO dari nilai eksisting menuju metode ganjil genap kendaraan mobil pribadi sebesar 59%. Grafik perbandingan konsentrasi emisi gas CO dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perbandingan Konsentrasi Emisi Gas CO Ganjil Genap

c. Penggunaan *Catalytic Converter*

Menurut Nugroho (2002), injeksi udara luar pada *catalytic converter* oksida tembaga (CuO) menyebabkan penurunan konsentrasi gas CO tanpa mempengaruhi daya kerja motor tersebut. Menurut USEPA (2002), meskipun *catalytic converter* mampu mereduksi emisi pencemar hingga mencapai 95%, tetapi karena tidak adanya peraturan dengan pengawasan yang ketat maka teknologi hanya memberikan kontribusi pengurangan emisi kira-kira sebesar 50% untuk daerah urban. Dengan adanya pertimbangan yang dapat diambil dari suatu kebijakan oleh

pemerintah, maka dapat dilakukan kebijakan dengan penggunaan *catalytic converter* pada masing-masing kendaraan bermotor untuk mengurangi adanya emisi gas CO yang dikeluarkan oleh kendaraan dengan adanya pengawasan yang ketat.

Menurut Kusuma (2002), prinsip dari *catalytic converter* adalah menggunakan sistem *re-heater* yaitu dengan memanaskan kembali gas sisa hasil pembakaran yang dibuang pada ujung knalpot dengan memanfaatkan panas dari ruang bakar pada kendaraan. *Catalytic converter* dapat menurunkan emisi gas buang yang dikeluarkan mengurangi emisi gas buang CO hingga 50%, sedangkan CO<sub>2</sub> mampu direduksi antara 40% hingga 50%, serta kandungan O<sub>2</sub> meningkat hingga 10%. Jadi, *catalytic converter* mampu mengurangi emisi gas buang CO dan CO<sub>2</sub>. Selain itu teknologi ini juga dapat didukung dengan peningkatan kandungan oksigen yang dihasilkan karena kandungan oksigen yang dihasilkan bukan dari pengurangan senyawa CO yang berubah menjadi CO<sub>2</sub>, melainkan terurai menjadi unsur C dan unsur O<sub>2</sub>.

d. Pemanfaatan *ATCS (Auto Traffic Light Control System)*

Lampu lalu lintas merupakan salah satu fasilitas lalu lintas yang berfungsi untuk mengontrol waktu jalannya kendaraan transportasi yang terletak pada beberapa titik persimpangan jalan. Lampu lalu lintas ini sendiri sangat membantu untuk mengurangi kemacetan dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang tidak terarah khususnya pada jam puncak kendaraan. Namun, pada tingkat kemacetan yang tinggi mengakibatkan lampu lalu lintas kurang menghasilkan kinerja yang maksimal. Oleh karena itu diperlukan sarana dan prasarana baru yaitu dengan adanya *ATCS*. Menurut Syndhuwardana (2010), tujuan dari penerapan *ATCS* adalah mempermudah kerja manusia dalam mengatur *traffic light* pada setiap jalur yang ada. Dengan penggunaan *ATCS* juga dapat mengurangi adanya *human error* dalam pengaturan *traffic light*. Sistem *ATCS* ini memberikan keamanan dan kemudahan dalam melakukan manajemen pengaturan *traffic light*, sehingga dapat memberikan data dan informasi tentang perubahan kondisi lalu lintas atau tingkat

kepadatan pada setiap jalur jalan yang berubah-ubah. Sehingga dapat dilakukan pengaturan pewaktuan pengaturan nyala lampu lintas secara otomatis dan adaptif pada setiap jalur.

Penggunaan ATCS dilakukan bersamaan dengan pemakaian CCTV, dimana CCTV berfungsi untuk merekam kondisi kemacetan lalu lintas pada setiap jalur jalan. Hasil CCTV tersebut kemudian ditransfer ke dalam program ATCS, yang mana dalam program tersebut secara otomatis mengontrol lampu lalu lintas berdasarkan tingkat kemacetan kendaraan bermotor. Dengan adanya fasilitas ini dapat digunakan untuk mengurangi adanya emisi kendaraan bermotor dengan kemacetan yang ada. Pada wilayah Kota Batu, masih banyaknya *traffic light* yang tidak berfungsi sehingga sering adanya kemacetan khususnya pada area-area pariwisata. Oleh karena itu, perlu adanya rekomendasi teknis yang dilakukan untuk mengurangi emisi kendaraan dengan adanya fasilitas ATCS ini.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil dari beberapa kesimpulan untuk menjawab tujuan. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu :

1. Nilai tertinggi terletak pada Jalan Mojorejo yang merupakan jalan kolektor 2 arah naik turun sebesar  $20,479 \text{ gr/km}^3$ . Sedangkan emisi terendah yaitu Jalan Oro-Oro Ombo dan Jalan Bromo yang merupakan jalan 2 arah mendatar dan 1 arah menanjak sebesar  $6,680 \text{ gr/km}^3$ . Hal ini dikarenakan jumlah kendaraan yang tinggi pada jalan 2 arah kolektor, serta banyaknya jenis kendaraan berat dengan faktor emisi yang tinggi.
2. Dilakukan modifikasi model box dikarenakan pada validasi model box diketahui presentase faktor koreksi memiliki nilai diatas 10% yakni sebesar 17,31%. Persamaan yang digunakan dalam modifikasi model box menggunakan persamaan linier dengan  $y = 5383,2x - 33,385$
3. Dispersi gas CO dibagi berdasarkan desa/kelurahan yang terkena dispersi tertinggi kendaraan bermotor yaitu, Kelurahan Dadaprejo, Kelurahan Ngaglik, Desa Oro-Oro Ombo, Desa Pendem, Kelurahan Sisir dan Kelurahan Temas. Besar emisi tertinggi terletak pada Kelurahan Dadaprejo dengan range  $107,069 - 108,64 \mu\text{g/m}^3$  dengan luas sebaran 4,45 Ha atau  $0,0445 \text{ km}^2$ , sedangkan emisi terendah terletak pada Kelurahan Temas yaitu sebesar  $35,972 - 42,512 \mu\text{g/m}^3$  dengan luas sebaran 5,06 Ha atau  $0,0506 \text{ km}^2$ .
4. Pada kategori jenis topografi jalan, nilai emisi pada jenis jalan 1 arah menanjak lebih tinggi, hal ini dikarenakan pada tipe jalan menanjak kendaraan mengeluarkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan jalan menurun. Pada perbandingan tipe jalan 2 arah naik turun dengan 2 arah mendatar terlihat pada tipe jalan 2 arah naik turun memiliki emisi gas CO yang lebih besar. Hal ini dikarenakan besarnya emisi yang

dikeluarkan pada jalan naik di tipe jalan 2 arah naik turun memiliki emisi tinggi yang tidak bisa diimbangi dengan adanya kendaraan yang melewati jalur arah turun, sehingga besar emisi lebih tinggi dibandingkan dengan emisi kendaraan di tipe jalan 2 arah mendatar

5. Berdasarkan jenis kendaraannya, truk dan bis memiliki emisi tertinggi dikarenakan energi yang dikeluarkan lebih tinggi sehingga emisi CO juga tinggi, selain itu umur truk yang relatif tua mengakibatkan pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan gas CO yang lebih besar
6. Strategi pengendalian pencemar gas CO dilakukan berdasarkan perubahan rute jalan dari segi topografi, pengurangan jumlah kendaraan, penurunan emisi gas CO dan pemberlakuan pengurangan pemakaian kendaraan bus dan truk.

## **5.2 Saran**

Beberapa saran yang diusulkan berdasarkan penelitian ini yaitu :

1. Adanya perhitungan jumlah kendaraan pada masing-masing jam dan hari selama 24 jam.
2. Adanya nilai validasi yang kecil, sehingga perlu dilakukan pengujian kembali terhadap jumlah titik yang lebih banyak dan pemilihan model emisi gas yang lebih presisi
3. Dilakukan penelitian lanjutan terkait topografi jalan yang dilakukan pada beberapa variasi kemiringan, agar mengetahui pengaruh emisi terhadap kemiringan jalan secara nyata
4. Adanya penelitian mengenai perbedaan jalan mendatar dan jalan menanjak dengan tingkat kendaraan yang tinggi
5. Perlu adanya aplikasi strategi pengendalian emisi gas CO yang diterapkan pada masing-masing Kota dengan pengawasan dan pemeliharaan yang baik, agar menghasilkan penurunan yang tinggi pula.

