

**ANALISIS SEBARAN POLUTAN SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM<sub>10</sub> DARI  
SUMBER BERGERAK PADA JALAN ARTERI KOTA  
MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS (SIG)**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**Annaz Tasya Imaya**  
**145100901111004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

**ANALISIS SEBARAN POLUTAN SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM<sub>10</sub> DARI  
SUMBER BERGERAK PADA JALAN ARTERI KOTA  
MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS (SIG)**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**Annaz Tasya Imaya**  
**145100901111004**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir : ANALISIS SEBARAN POLUTAN  
SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM10 DARI  
SUMBER BERGERAK PADA JALAN  
ARTERI KOTA MALANG DENGAN  
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS  
(SIG)

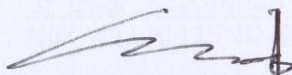
Nama Mahasiswa : Annaz Tasya Imaya  
NIM : 145100901111004  
Jurusan : TEP / Teknik Lingkungan  
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,



Ir. J. Bambang Rahadi W., MS.  
P. 19560205 198503 1 003

Pembimbing Kedua,



Dr. Eng. Evi Kurniati, S.TP., M.T.  
NIP. 19760415 199903 2 001

Tanggal Persetujuan :

.....  
20 MAR 2018

Tanggal Persetujuan :

.....

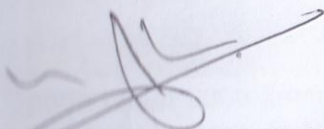
## LEMBAR PENGESAHAN

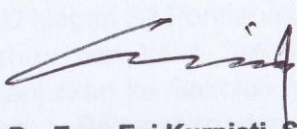
Judul Tugas Akhir : ANALISIS SEBARAN POLUTAN  
SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM10 DARI  
SUMBER BERGERAK PADA  
JALAN ARTERI KOTA MALANG  
DENGAN SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS (SIG)

Nama Mahasiswa : Annaz Tasya Imaya  
NIM : 145100901111004  
Jurusan : TEP / Teknik Lingkungan  
Fakultas : Teknologi Pertanian

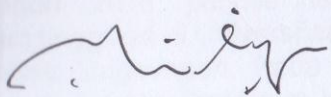
Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

  
Ir. J. Bambang Rahadi W., MS.  
P. 19560205 198503 1 003

  
Dr. Eng. Evi Kurniati, S.TP., M.T.  
NIP. 19760415 199903 2 001

Dosen Penguji III,

  
Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST, MT.  
NIP. 19760512 200812 2 001

Ketua Jurusan

  
  
La Choviya Hawa, STP, MP., Ph.D.  
NIP. 19780307 200012 2 001

Tanggal Lulus TA : .....

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : ANNAZ TASYA IMAYA  
NIM : 145100901111004  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Jurusan : Keteknikan Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian  
Judul Skripsi : ANALISIS SEBARAN POLUTAN SO<sub>2</sub>,  
NO<sub>x</sub> DAN PM10 DARI SUMBER  
BERGERAK PADA JALAN ARTERI  
KOTA MALANG DENGAN SISTEM  
INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Menyatakan bahwa,  
Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis  
tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini  
tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Februari 2018  
Pembuat Pernyataan,



Annaz Tasya Imaya  
NIM 145100901111004

## RIWAYAT PENULIS



Penulis di lahirkan di Blitar pada tanggal 10 Mei 1996 dari bapak bernama Suwanto dan Ibu bernama Sujati. Penulis merupakan anak sulung dari tiga bersaudara dan mempunyai dua adik laki-laki yang bernama Azkal Azkya Lizaldi dan Thezar Rifqi Izaati. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 027 Balikpapan selama 4 tahun dan di SD Negeri 32 Pontianak selama 2 tahun dan lulus Sekolah Dasar pada tahun 2008 kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di SMP Negeri 1 Balikpapan dengan tahun kelulusan 2011 dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Balikpapan dengan tahun kelulusan tahun 2014.

Pada tahun 2018 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikan tingginya di Universitas Brawijaya Malang di Program Studi Teknik Lingkungan. Pada masa pendidikannya, penulis aktif sebagai Asisten Praktikum Kimia Dasar Lingkungan 2015, Asisten Klimatologi 2016, Asisten Teknologi Pengolahan Air Bersih 2017 dan Satuan Operasi 2017. Selain aktif dalam bidang akademik, penulis juga pernah menimba pengalaman organisasi yaitu KMTL Intergritas FTP UB periode 2015-2016 dan beberapa kegiatan kepanitiaan KMTL FTP UB.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, rahmat dan hidayahnya saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Karya kecil ini saya dedikasikan yang pertama untuk keluarga saya;

Papa, Mama, Papoh, Aldi dan Thezar.

Yang kedua teruntuk orang terkasih yaitu Dimas Nur Haryadi Mirsyad Rahawarin, ST.

Yang ketiga teruntuk wanita-wanita yang ada dari awal hingga akhir perjuanganku selama kuliah yang setia menemani, memberikan support dan doa yaitu Riska Anindita Savitri, Aprilia Harera dan Riezqi Anggraini.

Yang keempat teruntuk adik-adik kosku tercinta yang siap sedia 24/7 memberikan support yaitu Elka Diniakuri dan Theresia Emiliana Boleng.

Dan yang terakhir teruntuk teman-teman SMA ku yang masih setia memberikan support dari jauh yaitu Puti Aulia Rahma, Ade Meutia Ulfah, Dede Augustira H dan Rifqi Syapta A. M.

Tanpa kalian semua, Tasa hanyalah serbuk Jas-Jus yang mudah larut dalam air.

From your dearest woman/girl/friend,

Annaz Tasya Imaya

Annaz Tasya Imaya. 145100901111004. ANALISIS SEBARAN POLUTAN SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM10 DARI SUMBER BERGERAK PADA JALAN ARTERI KOTA MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG). Pembimbing: Dr. Ir. J. Bambang Rahadi W., MS dan Dr. Eng. Evi Kurniati, S.TP., M.T.

---

---

## RINGKASAN

Udara menjadi salah satu komponen penting dalam kelangsungan kehidupan. Namun, dewasa ini banyak sekali kegiatan yang mengakibatkan perubahan terhadap penurunan kualitas udara. Kegiatan yang dimaksud seperti meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri. Kegiatan ini disertai dengan meningkatnya produksi kendaraan bermotor yang mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan. Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Surabaya. Kota ini juga merupakan kota dengan kepadatan penduduk yang merupakan mahasiswa dikarenakan banyaknya Universitas ternama yang terdapat di kota ini. Dengan meningkatnya jumlah penduduk yang terjadi menyebabkan meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor di wilayah ini. Gas buang kendaraan menjadi pencemar udara yang dominan. Gas buang kendaraan bermotor mengandung senyawa-senyawa berbahaya hasil dari pembakaran tidak sempurna seperti timbal/timah hitam (Pb), PM10, oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), oksida sulfur (SO<sub>2</sub>), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (O<sub>x</sub>). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya laju emisi dan sebaran polutan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan PM10 pada jalan arteri Kota Malang.