## DAFTAR PUSTAKA

- AIR-EIA : Air Pollution and Environmental Impact Assessment the Multimedia Information Source. 2000. *Default Mixing Height*. Diakses tanggal 22 Juni 2016. [http://www.ess.co.at/AIR-EIA/def\\_mix.html](http://www.ess.co.at/AIR-EIA/def_mix.html).
- Arend, Barendschot. 1990. *Motor Bensin*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Bachtiar. 2002. *Comparison of Air Quality Dispersion Models for Air Quality Management*. Thesis. University of Salford.
- \_\_\_\_\_. 2003. *Modeling of Air Quality in Padang City*. HEDS-JICA, SDPF-2003.
- Bachtiar, Vera Surtia. 2003. *Kajian Hubungan Antara Variasi Kecepatan Kendaraan dengan Emisi yang Dikeluarkan pada Kendaraan Roda Empat*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unand. Padang.
- Badan Pusat Statistik. 2011. *Laju Pertumbuhan Penduduk*. Jakarta.
- Barus B., Wiradisastra U.S. 2000. *Sistem Informasi Geografis*. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Brimblecombe, P. 1986. *Air Composition and Chemistry*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Burrough, P. 1986. *Principle of Geographical Information System for Land Resources Assesment*. Claredon Press. Oxford.
- Carvalho, V.S.B. Freitas, E.D. Martins, L.D. Martins, J.A. Mazzoli, C.R. Andrade, M. D. F. 2015. *Air Quality Status and Trends Over the Metropolitan Area of Sao Paulo, Brazil as a Result of Emission Control Policies*. Environmental Science and Policy Journal. 47. 68-79.
- Colls, J. 2002. *Air Pollution*. Spon Press. London.
- Cooper, C. D dan Alley, F. C. 2002. *Air Pollution Control 3<sup>rd</sup> Edition*. Waveland Press Inc. USA.
- Dajan, Anto. 1986. *Pengantar Metode Statistik*. Jilid 1. LP3S. Jakarta.
- Demir, Abdullah. 2015. *Investigation of Air Quality in the Underground and Aboveground Multi-Storey Car Parks in Terms of Exhaust Emissions*. Social and Behavioral Sciences. 195. 2601-2611.

- Dennis, R. Fox, T. Fuentes, M. Gilliland, A. Hanna, S. Hogrefe, C. Irwin, J. Rao, S.T. Scheffe, R. Schere, K. Steyn, D. Venketram, A. 2010. *A Framework for Evaluating Regional-Scale Numerical Photochemical Modeling Systems*. Environ. Fluid Mech. 10. 471-489.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. 2010. *Laporan Teknis Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1990. *Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta.
- Eckholm, P.E. 1983. *Masalah Kesehatan : Lingkungan sebagai Sumber Penyakit*. PT Gramedia. Jakarta.
- EEA. 2014. *EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013*. Publication Officer of the European Union. Luxemburg.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fernanda, Wan Dwi Putra. 2010. *Pengaruh Appropriate Site Development (Tepat Guna Lahan) Terhadap Biaya Konstruksi Green Building Dibandingkan dengan Conventional Building*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Ferreira, F. Gomes, P. Tente, H. Carvalho, A.C. Pereira, P. and Monjardino, J. 2015. *Air Quality Improvements Following Implementation of Lisbon's Low Emission Zone*. Atmospheric Environment Journal. 122. 373-381.
- Giang, T.H. Oanh, T.K. 2014. *Roadside Levels and Traffic Emission Rates of PM 2.5 and BTEX in Ho Chi Minh City, Vietnam*. Atmos. Environ. 94. 806–816.
- Hassan, A.A. and Crowther, J.M. 1998. *A Simple Model Pollutant Concentration In A Street Canyon*. Journal of Environmental Monitor and Assessment. 52. 269-280.
- Herzig, Christian and Viere, Tobias. 2006. *Environmental Management Accounting South-East Asia (EMA-SEA)*. Centre For Sustainability Management (CSM). Germany: University of Lueneburg.
- Huboyo, H.S. dan Budihardjo, M.A. 2008. *Pencemaran Udara*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

- Johnson, M. Isakov, V. Touma, J.S. Mukerjee, S. Ozkaynak, H. 2010. *Evaluation of Land-Use Regression Models Used to Predict Air Quality Concentrations in an Urban Area*. Atmos. Environ. 44. 3660-3668.
- Kamali, N., Zare Shahneh, M., Arhami, M., 2015. *Implementing Spectral Decomposition of Time Series Data in Artificial Neural Networks to Predict Air Pollutant Concentrations*. Environ. Eng. Sci. 32. 379–388.
- Kang-Tsung, C. 2002. *Introduction to Geographic Information System*. Mc. Graw-Hill. New York.
- Kristi, Y.W. 2016. *Pemodelan Kualitas CO dan NO<sub>2</sub> Akibat Sektor Kegiatan Transportasi sebagai Usulan Kebijakan Penataan Ruang dan Arsitektur Lanskap di Kota Probolinggo*. Laporan Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS. Surabaya.
- Kumar, P., Fennell, P., Britter, R., 2008. *Effect of Wind Direction and Speed on the Dispersion of Nucleation and Accumulation Mode Particles in an Urban Street Canyon*. Sci. Total Environ. 402. 82-94.
- Kusuma, I Gusti Bagus Wijaya. 2002. *Alat Penurun Emisi Gas Buang pada Motor, Mobil, Motor Tempel dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak*. Teknologi. Vol 6 (3). 95-101.
- McElroy, J. and Pooler, F. 1968. *The St. Louis Dispersion Study, Vol II*. Nasional. Air Pollution Control Administration.
- Meyer, Michael D. dan Miller, Eric J. 2001. *Urban Transportation Planning*. McGraw-Hill International Edition. Singapura.
- Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara*. ITB Bandung. Bandung.
- Morlok, K. E. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Mukono, H.J. 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Nagpure, A.S. and Gurjar, B.R. 2014. *Urban Traffic and Associated Environmental Impacts in India*. Novel Combustion Concepts for Sustainable Energy Development. 405-414. Springer India.

- Nasrullah, Mokhammad. 2010. *Sistem Bus Rapid Transit di Jakarta : Integrasi Perkotaan dan Dampak Lingkungan*. Skripsi. Teknik Sipil, Universitas Indonesia. Depok.
- Nevers, Noel. 2000. *Air Pollution Control Engineering*. Mc Graw Hill. Boston.
- Nugroho, Joko. 2002. *Pengaruh Injeksi Oksigen pada Catalytic Converter Oksida Tembaga (CuO) Terhadap Penurunan CO dan HC pada Emisi Gas Buang Mesin Berbahan Bakar Bensin*. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Surabaya.
- Oke, T. R. 1987. *Boundary Layer Climates*. Routhledge. London.
- Owen, S. O. 1980. *Natural Resource Conservation : An Ecological Approach*. Mc Millan Publisher. New York.
- Palupi, Retno D.I. 2006. *Penerapan Gaussian Line Source Model dalam Perumusan Strategi Pengelolaan Pencemar Gas CO dari Aktifitas Transportasi di Sepanjang Jalan Ahmad Yani Kota Surabaya*. Laporan Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS. Surabaya.
- Panteliadis, P. Strak, M. Hoek, G. Weijers, E. van der Zee, S. Dijkema, M. 2014. *Implementation of a Low Emission Zone and Evaluation of Effects on Air Quality by Long-Term Monitoring*. Atmos. Environ. 86. 113-119.
- Peavy, Howard S. et al. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill. New York.
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2008. *Peraturan Menteri PU tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2010. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 8 Tahun 2010 tentang Kriteria dan Sertifikasi Bangunan Ramah Lingkungan*. Jakarta.
- Pemerintah Propinsi DKI Jakarta. 2016. *Peraturan Gubernur Nomor 164 Tahun 2016 tentang Pembatasan Lalu Lintas dengan Sistem Ganjil Genap*. Jakarta.

- Prahasta, Eddy. 2005. *Sistem Informasi Geografis*, Edisi Revisi, Cetakan Kedua. Informatika. Bandung
- \_\_\_\_\_.2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Informatika. Bandung.
- Prati, Maria V., Costaligliola, M. A., Tommasino, C. Ragione, Della L. dan Meccariello, G. 2014. *Road Grade Influence on the Exhaust Emissions of A Scooter Fuelled with Bioethanol/Gasoline Blends*. Transportation Research. Vol. 3. No. 1. Hal. 790-799.
- Pusarpedal. 2011. *Standar Operasional Prosedur (SOP) Pelaksanaan Pemantauan NO2 dan SO2 di Udara Ambien dengan Metode Pasif*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta.
- Putut, E. Dan Widodo, B. 2011. *Simulasi Model Dispersi Polutan Karbon Monoksida di Pintu Masuk Tol*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahmawati, Farida. 1999. *Kualitas Udara di DKI Jakarta Tahun 1997*. Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia. Depok.
- Samosir, N. 2011. *Analisa Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Laju Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kab. Dairi*. Tugas Akhir. Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan IPA-USU. Medan.
- Santi, D. N. 2001. *Pencemaran Udara oleh Timbal serta Penanggulangannya*. Diakses tanggal 2 April 2016. <http://library.usu.ac.id/download/fk/fk-Devi3.pdf>.
- Sastrawijaya, Tresna. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Seinfeld, J. H. 1986. *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. Wiley. The University of Michigan. Michigan.
- Sengkey, S.L., Jansen, F dan Wallah, S. 2011. *Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro*. Jurnal Ilmiah Media Engineering. 1. 119-126.
- Sihotang, S. R. 2010. *Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember .Surabaya. hal. 5-6.

- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. ITB. Bandung.
- Sotoudeheian, S. Arhami, M. 2014. *Estimating Ground-Level PM10 Using Satellite Remote Sensing and Ground-Based Meteorological Measurements over Tehran*. J. Environ. Health Sci. Eng. 12. 122.
- Stoeckenius, T.E. Hogrefe, C. Zagunis, J. Sturtz, T.M. 2015. *A Comparison Between 2010 and 2006 Air Quality and Meteorological Conditions, and Emission and Boundary Conditions Used in Simulation of the AQMEII-2 North American Domain*. Atmospheric Environment Journal. 115. 389-403.
- Stull, R dan Ainslie, B. 2006. *A Simple Model for Pollution Dispersion in a Convective Boundary Layer*. J. Appl. Climate and Meteor. Vol.45. No.1. hal. 1727-1743.
- Suhadi, D. R. 2008. *Penyusunan Petunjuk Teknis Perkiraan Beban Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor di Indonesia*. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Suharjono. 1990. *Pengaruh Gaya Kognitif dan Perancangan Pengajaran Berdasarkan Component Display Teori Terhadap Perolehan Belajar, Retensi dan Sikap*. Desertasi. FPS IKIP Malang.
- Suhedi, F. 2005. *Emisi CO<sub>2</sub> dari Konsumsi Energi Domestik*. Pusat Litbang Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. PT. Grasindo. Jakarta.
- Syndhuwardana, Felisiano. 2010. *Perancangan Pengaturan Sistem Traffic Light dengan Webcam Dinamis*. Tugas Akhir. Teknik Elektro. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.
- Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. ITB. Bandung.
- USEPA. 2006. *Greenhouse Gas Inventory*. United State.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Cetakan keempat. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Wark, Kenneth dan Cecil F. Warner. 1981. *Air Pollution: Its Origin and Control*. Harper & Row. Michigan.

- Willmot, C. J., Robeson, S. M., and Matsuura, K. 2012. *Short Communication a Index of Model Performance*. International Journal of Climatology. 32. 2088-2094.
- Wright, Liyod *et al.* 2002. *Modul 2A Opsi Angkutan Massal*. Buku Panduan Transportasi Berkelanjutan. GTZ. Jerman.
- Wyatt, D.W., Li, H. Dan Tate, J.E. 2014. *The Impact of Road Grade on Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emission of Passenger Vehicle in Real-World Driving*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 32. 160-170.
- Yazdi, M.N., Dellavarrafiee, M., and Arhamdi, M. 2015. *Evaluating Near Highway Air Pollutant Levels and Estimating Emission Factors : Case Study of Tehran, Iran*. Science of the Total Environment. 538. 375-384.
- Zhang, W., Lu, Jian, Xu, Ping, Zhang, Yi. 2015. *Moving Towards Sustainability : Road Grades and On-Road Emission of Heavy-Duty Vehicles-A Case Study*. Sustainability. 7. 12644-12671.
- Zhang, X., Liu, P., Li, Z., and Yu, H. 2013. *Modeling the Effects of Low-Carbon Emission Constraints on Mode and Route Choices in Transportation Networks*. Social and Behavioral Sciences. 96. 329-338.
- Zhong, J. Cai, X. Bloss, W.J. 2014. *Modelling Segregation Effects of Heterogeneous Emissions on Ozone Levels in Idealised Urban Street Canyons: Using Photochemical Box Models*. Environ. Pollut. 188. 132-143.
- Zhou, M., Liu, Y., Wang, L., Kuang, X., Xu, X., Kan, H., 2014. *Particulate Air Pollution and Mortality in a Cohort of Chinese Men*. Environ. Pollut. 186. 1-6.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**Lampiran 1.** Data Iklim Kota Batu 2015

Unsur Klimatologi	Satuan	Bulan											
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
Kelembaban	%	84	84	83	83	76	75	72	71	56	51	60	66
Tekanan Udara	milibar	946,2	946,3	946,9	956	947,6	945,1	948,4	948,6	948,9	949	946,8	946,7
Temp. Rata-rata	°C	22,6	22,7	22,8	22,8	22,1	21,8	21,1	20,3	21,6	23,2	23,5	22,7
Curah Hujan	Millimeter	149	228	219	623	86	10	-	-	-	64	44	449
Kecepatan angin ( 2 m )	Km /jam	5,78	1,59	3,56	2,30	2,20	4,18	3,75	4,00	6,91	8,58	0,26	0,11
Arah Angin	Km /jam	180	90	90	90	90	180	180	180	180	180	180	180

Sumber : BMKG Karangploso Malang, 2016

## Lampiran 2. Data Dasar Jalan Kota Batu

No	Ruas Jalan	Kecamatan	Panjang Ruas (km)	Lebar Rata-rata (m)
1	Jalan Beji-Oro-Oro Ombo	Junrejo, Batu	2,3	12
2	Jalan Beji-Sawah Atas	Junrejo	0,15	12
3	Jalan Beji-Sawah Bawah	Junrejo	0,25	12
4	Jalan Beji-Torongrejo	Junrejo	1,9	12
5	Jalan Sarimun-Beji	Junrejo	1	12
6	Jalan Pendem-Tegalondo	Junrejo	0,85	9,5
7	Jalan Pendem-Ampeldento	Junrejo	0,95	9,5
8	Jalan Pendem-Sekarputih	Junrejo	1,5	9
9	Jalan Junrejo-Dau	Junrejo	1	7,5
10	Junrejo-Tlekung	Junrejo	2,6	7,5
11	Junrejo-Ngandat	Junrejo	1,5	7,5
12	Jalan Ngandat Selatan	Junrejo	1	7,5
13	Jalan Dadaprejo-Junrejo	Junrejo	2	7,5
14	Jalan Torongrejo-Mojorejo	Junrejo	2,5	7,5
15	Jalan Areng-Areng-Karangmloko	Junrejo	1,2	7
16	Jalan SMU 02 Junrejo	Junrejo	1,6	7,5
17	Jalan Batu-Junrejo	Junrejo	9	7,5
18	Jalan Oro-Oro Ombo-Dresel	Batu	2	14
19	Jalan Oro-Oro Ombo (Keramat)	Batu	0,85	14
20	Jalan Oro-Oro Ombo (Panderaman)	Batu	0,7	14
21	Jalan Oro-Oro Ombo-Temas	Batu	1,69	14
22	Jalan Dewi Sartika	Batu	0,86	11,5
23	Jalan Dewi Sartika II	Batu	0,4	11,5
24	Jalan Dewi Sartika III	Batu	1,2	11,5
25	Jalan Imam Bonjol	Batu	0,7	7,5
26	Jalan Imam Bonjol I	Batu	0,39	7,5
27	Jalan Imam Bonjol II	Batu	0,38	7,5
28	Jalan Imam Bonjol III	Batu	0,43	7,5
29	Jalan Imam Bonjol Atas	Batu	1,5	7,5
30	Jalan Wukir	Batu	2,5	8,5
31	Jalan Wukir I s/d IV	Batu	0,64	8,5
32	Jalan Patimura V	Batu	1	11
33	Jalan Patimura VI	Batu	0,9	11
34	Jalan Patimura VII	Batu	0,3	11
35	Jalan Patimura Gg. Sekolah	Batu	0,2	11
36	Jalan Argopuro	Batu	1	6
37	Jalan Agus Salim	Batu	1,5	8,5
38	Jalan Agus Salim I	Batu	0,15	8,5

**Lampiran 2. Data Dasar Jalan Kota Batu (Lanjutan)**

No	Ruas Jalan	Kecamatan	Panjang Ruas (km)	Lebar Rata-rata (m)
39	Jalan Agus Salim II	Batu	0,15	8,5
40	Jalan Agus Salim III (Sa'i)	Batu	0,15	8,5
41	Jalan Agus Salim IV	Batu	0,25	8,5
42	Jalan Sultan Agung I	Batu	1	9,5
43	Jalan Diran	Batu	0,45	7
44	Jalan Stadion Selatan	Batu	0,33	9,5
45	Jalan Stadion Utara	Batu	0,2	9,5
46	Jalan Stadion Timur	Batu	0,4	9,5
47	Jalan Stadion Barat	Batu	0,38	9,5
48	Jalan Utomorejo	Batu	0,44	8
49	Jalan Abdul Jalil	Batu	0,35	7
50	Jalan Ksatria	Batu	0,1	7
51	Jalan Volly	Batu	0,1	7
52	Jalan Basket	Batu	0,1	7
53	Jalan Tennis	Batu	0,1	7
54	Jalan Min Suwarso	Batu	0,35	7
55	Jalan Kapten Ibnu	Batu	0,65	7
56	Jalan Mustari	Batu	0,35	7
57	Jalan M Sahar	Batu	0,6	7
58	Jalan Sudiro	Batu	0,6	12
59	Jalan Bromo	Batu	0,34	10
60	Jalan Kelud	Batu	0,15	7
61	Jalan Semeru	Batu	0,32	8
62	Jalan Semeru III	Batu	0,1	8
63	Jalan Anjasmoro	Batu	0,26	6
64	Jalan Arjuno	Batu	0,72	8
65	Jalan Panderman	Batu	0,32	7,5
66	Jalan Kawi	Batu	0,31	7
67	Jalan Batok	Batu	0,23	7
68	Jalan Dorowati	Batu	0,39	7
69	Jalan Welirang	Batu	0,15	8
70	Jalan Wilis	Batu	0,7	6
71	Jalan Metro	Batu	1	6
72	Jalan Abdul Gani	Batu	0,43	8
73	Jalan Abdul Gani II	Batu	0,3	6
74	Jalan Abdul Gani IV	Batu	0,35	6
75	Jalan Abdul Gani Atas	Batu	2	6
76	Jalan WR. Supratman	Batu	0,7	8
77	Jalan WR. Supratman I	Batu	0,2	8