Penelitian ini dilakukan di Kota Malang dengan jumlah pengamatan 6 titik, dimana terdiri dari 2 titik *sampling-counting* dan 4 titik *counting*. Hasil sebaran polutan akan dianalisis secara



spasial dengan menggunakan aplikasi Surfer 11. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan laju emisi  $\text{SO}_2$  tertinggi sebesar 256,432  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  tertinggi sebesar 5.378,769  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan  $\text{PM}_{10}$  tertinggi sebesar 685,278  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Ketiga polutan tertinggi ini terjadi pada Jalan Raya Malang-Gempol. Pola sebaran polutan menunjukkan bahwa polutan menyebar ke sepanjang jalan dan pemukiman, semakin jauh jarak titik pengamatan (jalan) dari pemukiman, maka konsentrasi polutan akan semakin kecil.

**Kata kunci :  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ , Kendaraan Bermotor, Kota Malang.**

repository.ub.ac.id

**Annaz Tasya Imaya. 145100901111004. POLLUTANT DISTRIBUTION ANALYSIS OF SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> AND PM<sub>10</sub> FROM NON POINT SOURCE ON ARTERIAL ROADS IN MALANG CITY USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS). Pembimbing: Dr. Ir. J. Bambang Rahadi W., MS dan Dr. Eng. Evi Kurniati, S.TP., M.T.**

---

---

## **SUMMARY**

*Air is crucial component for the continuity of our life as a living creature. Nevertheless, many activities such as physical development of cities and industrial centers establishment, causing the decrease air quality. Increasing number of motor vehicles which lead to traffic density and its by-products. Malang is the second biggest city in East Java, after Surabaya. Malang has densely population, mostly by students regarding many well known universities are located in this city. The high number of population which increasing every year causing an increasing number of the use of motor vehicles as well. Hence, emissions gases exhausted by those vehicles are one dominant air pollutant in this city. These gases contain hazardous substances which formed as a result of incomplete combustion. These substances include lead (Pb), PM<sub>10</sub>, nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), sulfur oxide (SO<sub>2</sub>), hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO) and photochemical oxide (O<sub>x</sub>). This study is aim to investigate the emissions rate and distributions of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub> on arterial roads in Malang city.*

*The study was conducted in Malang city with observation point at 6 arterial roads in which 2 of those were ambient air and sampling-counting and the other 4 were counting roads. The pollutant distribution will be analyze spatially using Surfer 11 application. The result shows that the highest emission rate for SO<sub>2</sub> was 256,432 µg/m.s, NO<sub>x</sub> was 5.378,769 µg/m.s, and PM<sub>10</sub>*

was 685,278  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , which was measured on Malang-Gempol highway. The pollutants distribution shows that pollutants are spread along the roads and settlements, the farther the distance from the observation road, the less value of pollutant concentration.

**Key words:**  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ , Vehicles, Malang City.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul "**ANALISIS SEBARAN POLUTAN SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM<sub>10</sub> DARI SUMBER BERGERAK PADA JALAN ARTERI KOTA MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**" dapat diselesaikan dengan baik. Laporan skripsi ini ditulis sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir baik secara langsung maupun tidak langsung yaitu :

1. Keluarga, yaitu Papa, Mama, Papoh dan kedua adik saya yang senantiasa selalu memberikan dukungan dan doa.
2. Dr. Ir. J. Bambang Rahadi Widiatmono, MS. selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberikan arahan dan pengetahuan.
3. Dr. Eng. Evi Kurniati, STP, MT. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan arahan dan pengetahuan.
4. Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST, MT. sebagai dosen penguji yang memberikan informasi, kritik dan saran.
5. Orang-orang terkasih, yaitu Dimas Nur Haryadi Mirsyad Rahawarin, ST, Riska Anindita S, Aprilia Harera dan Riezqi Anggraini yang telah memberikan dukungan yang penuh kepada penulis.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan 2014 Universitas Brawijaya yang telah membantu penelitian sehingga penelitian berjalan dengan lancar dan beberapa pihak yang terkait.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan sebagai upaya perbaikan.

Malang, 19 Maret 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT PENULIS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xviivii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pengertian Udara.....	5
2.2 Pencemaran Udara.....	5
2.3 Sumber-Sumber Pencemaran Udara .....	7
2.4 Jenis Zat Pencemar Udara.....	8
2.5 Jalan Arteri.....	12
2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.3 Metode Analisis.....	21
3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	21
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1 Kepadatan Lalu Lintas Lokasi Penelitian.....	33
4.2 Laju Emisi SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> dan PM <sub>10</sub> .....	38

4.3 Analisa Hasil Pemodelan FLLS ( <i>Finite Length Line Source</i> ) .....	43
4.4 Validasi Hasil Pemodelan.....	62
4.5 Analisis Spasial Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>80</b>
5.1 Kesimpulan .....	80
5.2 Saran .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>86</b>



## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
Table 2.1	Kadar SO <sub>2</sub> Yang Berpengaruh Terhadap Kesehatan	10
Tabel 3.1	Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Indonesia .....	26
Tabel 3.2	Kelas Stabilitas Atmosfer .....	26
Tabel 3.3	Konstanta Parameter Dispersi.....	267
Tabel 4.1	Faktor Emisi Parameter SO <sub>2</sub> .....	39
Tabel 4.2	Laju Emisi (Q) Parameter SO <sub>2</sub> .....	39
Tabel 4.3	Faktor Emisi Parameter NO <sub>x</sub> .....	40
Tabel 4.4	Laju Emisi Parameter NO <sub>x</sub> .....	40
Tabel 4.5	Faktor Emisi Parameter PM10 .....	42
Tabel 4.6	Laju Emisi Parameter PM10.....	42
Tabel 4.7	Validasi Hasil Pemodelan Untuk Parameter SO <sub>2</sub> .....	62
Tabel 4.8	Validasi Hasil Pemodelan Untuk Parameter NO <sub>x</sub> .....	62
Tabel 4.9	Validasi Hasil Pemodelan Untuk Parameter PM10 ...	63

## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
Gambar 2.1	Jaringan Jalan Arteri Primer Kota Malang .....	14
Gambar 2.2	Jaringan Jalan Arteri Sekunder Kota Malang.....	15
Gambar 3.1	Titik Pengamatan .....	19
Gambar 3.2	Pengambilan Sampel Ambien SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> .....	23
Gambar 3.3	Pengambilan Sampel Ambien PM10 .....	24
Gambar 4.1	Kepadatan Lalu Lintas Jalan Raya Tlogomas .....	33
Gambar 4.2	Kepadatan Lalu Lintas Jalan Raya Malang-Gempol .....	34
Gambar 4.3	Kepadatan Lalu Lintas Jalan Sunandar Priyo Kusumo .....	35
Gambar 4.4	Kepadatan Lalu Lintas Jalan Trunojoyo .....	36
Gambar 4.5	Kepadatan Lalu Lintas Jalan Laksamana Martadinata .....	37
Gambar 4.6	Kepadatan Lalu Lintas Jalan Kolonel Sugiono.....	38
Gambar 4.7	Konsentrasi SO <sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Tlogomas.....	44
Gambar 4.8	Konsentrasi NO <sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Tlogomas.....	45
Gambar 4.9	Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Tlogomas .....	46
Gambar 4.10	Konsentrasi SO <sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Malang-Gempol.....	47
Gambar 4.11	Konsentrasi NO <sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Malang-Gempol.....	48
Gambar 4.12	Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Malang-Gempol.....	49
Gambar 4.13	Konsentrasi SO <sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo .....	50
Gambar 4.14	Konsentrasi NO <sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo .....	51
Gambar 4.15	Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo .....	52



Gambar 4.16	Konsentrasi $\text{SO}_2$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Trunojoyo .....	53
Gambar 4.17	Konsentrasi $\text{NO}_x$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Trunojoyo .....	54
Gambar 4.18	Konsentrasi $\text{PM}_{10}$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Trunojoyo .....	55
Gambar 4.19	Konsentrasi $\text{SO}_2$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Laksamana Martadinata .....	56
Gambar 4.20	Konsentrasi $\text{NO}_x$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Laksamana Martadinata .....	57
Gambar 4.21	Konsentrasi $\text{PM}_{10}$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Laksamana Martadinata .....	58
Gambar 4.22	Konsentrasi $\text{SO}_2$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Kolonel Sugiono .....	59
Gambar 4.23	Konsentrasi $\text{NO}_x$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Kolonel Sugiono .....	60
Gambar 4.24	Konsentrasi $\text{PM}_{10}$ Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Kolonel Sugiono .....	61
Gambar 4.25	Peta Sebaran $\text{SO}_2$ Pada Kecamatan Blimbing ..	65
Gambar 4.26	Peta Sebaran $\text{SO}_2$ Pada Kecamatan Lowokwaru	66
Gambar 4.27	Peta Sebaran $\text{SO}_2$ Pada Kecamatan Klojen .....	67
Gambar 4.28	Peta Sebaran $\text{SO}_2$ Pada Kecamatan Sukun .....	68
Gambar 4.29	Peta Sebaran $\text{NO}_x$ Pada Kecamatan Blimbing ...	70
Gambar 4.30	Peta Sebaran $\text{NO}_x$ Pada Kecamatan Lowokwaru.....	71
Gambar 4.31	Peta Sebaran $\text{NO}_x$ Pada Kecamatan Klojen .....	72
Gambar 4.32	Peta Sebaran $\text{NO}_x$ Pada Kecamatan Sukun.....	73
Gambar 4.33	Peta Sebaran $\text{PM}_{10}$ Pada Kecamatan Blimbing.	75
Gambar 4.34	Peta Sebaran $\text{PM}_{10}$ Pada Kecamatan Lowokwaru.....	76
Gambar 4.35	Peta Sebaran $\text{PM}_{10}$ Pada Kecamatan Klojen ....	77
Gambar 4.36	Peta Sebaran $\text{PM}_{10}$ Pada Kecamatan Sukun ....	78

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang memiliki perbandingan tidak tetap, tergantung pada suhu udara atau tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Kandungan yang terdapat dalam udara, yaitu Oksigen (O<sub>2</sub>) untuk bernafas, Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) untuk proses fotosintesis oleh klorofil pada daun dan Ozon (O<sub>3</sub>) untuk menahan sinar ultra violet. Komposisi dari masing-masing unsur yang terdapat dalam udara baik bersih maupun kering, tersusun oleh Nitrogen (N<sub>2</sub>) 78,09%, Oksigen (O<sub>2</sub>) 21,94%, Argone (Ar) 0,93%, Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) 0,032% dan gas-gas lainnya seperti gas-gas mulia, Nitrogen oksida, Hydrogen, Methane, Belerang dioksida, Ammonia, dan lain-lain (Kamal, 2015).

Udara menjadi salah satu komponen penting dalam kelangsungan kehidupan. Namun, dewasa ini banyak sekali kegiatan yang mengakibatkan perubahan terhadap penurunan kualitas udara. Kegiatan yang dimaksud seperti meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri. Kegiatan ini disertai dengan meningkatnya produksi kendaraan bermotor yang mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan. Hal ini merupakan beberapa sebab terjadinya pencemaran udara.

Pencemaran udara merupakan adanya zat-zat asing di udara dalam jumlah dan waktu tertentu yang dapat menyebabkan perubahan komposisi udara dari keadaan normalnya sehingga menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, tumbuhan, dan benda-benda lainnya (Susanto dan Prayudi, 2001). Pencemaran udara disebabkan oleh beberapa sumber pencemar, yaitu sumber bergerak dan tidak bergerak. Sumber pencemar bergerak seperti transportasi (kendaraan). Sumber pencemar tidak bergerak dibagi menjadi dua, yaitu sumber pencemar titik

(contoh: cerobong asap), dan sumber pencemar area (contoh: pembakaran terbuka di wilayah pemukiman).

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Surabaya. Kota ini juga merupakan kota dengan kepadatan penduduk yang merupakan mahasiswa dikarenakan banyaknya Universitas ternama yang terdapat di kota ini. Adanya kepadatan penduduk yang semakin meningkat tiap tahunnya menyebabkan kebutuhan kendaraan bermotor meningkat pula. Menurut Badan Pusat Statistik, pada tahun 2015 jumlah kendaraan bermotor di Kota Malang sebesar 1.024.226 unit, sedangkan pada tahun 2016 sebesar 1.135.438 unit. Hal ini menandakan terjadi peningkatan sebesar 5,15%, belum termasuk kendaraan yang berasal dari luar Malang.

Jalan arteri yang merupakan jalan utama yang banyak dilalui kendaraan baik dari wilayah Malang sendiri maupun dari luar Malang. Banyaknya kendaraan yang melewati jalan arteri menyebabkan seringnya terjadi kemacetan pada jalan ini. Selain itu, dengan banyaknya kendaraan yang melewati jalan ini menyebabkan penurunan kualitas udara pada daerah tersebut.

Menurut Paramise (2017), pada area jalan arteri Kota Malang, hasil pengukuran kandungan NO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada area Stasiun Kota Baru sebesar 66,012 µg/Nm<sup>3</sup>, TSP (debu) tertinggi pada area Perbatasan Utara Raya Balaerjosari sebesar 0,194 µg/Nm<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> tertinggi pada area Terminal Landungsari sebesar 72,110 µg/Nm<sup>3</sup>, dan O<sub>2</sub> tertinggi juga terjadi pada area Terminal Landungsari sebesar 8,473 µg/Nm<sup>3</sup>.