**Lampiran 2. Data Dasar Jalan Kota Batu (Lanjutan)**

No	Ruas Jalan	Kecamatan	Panjang Ruas (km)	Lebar Rata-rata (m)
78	Jalan WR. Supratman II	Batu	0,2	8
79	Jalan A. Yani	Batu	0,45	8,5
80	Jalan Kartini	Batu	0,4	10
81	Jalan Abdul Rahman	Batu	0,35	7
82	Jalan Sudarno	Batu	0,3	7
83	Jalan Ikhwan Hadi	Batu	0,65	7
84	Jalan Ikhwan Hadi I	Batu	0,1	7
85	Jalan Ikhwan Hadi II	Batu	0,22	7
86	Jalan Ikhwan Hadi III	Batu	0,25	7
87	Jalan Ikhwan Hadi IV	Batu	0,5	7
88	Jalan Ikhwan Hadi V	Batu	0,12	7
89	Jalan Ikhwan Hadi VII	Batu	0,2	7
90	Jalan Abdul Rahman I	Batu	0,15	8
91	Jalan Abdul Rahman II	Batu	0,1	8
92	Jalan Kasiman	Batu	0,5	7
93	Jalan Darsono	Batu	1	8
94	Jalan Suropati	Batu	1,5	7
95	Jalan Karate	Batu	0,3	7,5
96	Jalan Ridwan	Batu	0,23	6
97	Jalan Timur TMP	Batu	0,1	6
98	Jalan Barat TMP	Batu	0,12	6
99	Jalan Suropati IX	Batu	0,27	6
100	Jalan Panglima Sudirman X	Batu	0,43	6
101	Jalan Samadi	Batu	0,65	8,5
102	Jalan Samadi I	Batu	0,3	8,5
103	Jalan Sajid	Batu	0,35	9
104	Jalan Sareh	Batu	0,32	9
105	Jalan Hasanudin	Batu	0,75	7
106	Jalan Hasanudin I	Batu	0,28	7
107	Jalan Hasanudin IV	Batu	0,35	7
108	Jalan Hasanudin VI	Batu	0,36	7
109	Jalan Hasanudin VIII	Batu	0,26	7
110	Jalan Sakura	Batu	0,45	7
111	Jalan Melati	Batu	0,6	6
112	Jalan Kamboja Atas	Batu	0,6	6,5
113	Jalan Cempaka	Batu	3	6
114	Jalan Lahor	Batu	0,4	7
115	Jalan Lesti	Batu	0,83	7
116	Jalan Terusan Kasiman	Batu	0,8	7

**Lampiran 2. Data Dasar Jalan Kota Batu (Lanjutan)**

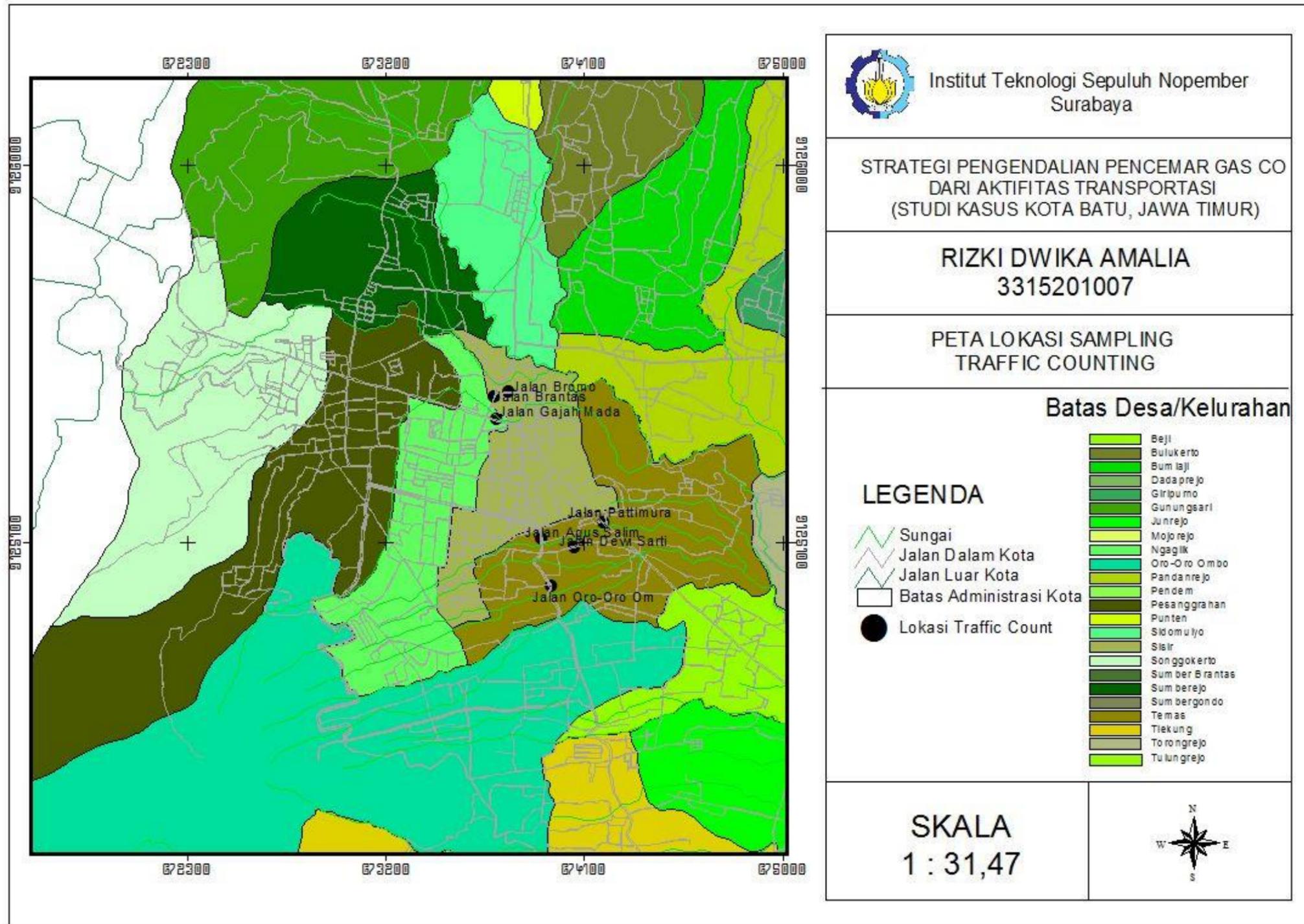
No	Ruas Jalan	Kecamatan	Panjang Ruas (km)	Lebar Rata-rata (m)
117	Jalan Kasan Kalso	Batu	0,16	7
118	Jalan Seruni	Batu	0,4	7
119	Jalan Anggrek	Batu	0,5	6
120	Jalan Kamboja	Batu	0,21	6
121	Jalan Mawar	Batu	0,41	6
122	Jalan Flamboyan	Batu	0,5	8
123	Jalan Songgoriti	Batu	2,56	8
124	Jalan Arumdalu	Batu	1,45	7
125	Jalan Songgoriti-Pandesari	Batu	2,5	7
126	Jalan Mawar I	Batu	0,35	6
127	Jalan Durian Songgoriti	Batu	0,2	6
128	Jalan Anggrek Songgoriti	Batu	0,56	6
129	Jalan Kamboja Songgoriti	Batu	0,21	6
130	Jalan Trunojoyo I	Batu	0,4	6,5
131	Jalan Trunojoyo II	Batu	0,3	6,5
132	Jalan Trunojoyo III	Batu	0,72	6,5
133	Jalan Trunojoyo IV	Batu	0,4	6,5
134	Jalan Gondorejo	Batu	1,75	6,5
135	Jalan Mawar (Sumberjo)	Batu	0,11	6,5
136	Jalan Gambir Anom	Batu	0,4	6,5
137	Jalan Langen Gito	Batu	0,09	7
138	Jalan Puspowarno	Batu	0,2	7
139	Jalan Maskumambang	Batu	0,11	7
140	Jalan Cemara Rintis	Batu	0,19	6,5
141	Jalan Cemara Wangi	Batu	0,1	6,5
142	Jalan Cemara Printis	Batu	0,2	6,5
143	Jalan Cemara Pinus	Batu	0,1	6,5
144	Jalan Cemara Putih	Batu	0,85	6,5
145	Jalan Cemara Duri	Batu	0,4	6,5
146	Jalan Cemara Sipres	Batu	0,4	6,5
147	Jalan Cemara Kipas	Batu	1	7
148	Jalan Suluk (Sumberjo)	Batu	2	7
149	Jalan Suluk I	Batu	0,05	7
150	Jalan Suluk II	Batu	0,12	7
151	Jalan Batu-Selekta	Batu	10	10
152	Jalan Sidomulyo - Sumberjo	Batu	1,5	10
153	Jalan Sidomulyo - Gunungsari	Batu	2	10
154	Jalan Sidomulyo - Bulukerto	Batu	0,85	10
155	Jalan Sidomulyo - Bumiaji	Batu	1	10

**Lampiran 2. Data Dasar Jalan Kota Batu (Lanjutan)**

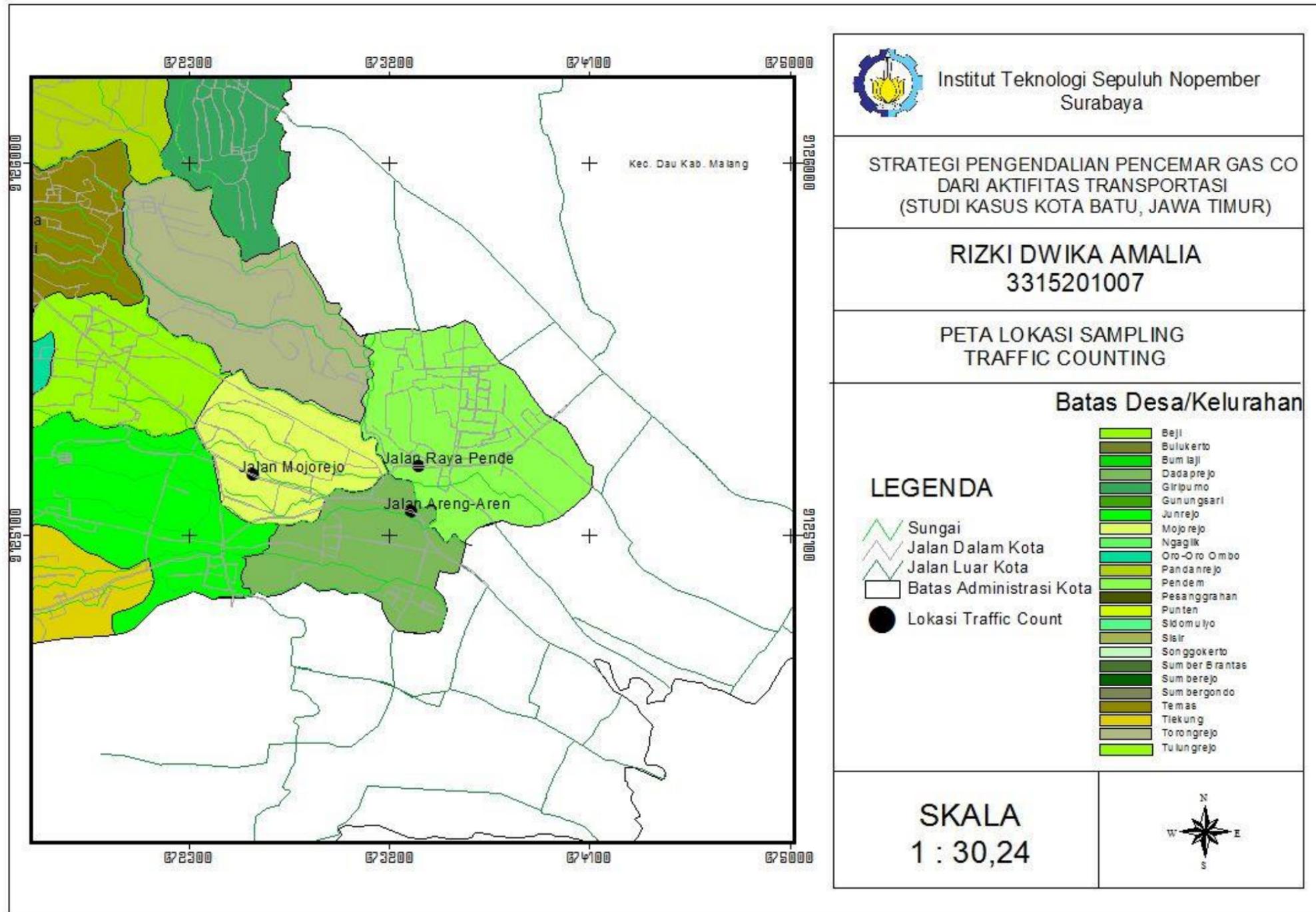
No	Ruas Jalan	Kecamatan	Panjang Ruas (km)	Lebar Rata-rata (m)
156	Jalan Mawar Merah	Batu	0,56	6
157	Jalan Mawar Hijau	Batu	0,2	6
158	Jalan Batu-Giripurno	Bumiaji	4,7	7,5
159	Jalan Wisata Tulungrejo	Bumiaji	2	7
160	Jalan Tulungrejo - Sumbergondo	Bumiaji	0,9	7
161	Jalan Gunungsari - Brau	Bumiaji	5	7
162	Jalan Punten - Bulukerto	Bumiaji	2	9
163	Jalan IKK - Bumiaji	Bumiaji	6	9
164	Jalan Dahlia	Bumiaji	0,7	6
165	Jalan Melati (Punten)	Bumiaji	0,45	6
166	Jalan Rusman	Bumiaji	0,24	6
167	Jalan Purwosenjoto	Bumiaji	0,95	6
<b>JUMLAH</b>			<b>144,3</b>	

Sumber : Dinas Perhubungan Kota Batu, 2016

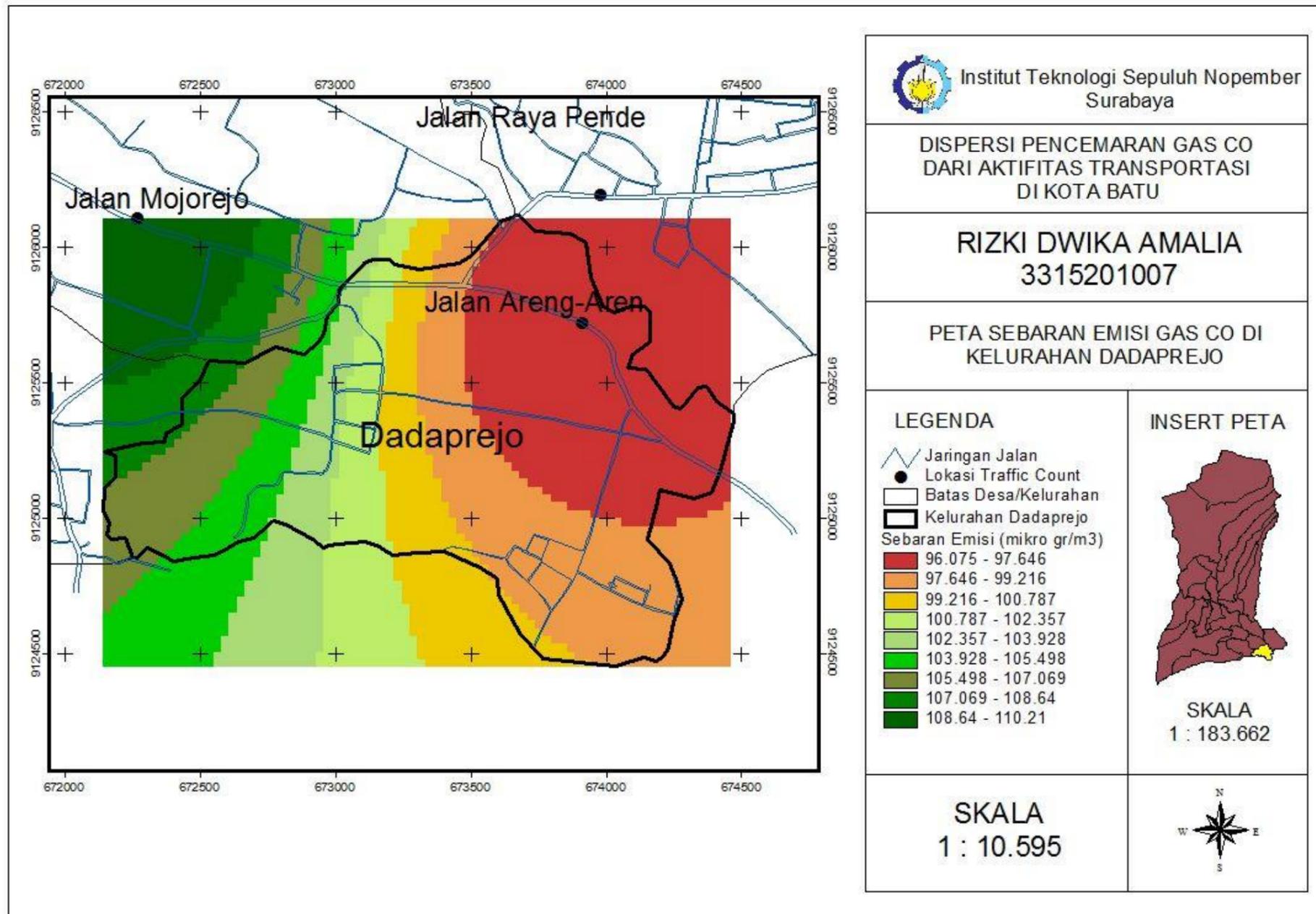
Lampiran 3. Peta Lokasi Traffic Counting 1