Oleh karena itu diperlukannya upaya pemantauan dan pengelolaan yang dilakukan terhadap kualitas udara Kota Malang seiring dengan bertambahnya kendaraan bermotor setiap tahunnya. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini akan membahas pencemaran udara dengan sistem informasi geografis. Judul yang diangkat dari penelitian ini adalah "ANALISIS SEBARAN POLUTAN SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> DAN PM<sub>10</sub> DARI

# SUMBER BERGERAK PADA JALAN ARTERI KOTA MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Berapa besar laju emisi  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan  $\text{PM}_{10}$  pada kawasan jalan arteri Kota Malang?
- 2) Bagaimana pola sebaran polutan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan  $\text{PM}_{10}$  pada kawasan jalan arteri Kota Malang?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui besarnya laju emisi  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan  $\text{PM}_{10}$  pada kawasan jalan arteri Kota Malang.
- 2) Mengetahui sebaran polutan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan  $\text{PM}_{10}$  pada kawasan jalan arteri Kota Malang.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

- 1) Badan Lingkungan Hidup Kota Malang  
Memberikan alternatif pemantauan atau pengelolaan pencemaran udara pada jalan arteri Kota Malang melalui media peta.
- 2) Institusi Pendidikan  
Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan keustakaan.
- 3) Peneliti  
Menambah pengetahuan dalam pemanfaatan system informasi geografis dalam hal pencemaran udara.
- 4) Peneliti lain

Dapat digunakan sebagai referensi dasar dalam melakukan penelitian lanjutan.

### **1.5 Batasan masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

- 1) Penelitian ini dilakukan pada kawasan jalan arteri Kota Malang.
- 2) Traffic counting dilakukan pada 6 titik yaitu Jalan Raya Malang-Gempol, Jalan Raya Tlogomas, Jalan Sunandar Priyo S., Jalan Trunojoyo, Jalan Laksamana Martadinata dan Jalan Kolonel Sugiono, sedangkan untuk titik validasi yang merupakan titik pengambilan sampel udara ambien (titik sampling) dilakukan pada 2 titik yaitu Jalan Raya Malang-Gempol dan Jalan Raya Tlogomas.
- 3) Pengambilan sampel berasal dari sumber emisi bergerak yaitu kendaraan bermotor dan tidak memperhatikan tipe kendaraan seperti tahun keluaran kendaraan, usia kendaraan, dsb. Kendaraan hanya dilihat secara umum.
- 4) Penelitian ini merupakan data kondisi kualitas udara pada saat itu yang belum tentu relevan dengan waktu selanjutnya.
- 5) Metode yang digunakan adalah metode deksriptif dengan pendekatan kuantitatif.
- 6) Parameter yang di ukur meliputi Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), Nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) dan  $\text{PM}_{10}$ .

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Udara

Udara merupakan campuran dari gas yang terdapat pada permukaan bumi, yang tersusun dari Nitrogen 78%, Oksigen 20%, Argon 0,93%, Karbondioksida 0,03% dan sisanya terdiri dari Neon (ne), Helium (He), Metan (CH<sub>4</sub>) dan Hidrogen (H<sub>2</sub>). Udara dikatakan normal dan dapat mendukung kehidupan manusia ketika komposisinya stabil seperti di atas. Umumnya konsentrasi metana, ammonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida dan nitrooksida sangat tinggi di areal rawa-rawa atau industri kimia (Kamal, 2015).

Unsur udara yang terpenting baik bagi manusia maupun makhluk hidup lainnya yaitu oksigen. Sedangkan apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah tercemar/terpolusi. Hal ini akan mengakibatkan kesulitan bernafas yang akan dialami makhluk hidup yang membutuhkan oksigen jika konsentrasi oksigen di dalam maupun di luar ruangan berkurang (Santoso, 2011).

### 2.2 Pencemaran Udara

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 dapat terjadi dimana-mana, seperti di dalam ruangan, rumah, sekolah, kantor. Pencemaran seperti ini biasa disebut dengan pencemaran dalam ruangan (indoor pollution). Sedangkan pencemaran di luar ruangan (outdoor pollution) berasal dari emisi kendaraan bermotor, industri, perkapalan, dan proses alami makhluk hidup (Sudrajad, 2005).

Pencemaran udara terbesar yang terjadi di Indonesia salah satunya disumbangkan oleh kendaraan bermotor. Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, telah terjadi lonjakan jumlah kendaraan bermotor yang sangat pesat khususnya pertambahan sepeda motor mencapai 30% dan sekitar 70% terdistribusi di daerah perkotaan. Menurut Ismiyati dkk (2014), berikut ini merupakan beberapa faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor kendaraan bermotor terhadap pencemaran udara di Indonesia antara lain :

- a. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial).
- b. Tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada.
- c. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran.
- d. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota.
- e. Kesamaan waktu aliran lalu lintas.
- f. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor.
- g. Faktor perawatan kendaraan.
- h. Jenis bahan bakar yang digunakan.
- i. Jenis permukaan jalan.
- j. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*).

Pencemaran udara adalah adanya atau masuknya salah satu atau lebih zat pencemar di udara dalam jumlah dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, tumbuhan, dan benda-benda lainnya. Pencemaran udara dapat menyebabkan berbagai dampak terhadap semua segi kehidupan, antara lain terhadap kesehatan manusia, hewan, tanaman, maupun dampak terhadap material. Dampak bagi kesehatan manusia seperti gangguan pernapasan, gangguan emosi, anorexia, depresi mental di pusat pernapasan dan pusat

sistem syaraf. Dampak bagi tanaman terjadinya penurunan tingkatan kandungan enzim, perubahan pada system fotosintesis, hingga secara fisiologis terjadinya perusakan zat hijau daun/menguning (*chlorosis*), daun bintik-bintik (*flecking*), dan penurunan hasil panen. Sedangkan dampak bagi hewan yaitu terjadinya gejala analisis system syaraf dan konvulsi (Prayudi dan Susanto, 2001).

### 2.3 Sumber-Sumber Pencemaran Udara

Berdasarkan kegiatan, sumber pencemar udara dapat disebabkan karena kegiatan yang bersifat alamiah dan kegiatan manusia. Kegiatan yang bersifat alamiah (*natural source*) seperti letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dan lain-lain. Pencemaran akibat dari kegiatan manusia (*anthropogenic source*) secara kuantitatif sering lebih besar, seperti berasal dari transportasi, emisi pabrik, pembakaran sampah hasil dari kegiatan rumah tangga (Sugiarti, 2009).

Sumber pencemaran udara dikelompokkan ke dalam tiga kategori besar, yaitu sumber pencemar udara tetap (*point source*), sumber pencemar tidak tetap (*non point source*), dan sumber pencemar udara campuran (*compound area source*) (Joviana, 2009).

- a. Sumber pencemar udara tetap (*point source*) merupakan sumber pencemar yang bersifat diam tergolong tidak bergerak seperti cerobong asap yang dihasilkan oleh kegiatan-kegiatan industry.
- b. Sumber pencemar tidak tetap (*non point source*) merupakan sumber pencemar yang bersifat bergerak seperti kendaraan bermotor yang menghasilkan pembakaran yang berakibat terhadap pencemaran udara.
- c. Sumber pencemar udara campuran (*compound area source*) merupakan sumber pencemar udara yang berasal dari titik



repository.ub.ac.id

tetap dan titik bergerak seperti bandara, terminal, pelabuhan dan kawasan industry.

Kualitas udara sangat dipengaruhi oleh besar dan jenis pencemar yang ada dari kegiatan industri, transportasi, dan lain-lain. Pencemar udara yang terjadi sangat ditentukan oleh kualitas bahan bakar yang digunakan teknologi serta perawatan dan pengawasan yang dilakukan. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan meningkatkan pemakaian bahan bakar gas yang akan berakibat pada penambahan gas beracun di udara terutama gas CO, HC dan SO<sub>2</sub> (Dauhi, 2014).

#### 2.4 Jenis Zat Pencemar Udara

Menurut Menurut Dauhi (2014), berikut ini beberapa jenis zat yang menyebabkan penurunan kualitas udara antara lain :

a. Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)

Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) merupakan salah satu gas toksik yang dapat memiliki dampak bagi manusia. Gas ini apabila mencemari udara dapat dengan mudah diidentifikasi dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya merah kecoklatan. Sifat toksik dari gas ini empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO.

Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan kisaran 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru bila seseorang hanya terpapar beberapa menit saja. Pada fase ini seseorang masih dapat sembuh kembali dalam waktu 6-8 minggu. Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan kisaran 150-200 ppm dapat menyebabkan pemampatan brokhioli. Seseorang dapat meninggal dalam waktu 3-5 minggu setelah terkena paparan oleh gas dengan konsentrasi tersebut. Bahkan dengan konsentrasi lebih dari 500 ppm dapat mematikan seseorang dalam kurun waktu 2-10 hari. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO<sub>2</sub> adalah paru-paru.

NO<sub>2</sub> tidak secara langsung dilepaskan ke udara. NO<sub>2</sub> terbentuk ketika nitrogen oksida (NO) dan lainnya (NO<sub>x</sub>) bereaksi dengan bahan kimia lainnya yang berada di udara. Sumber utama NO<sub>2</sub>

yang dihasilkan oleh aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas dan minyak), terutama bensin digunakan oleh kendaraan bermotor. Sumber lainnya yang menghasilkan  $\text{NO}_2$  adalah proses penyulingan bensin dan logam, industry pengolahan komersial, dan industry pengolahan makanan.

b. Karbonmonoksida ( $\text{CO}$ )

Karbonmonoksida ( $\text{CO}$ ) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa.  $\text{CO}$  yang berada di alam terbentuk dikarenakan adanya proses pembakaran yang tidak sempurna terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon, reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi, pada suhu tinggi  $\text{CO}_2$  terurai menjadi  $\text{CO}$  dan  $\text{O}_2$ . Pembebasan  $\text{CO}$  ke atmosfer sebagai aktivitas manusia lebih nyata berasal dari transportasi, pembakaran minyak, gas arang atau kayu, proses-proses industry, pembuangan limbah padat, kebakaran hutan, dan lain-lain.

Dampak dari  $\text{CO}$  bagi manusia sendiri bergantung pada status kesehatan seseorang pada saat terpajan. Seseorang yang berbadan gemuk dapat mentolerir pajanan  $\text{CO}$  sampai kadar  $\text{COHb}$  dalam darahnya mencapai 40% dalam waktu singkat. Gas  $\text{CO}$  bersifat toksik, seseorang yang menderita sakit jantung atau paru-paru akan menjadi lebih parah apabila kadar  $\text{COHb}$  dalam darahnya sebesar 5-10%. Gas  $\text{CO}$  mempunyai kemampuan berkaitan dengan Hb sebesar 240 kali lipat sehingga dapat mempengaruhi organ-organ tubuh seperti otak, hati, pusat syaraf dan janin.

c. Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )

Sulfur dioksida merupakan salah satu spesies dari gas-gas oksida sulfur ( $\text{SO}_x$ ). Gas ini memiliki ikatan yang tidak stabil, sangat reaktif terhadap gas lain, sangat mudah larut dalam air, memiliki bau namun tidak berwarna. Sebagaimana  $\text{O}_3$ , pencemar

sekunder yang terbentuk dari  $\text{SO}_2$ , seperti partikel sulfat, dapat berpindah dan terdeposisi jauh dari sumbernya.

Pengaruh utama polutan  $\text{SO}_x$  terhadap manusia adalah iritasi sistem pernapasan.  $\text{SO}_2$  dianggap sebagai pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada system pernapasan kardiovaskular. Individu dengan gejala penyakit tersebut sangat sensitif dengan  $\text{SO}_2$ , meskipun dengan kadar yang relatif rendah. Kadar  $\text{SO}_2$  yang berpengaruh terhadap gangguan kesehatan adalah sebagai berikut :

**Table 2.1** Kadar  $\text{SO}_2$  Yang Berpengaruh Terhadap Kesehatan

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3-5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya
8-12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan iritasi mata
20	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan batuk
20	Maksimum yang diperbolehkan untuk konsentrasi dalam waktu lama
50-100	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak singkat (30 menit)
400-500	Berbahaya meskipun kontak secara singkat

Sumber: Departemen Kesehatan Republik Indonesia 2007

Gas  $\text{SO}_x$  yang bebas udara berasal dari pemakaian batu bara yang digunakan pada kegiatan industry, transportasi, dan lain-lain. Dalam proses industri besi dan baja (tanur logam) banyak dihasilkan  $\text{SO}_x$  karena mineral-mineral logam banyak terikat dalam bentuk sulfida. Industri ini merupakan industri terbesar yang menghasilkan  $\text{SO}_x$ . Sulfur merupakan kontaminan yang tidak dikehendaki didalam logam dan biasanya lebih mudah untuk menghasilkan sulfur dari logam kasar daripada menghasilkannya dari produk logam akhirnya. Pada akhirnya

SO<sub>2</sub> secara rutin diproduksi sebagai produk samping dalam industri logam dan sebagian akan terdapat di udara. Penyebaran gas SO<sub>x</sub> ke lingkungan bergantung pada faktor meteorologi dan geografi setempat. Kelembaban udara mempengaruhi kecepatan perubahan SO<sub>x</sub> menjadi asam sulfat maupun asam sulfat yang akan berkumpul bersama awan yang akhirnya jatuh sebagai hujan asam.

d. Ozon (O<sub>3</sub>)

Ozon termasuk ke dalam gas yang tidak stabil, berwarna biru, mudah mengoksidasi, dan bersifat iritan terhadap saluran pernapasan. Ozon dihasilkan dari berbagai sumber seperti peralatan listrik bervoltase tinggi, peralatan sinar rontgen, dan spektograf. Apabila terpapar gas ini, keluhan yang sering dirasakan seperti iritasi, rasa kering ditenggorokan, sakit kepala, mual, tidak ada nafsu makan, batuk dan nyeri dada serta pernapasan menjadi pendek dan sebab paru. Saat ozon memasuki saluran pernapasan, ozon akan mematikan sel-sel makrofag, mengstimulir penebalan dinding arteri paru-paru, dan apabila pemaparan berlangsung lama maka terjadi kerusakan paru-paru disebut *emphysema*.

e. PM10

PM10 melayang (*Suspended Particulate Matter/SPM*) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari <1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Secara alamiah PM10 ini dihasilkan dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau berasal dari letusan gunung merapi. PM10 juga dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan batu bara yang tidak sempurna. Kepadatan kendaraan bermotor menambah asap hitam pada total emisi PM10. Berbagai proses industri seperti proses penggilingan dan penyemprotan, dapat menyebabkan abu berterbangan di udara.