Lampiran 4. Peta Lokasi Traffic Counting 2

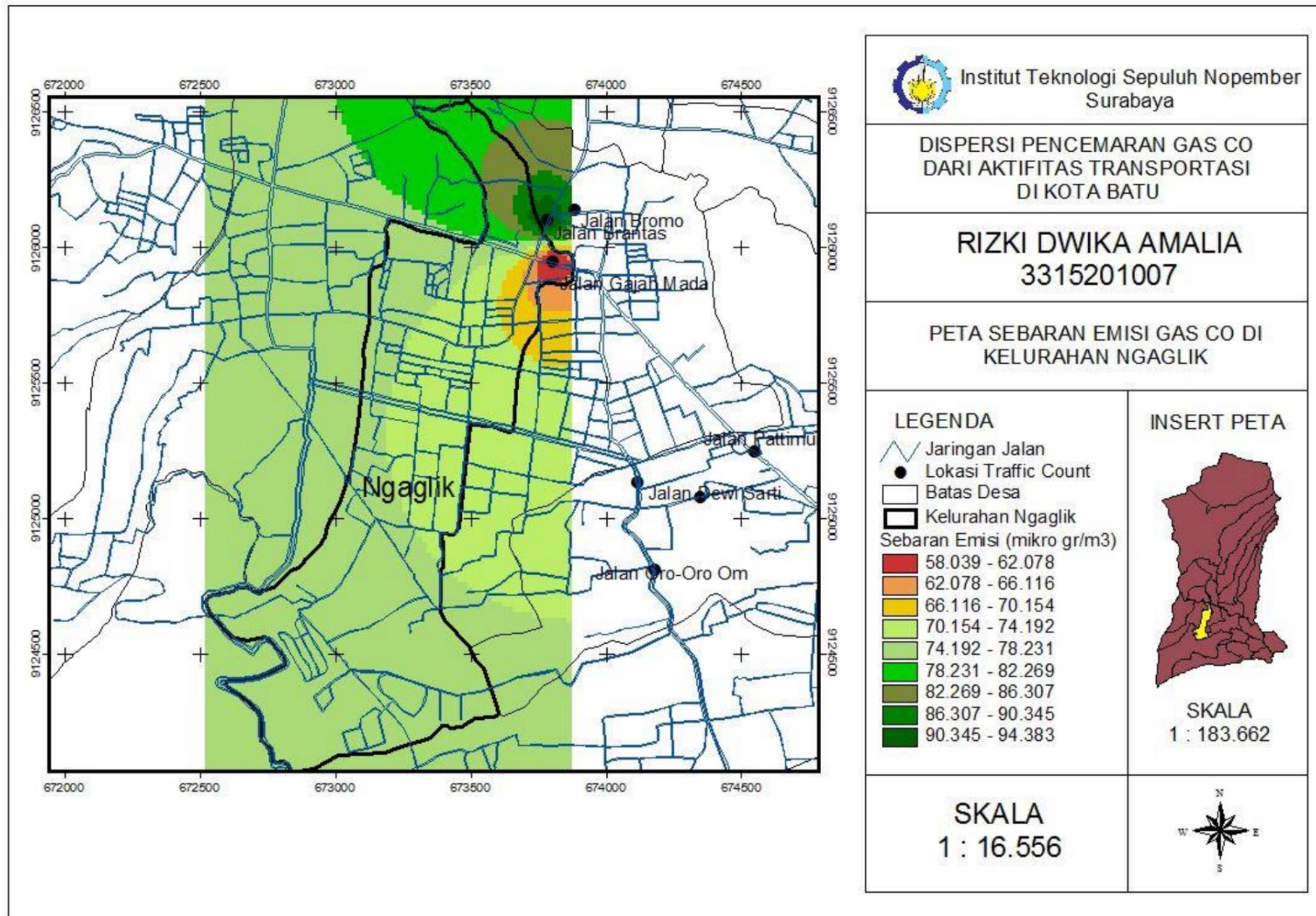


Lampiran 5. Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Dadaprejo



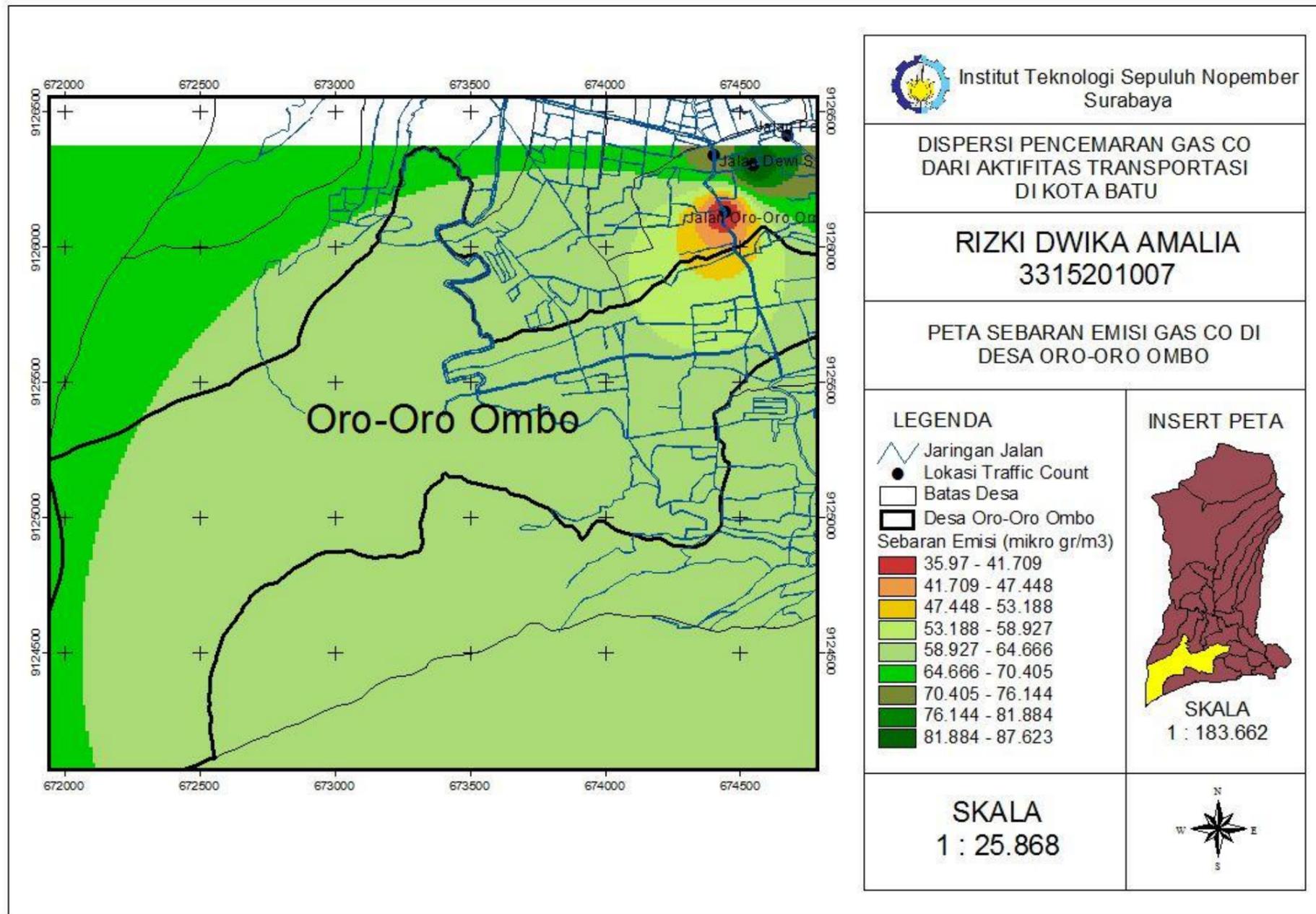
Warna	Range Konsentrasi	Luas Sebaran Polutan	
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(Ha)	( $\text{Km}^2$ )
	96,075 - 97,646	67,620	0,6762
	97,646 - 99,216	53,520	0,5352
	99,216 - 100,787	18,220	0,1822
	100,787 - 102,357	14,770	0,1477
	102,357 - 103,928	14,680	0,1468
	103,928 - 105,498	15,150	0,1515
	105,498 - 107,069	20,570	0,2057
	107,069 - 108,64	4,450	0,0445
	108,64 - 110,21	0,000	0,0000