PM10 dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi. Ukuran PM10 yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antara 0,1 mikron sampai 10 mikron. Pada umumnya ukuran PM10 sekitar 5 mikron akan dapat masuk ke dalam paru-paru dan mengendap di alveoli. Ukuran PM10 >5 mikron akan dapat mengganggu saluran pernapasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. Keadaan ini akan bertambah parah apabila terjadi reaksi sinergistik dengan gas SO<sub>2</sub> yang terdapat di udara juga. Selain melalui inhalasi, PM10 yang berterbangan di udara terbawa oleh angin akan menyebabkan iritasi pada mata dan dapat menghalangi daya tembus pandang mata (*visibility*).

## 2.5 Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien. Menurut SNI (2003), sistem jaringan arteri terdiri dari :

### a. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Berikut ini kriteria-kriteria jalan arteri primer antara lain:

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam dan dengan lebar badan jalan tidak kurang dari 8 meter;
- Mempunyai kapasitas lebih besar daripada volume lalu-lintas rata-rata;
- Lalu-lintas jalan arteri primer tidak boleh diganggu oleh lalu-lintas ulang-alik, lalu-lintas lokal dan kegiatan lokal, untuk itu persimpangan pada jalan ini perlu diatur;
- Jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi;
- Jalan arteri primer tidak terputus walaupun memasuki kota dan desa;

- DAWASJA (Daerah Pengawasan Jalan) tidak kurang dari 20 meter.

Menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2004), ciri-ciri jalan arteri primer antara lain:

- Jalan arteri primer dalam kota merupakan terusan jalan arteri primer luar kota;
- Jalan arteri primer melalui atau menuju kawasan primer;
- Lalu lintas jarak jauh pada jalan arteri primer adalah lalu lintas regional;
- Kendaraan angkutan barang berat dan kendaraan umum bus dapat diijinkan melalui jalan ini;
- Lokasi berhenti dan parkir pada badan jalan tidak diijinkan;
- Jalan arteri primer dilengkapi dengan tempat istirahat pada setiap jarak 25 km.

#### b. Jalan Arteri Sekunder

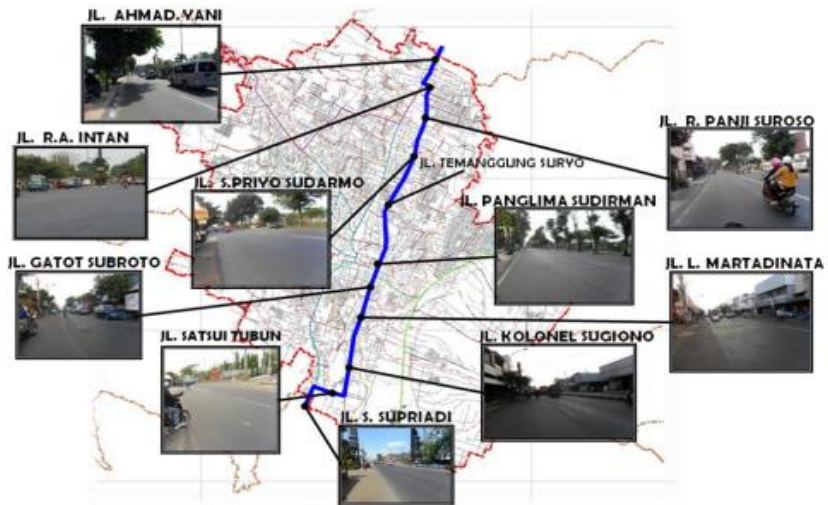
Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dan kawasan sekunder kesatu, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Berikut ini kriteria-kriteria jalan arteri sekunder antara lain:

- Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 30 km/jam dan dengan lebar jalan tidak kurang dari 8 meter;
- Mempunyai kapasitas yang sama atau lebih besar dari volume lalu-lintas rata-rata;
- Pada jalan arteri sekunder lalu-lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu-lintas lambat;
- Persimpangan sebidang pada jalan arteri sekunder dengan pengaturan tertentu sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.

Menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2004), ciri-ciri jalan arteri sekunder antara lain:

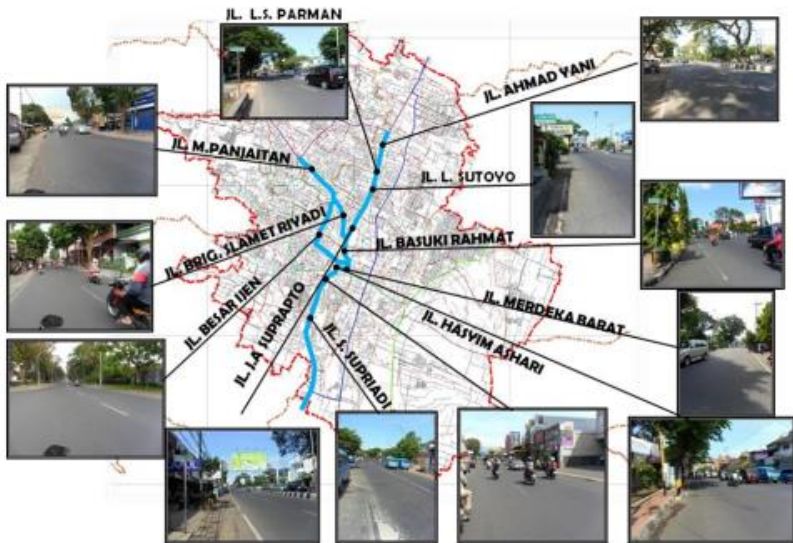
- Lalu lintas cepat pada jalan arteri sekunder tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat;
- Kendaraan angkutan barang ringan dan bus untuk pelayanan kota dapat diijinkan melalui jalan ini;
- Lokasi berhenti dan parkir pada badan jalan sangat dibatasi dan seharusnya tidak diijinkan pada jam sibuk.