Lampiran 6. Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Ngaglik



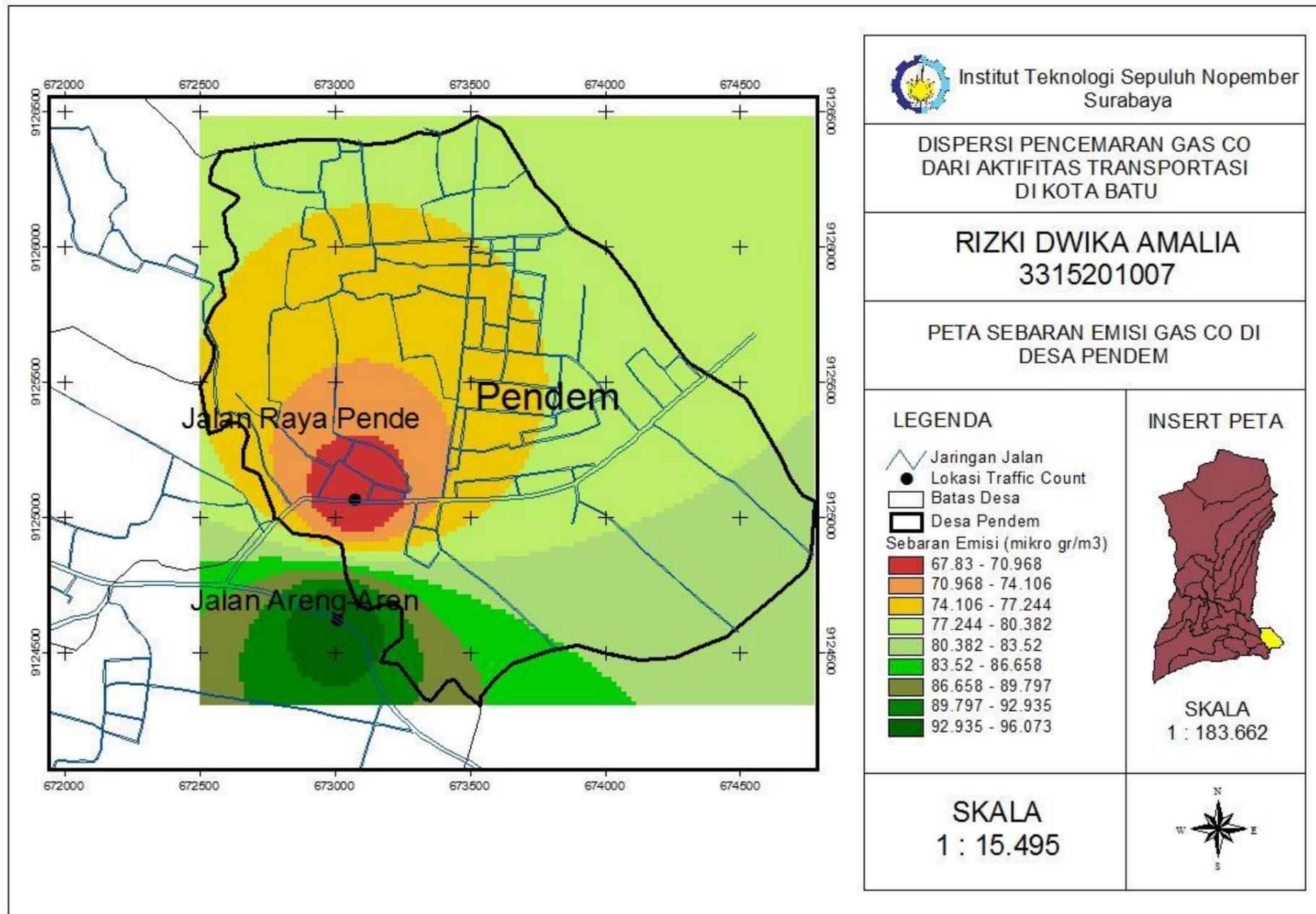
Warna	Range Konsentrasi	Luas Sebaran Polutan	
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(Ha)	( $\text{Km}^2$ )
	58,039 - 62,078	3,140	0,0314
	62,078 - 66,116	2,640	0,0264
	66,116 - 70,154	9,360	0,0936
	70,154 - 74,192	79,040	0,7904
	74,192 - 78,231	204,950	2,0495
	78,231 - 82,269	11,810	0,1181
	82,269 - 86,307	9,580	0,0958
	86,307 - 90,345	2,150	0,0215
	90,345 - 94,383	0,700	0,0070

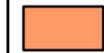
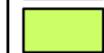
Lampiran 7. Peta Sebaran Emisi Gas CO Desa Oro-Oro Ombo



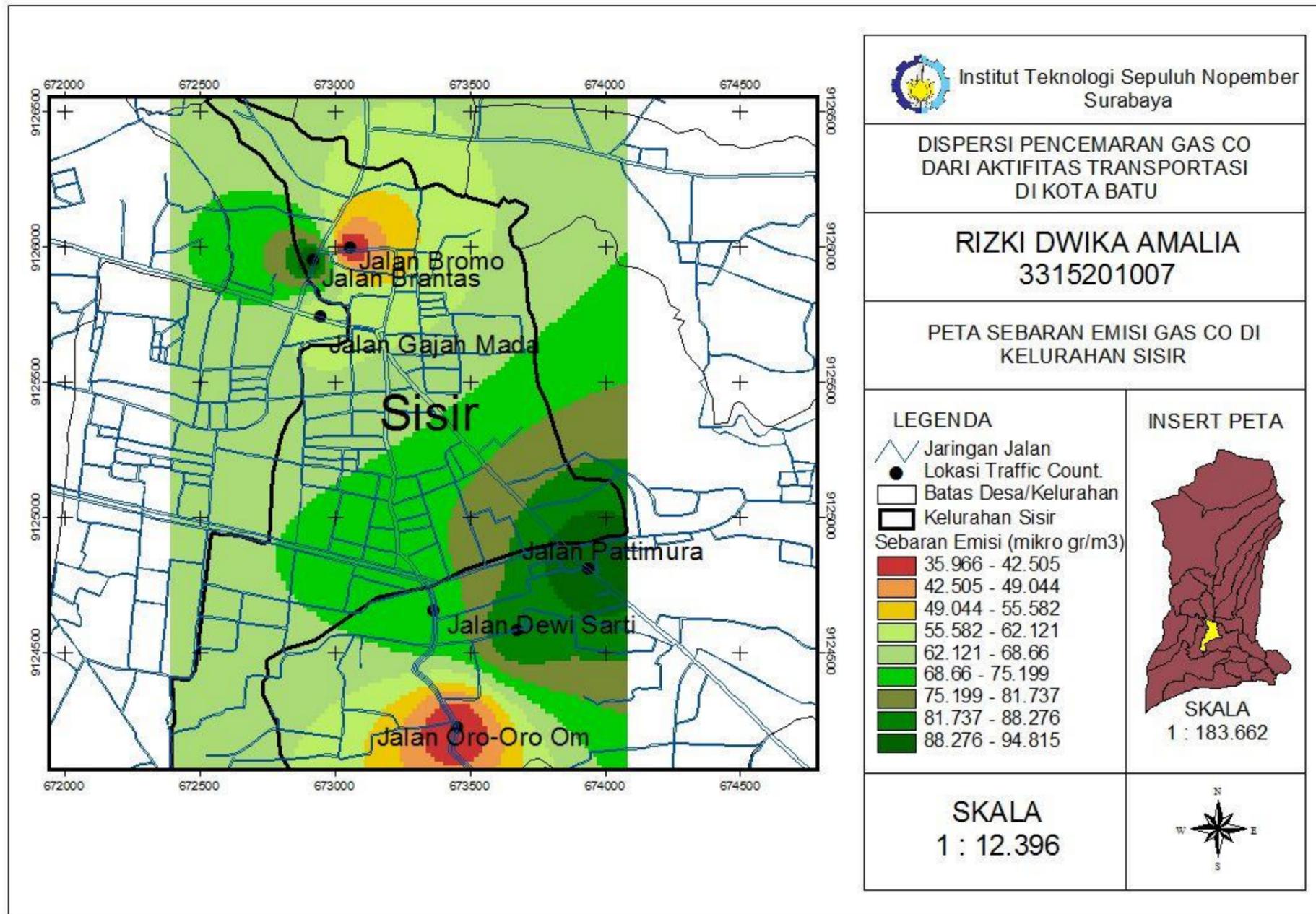
Warna	Range Konsentrasi	Luas Sebaran Polutan	
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(Ha)	(Km <sup>2</sup> )
	35,97 - 41,709	0,000	0,0000
	41,709 - 47,448	0,000	0,0000
	47,448 - 53,188	13,960	0,1396
	53,188 - 58,927	81,870	0,8187
	58,927 - 64,666	1410,150	14,1015
	64,666 - 70,405	183,830	1,8383
	70,405 - 76,144	0,000	0,0000
	76,144 - 81,884	0,000	0,0000
	81,884 - 87,623	0,000	0,0000

**Lampiran 8. Peta Sebaran Emisi Gas CO Desa Pendem**



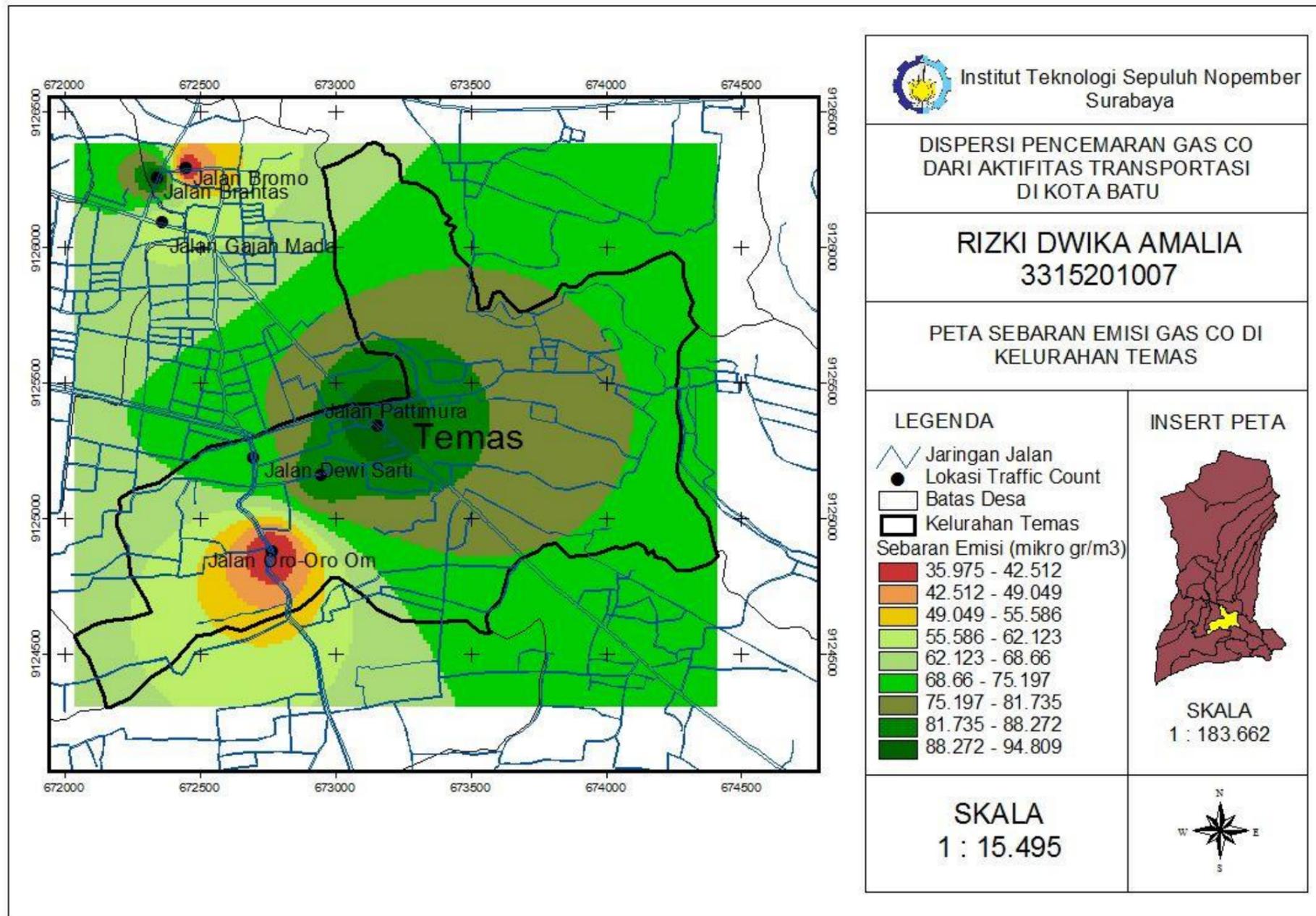
Warna	Range Konsentrasi	Luas Sebaran Polutan	
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(Ha)	( $\text{Km}^2$ )
	67.83 - 70,968	11,680	0,1168
	70,968 - 74,106	28,490	0,2849
	74,106 - 77,244	101,260	1,0126
	77,244 - 80,382	124,520	1,2452
	80,382 - 83,52	64,180	0,6418
	83,52 - 86,658	11,080	0,1108
	86,658 - 89,797	7,170	0,0717
	89,797 - 92,935	2,890	0,0289
	92,935 - 96,073	0,250	0,0025

Lampiran 9. Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Sisir



Warna	Range Konsentrasi	Luas Sebaran Polutan	
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(Ha)	(Km <sup>2</sup> )
	35,966 - 42,505	1,270	0,0127
	42,505 - 49,044	3,300	0,0330
	49,044 - 55,582	7,790	0,0779
	55,582 - 62,121	36,230	0,3623
	62,121 - 68,66	117,300	1,1730
	68,66 - 75,199	59,350	0,5935
	75,199 - 81,737	18,440	0,1844
	81,737 - 88,276	8,900	0,0890
	88,276 - 94,815	3,730	0,0373

Lampiran 10. Peta Sebaran Emisi Gas CO Kelurahan Temas



Warna	Range Konsentrasi (µg/m <sup>3</sup> )	Luas Sebaran Polutan	
		(Ha)	(Km <sup>2</sup> )
	35,972 - 42,512	5,060	0,0506
	42,512 - 49,049	11,130	0,1113
	49,049 - 55,586	15,540	0,1554
	55,586 - 62,123	29,360	0,2936
	62,123 - 68,66	52,700	0,5270
	68,66 - 75,197	142,650	1,4265
	75,197 - 81,735	144,350	1,4435
	81,735 - 88,272	46,240	0,4624
	88,272 - 94,809	12,940	0,1294

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Malang pada tanggal 22 Desember 1992 dengan nama lengkap Rizki Dwika Amalia. Penulis merupakan putri kedua dari tiga bersaudara dari ayah yang bernama Djoko Yudanto dan ibu Eny Rachyuningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Pendem 03 pada tahun 2006, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Batu dengan tahun kelulusan 2009, dan menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Batu pada tahun 2011. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Perguruan Tinggi Negeri di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2011. Pada tahun 2015 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 Pengendalian Pencemaran Gas CO dari Aktivitas Transportasi di Kota Batu, Jawa Timur”.



BERITA ACARA  
UJIAN/SIDANG TESIS

Pada

Hari, Tanggal : Jumat, 06 Januari 2017  
Jam : 09.30-11.30 WIB  
Tempat : R. Sidang Pascasarjana

telah dilaksanakan Ujian Tesis :

Judul : Dispersi Pencemaran Gas CO dari Aktifitas Transportasi di Kota Batu, Jawa Timur

Nama Mahasiswa : RIZKI DWIKA AMALIA  
Nrp. : 3315201007  
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS  
Bidang Keahlian : Magister Teknik Lingkungan

Tanda Tangan : 

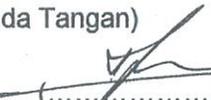
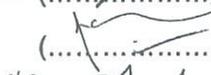
Dari hasil pengujian dinyatakan :

1. LULUS DENGAN PERBAIKAN MINOR \*)
2. TIDAK LULUS

Saran-saran perbaikan:

- 1-12/17
1. *Alasan untuk judul, hasil dan kesimpulan*
2. Tambahkan dasar pembuatan strategi
3. Apakah ada data dan dievaluasi:
- Derajat Kewirinyu
  - jenis kendaraan dan BBM yg digunakan
4. Tambahkan abstract & analisis dgn abstrak
5. Tambahkan pustaka terkait polutan CO
6. Perbaiki gambar = gambar (di pengelasan)
- 17/17

Tim Penguji :

- | Nama                                  | (Tanda Tangan)  |
|---------------------------------------|---|
| 1. Prof. Dr. Ir. Sarwoko M, MEngSc    |  |
| 2. Dr. Ir. Rachmat B, MT              |  |
| 3. Arseto Yekti B, ST, MT, MPhil, PhD |  |

Pembimbing,



Arie Dipareza Syafe'i, ST., MEPM, PhD

Keterangan:

\*) Jangka waktu perbaikan tesis (lingkari salah satu) : 1 - 2 - 3 - 4 minggu.

Apabila waktu tersebut tidak dipenuhi, maka nilai ujian tesis dianggap batal dan mahasiswa yang bersangkutan diwajibkan mengulang ujian lisan.