Kota Malang memiliki beberapa jenis jalan, berdasarkan fungsinya jalan tersebut diantaranya seperti jalan Arteri Primer, Arteri Sekunder, Kolektor Primer, Kolektor Sekunder, Lokal Primer dan Lokal Sekunder. Menurut Bappeda Kota Malang (2012), Total panjang jalan berdasarkan fungsi diatas adalah 663,34 km; dimana jalan arteri primer sepanjang 11,82 km dan arteri sekunder sepanjang 15,94 km. Jaringan jalan arteri primer Kota Malang merupakan penghubung Kota Malang dan Kota Surabaya. Jalan ini memiliki ciri-ciri penggunaan intensitas tinggi, untuk lalu lintas angkutan berat, jumlah simpangannya minimal. Jaringan jalan arteri primer Kota Malang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Jaringan Jalan Arteri Primer Kota Malang

Jaringan arteri sekunder Kota Malang merupakan jalan penghubung antara pusat Kota Malang dengan Bagian Wilayah Kota. Jalan ini memiliki ciri-ciri penggunaan intensitas tinggi digunakan untuk tumpuan utama lalu lintas dalam kota dengan jumlah simpangan yang minimum. Jaringan jalan arteri sekunder ini membujur dari Utara ke Selatan dan dari Timur ke Barat. Jaringan jalan arteri sekunder Kota Malang dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Jaringan Jalan Arteri Sekunder Kota Malang

## 2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

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



yang mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti *query* dan analisa statistic, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan ini yang membedakan SIG dengan sistem informasi yang lain karena SIG berguna bagi berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi (Aini, 2009).

SIG merupakan salah satu teknologi yang terintegrasi, dimana memiliki tiga komponen dalam prosesnya, yaitu sistem komputer, data geospasial (data atribut) dan pengguna. SIG dapat diterapkan dalam berbagai ilmu seperti permasalahan kewilayahan (otonomi daerah), mitigasi bencana (menghitung waktu respon darurat, mencari lahan basah yang akan dilindungi dari polusi), kajian kesehatan lingkungan, aktivitas bisnis (diantaranya pemasaran, pemilihan lokasi, pengelolaan asset, analisis resiko, pengaturan hantaran, pelayanan pelanggan, serta analisa demografi dan pemetaan), perbankan (memvisualisasikan situasi pasar, analisis data, dan membangun model realistik), pendidikan, dan lain-lain (Astuti, 2006).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

#### 3.1.1 Tempat Pelaksanaan

Lokasi penelitian dibagi menjadi 2, yaitu lokasi *sampling-counting* dan lokasi *counting* saja. Lokasi *sampling-counting* dilakukan pada 2 titik, yaitu depan gang masuk Hotel Harris (Jl. Raya Malang-Gempol) dan depan pintu masuk Terminal Landungsari (Jl. Raya Tlogomas). Lokasi *counting* dilakukan pada 4 titik, yaitu pertigaan Yayasan Gotong Royong (Jl. Sunandar Priyo Sudarmo), Stasiun Kota Baru Malang (Jl. Trunojoyo), Flyover Kota Lama (Jl. Laksamana Martadinata) dan depan Terminal Gadang (Jl. Kolonel Sugiono). Pemilihan titik pengambilan sampel dan *counting* didasarkan pada jalan arteri Kota Malang, diambil beberapa titik-titik yang dapat mewakili jalan arteri Kota Malang.

Titik pertama dilakukan pada Jalan Raya Tlogomas yaitu depan Terminal Landungsari pada tanggal 18 September 2017 pada pukul 13.29 WIB. Pada titik ini dilakukan pengambilan sampel udara ambien. Pengambilan dilakukan pada siang hari setelah istirahat. Pengambilan sampel dilakukan bersama dengan pihak Perum Jasa Tirta (PJT) karena pengambilan sampel hanya dilakukan oleh pihak PJT. Selain dilakukan pengambilan sampel, di lokasi ini juga dilakukan *counting*, yaitu perhitungan kendaraan bermotor (motor, mobil, bus, dan truk) dengan menggunakan aplikasi pada *handphone*. Pengambilan sampel dan *counting* dilakukan selama 1 jam. Lebar jalan pada jalan ini sebesar 4,5 m.

Titik kedua dilakukan pada Jalan Raya Malang-Gempol yaitu tepatnya di depan jalan masuk ke Hotel Harris Malang. Titik kedua sama seperti titik pertama, dilakukan pengambilan sampel udara ambien. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 19 September 2017 pada pukul 08.40-09.40 WIB. Selain dilakukan *sampling* juga dilakukan *counting* kendaraan bermotor. *Sampling*

dan *counting* dilakukan selama 1 jam. Lebar jalan pada jalan ini sebesar 4,7 m.

Titik ketiga dilakukan pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo yaitu tepatnya pada pertigaan Yayasan Gotong Royong. Titik ketiga hanya dilakukan *counting* kendaraan bermotor saja. Pengambilan sampel udara ambien hanya dilakukan pada titik pertama dan kedua. *Counting* dilakukan pada tanggal 20 September 2017 pada pukul 07.25 WIB. Lebar jalan pada jalan ini sebesar 4,6 m.

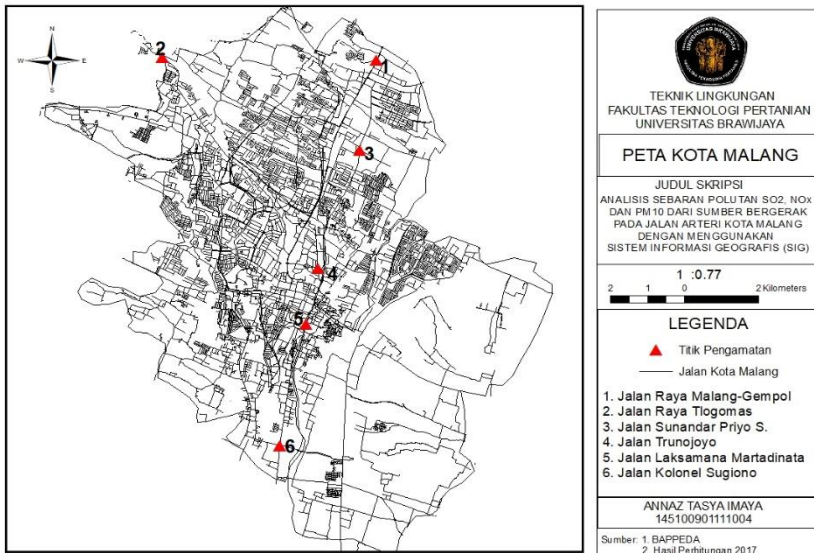
Titik keempat dilakukan pada Jalan Trunojoyo yaitu tepatnya depan Stasiun Kota Baru Malang. Titik keempat hanya dilakukan *counting* kendaraan bermotor saja. *Counting* dilakukan pada tanggal 20 September 2017 pada pukul 07.25 WIB bersamaan dengan titik ketiga. Lebar jalan pada jalan ini sebesar 3,84 m.

Titik kelima dilakukan pada Jalan Laksamana Martadinata yaitu tepatnya sebelum flyover kota lama. Titik kelima hanya dilakukan *counting* kendaraan bermotor saja. *Counting* dilakukan pada tanggal 21 September 2017 pada pukul 08.30 WIB. Lebar jalan pada jalan ini sebesar 4,8 m.

Titik keenam dilakukan pada Jalan Kolonel Sugiono yaitu tepatnya di depan Terminal Gadang. Titik keenam hanya dilakukan *counting* kendaraan bermotor saja. *Counting* dilakukan pada tanggal 21 September 2017 pada pukul 08.30 WIB. Lebar jalan pada jalan ini sebesar 4,44 m.

### 3.1.2 Waktu Pelaksanaan

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan September tepatnya pada tanggal 18 September 2017 (pukul 13.29 WIB) dan 19 September 2017 (pukul 08.40 WIB). Pengambilan sampel dilakukan bersamaan dengan *counting* kendaraan. Sedangkan untuk *counting* kendaraan saja dilakukan pada tanggal 20 September 2017 (pukul 07.25) dan 21 September 2017 (pukul 08.30). Waktu pengambilan sampel dan *counting* kendaraan bermotor dilakukan selama 1 jam. Titik pengamatan dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Titik Pengamatan

### 3.2 Alat dan Bahan

Setiap tahapan penelitian diperlukan peralatan-peralatan untuk menunjang agar proses penelitian berjalan lancar.

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat yang digunakan untuk pengambilan sampel dan *traffic counting* antara lain:

- a. GPS (*Global Positioning System*) : untuk mengetahui koordinat titik survey.
- b. Impinger : alat yang digunakan untuk mengambil sampel udara ambien parameter  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$ . Impinger ini merupakan suatu rangkaian alat sampling udara yang terdiri dari beberapa bagian yaitu:
  - Pompa vakum : dibuat dengan system vibrasi ganda yang tahan korosi, memiliki kecepatan hisap stabil dan dapat diatur dengan potensiometer.
  - Tabung impinger : tempat reaksi antara kontaminan udara dengan larutan penangkap. Dapat lebih dari satu tabung.
  - *Moisture adsorber* : tabung berisi bahan penyerap uap air (desikan) untuk melindungi pompa dari korosi.
  - *Flowmeter* : alat pengukur kecepatan aliran udara dengan metode *bubble flow*.
- c. *Dust Sampler* : rangkaian alat yang digunakan untuk pengambilan sampel udara ambien parameter  $\text{PM}_{10}$ .
- d. Timer/stopwatch : untuk membantu perhitungan jumlah kendaraan bermotor yang melintas selama 1 jam.
- e. Alat tulis : untuk melakukan pencatatan.
- f. Kamera : sebagai alat dokumentasi selama penelitian berlangsung.
- g. Masker dan topi : sebagai pelindung.

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam menunjang pelaksanaan penelitian antara lain:

- a. Peta Kota Malang : untuk mengetahui patokan area yang akan diteliti.
- b. Software Surfer 11 : untuk memvisualisasikan sebaran polutan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan  $\text{PM}_{10}$  dari kendaraan bermotor di Kota Malang.
- c. Hasil pengujian kualitas udara Kota Malang kendaraan bermotor dari BLH Kota Malang dan penelitian terlebih dahulu. Data ini digunakan untuk validasi hasil pemetaan.

### 3.3 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan analisis spasial dan metode deskriptif kuantitatif. Analisis spasial digunakan untuk mengetahui sebaran emisi  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  pada area jalan arteri Kota Malang dan mengetahui konsentrasi emisi tertinggi di area tersebut dengan menggunakan software berupa Surfer 11. Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk menggambarkan konsentrasi  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  yang terdapat pada area penelitian berdasarkan sumber pencemarnya yaitu kendaraan bermotor.

### 3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini meliputi tahap pengambilan sampel, tahap pengumpulan data dan tahap pengolahan data. Penjelasan tiap tahap pelaksanaan penelitian sebagai berikut.

#### 3.4.1 Tahap Pengambilan Sampel

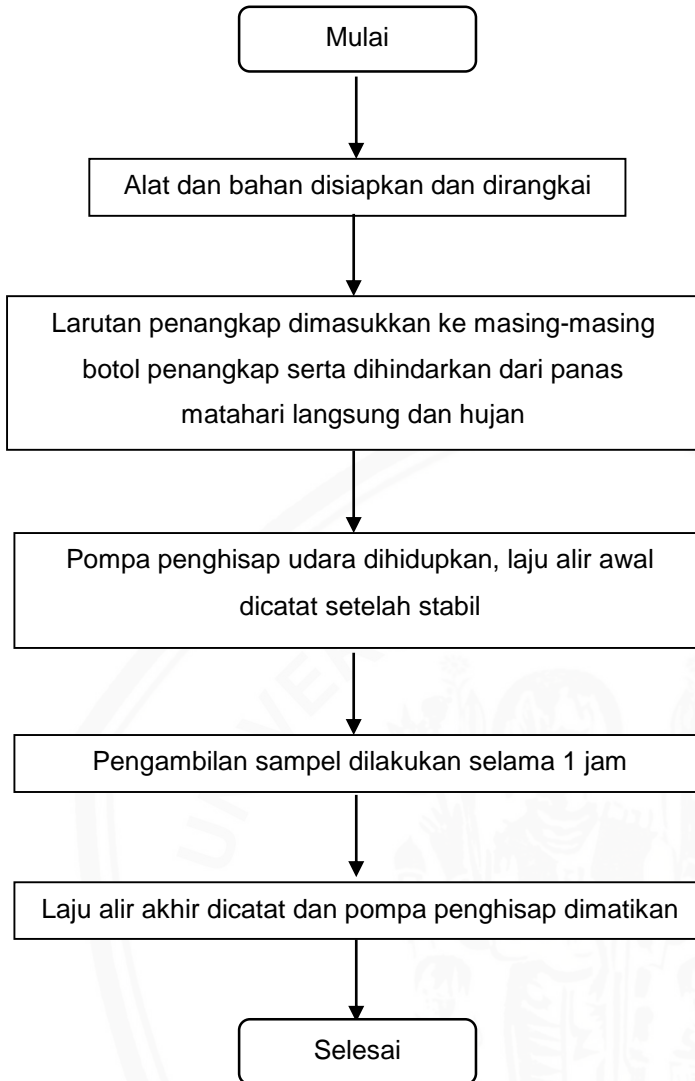
Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di 2 titik yaitu Perbatasan Utara Kota Malang dan Terminal Landungsari. Pemilihan titik pengambilan sampel ini berdasarkan pada kepadatan lalu lintas yang terjadi pada jalan arteri yang ada di Kota Malang. Parameter yang akan diamati yaitu  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan  $\text{PM}_{10}$ . Alat yang digunakan dalam sampling udara ini adalah impinger. Impinger ini memiliki botol yang berisi larutan

penangka. Larutan penangkap ini yang akan bereaksi dengan gas-gas kontaminan untuk selanjutnya dilakukan analisa di laboratorium. Sedangkan untuk parameter PM10 menggunakan alat *Dust Sampler*.



1. Pengambilan Sampel Ambien SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>

Proses pelaksanaan pengambilan sampel SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> pada udara ambien dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

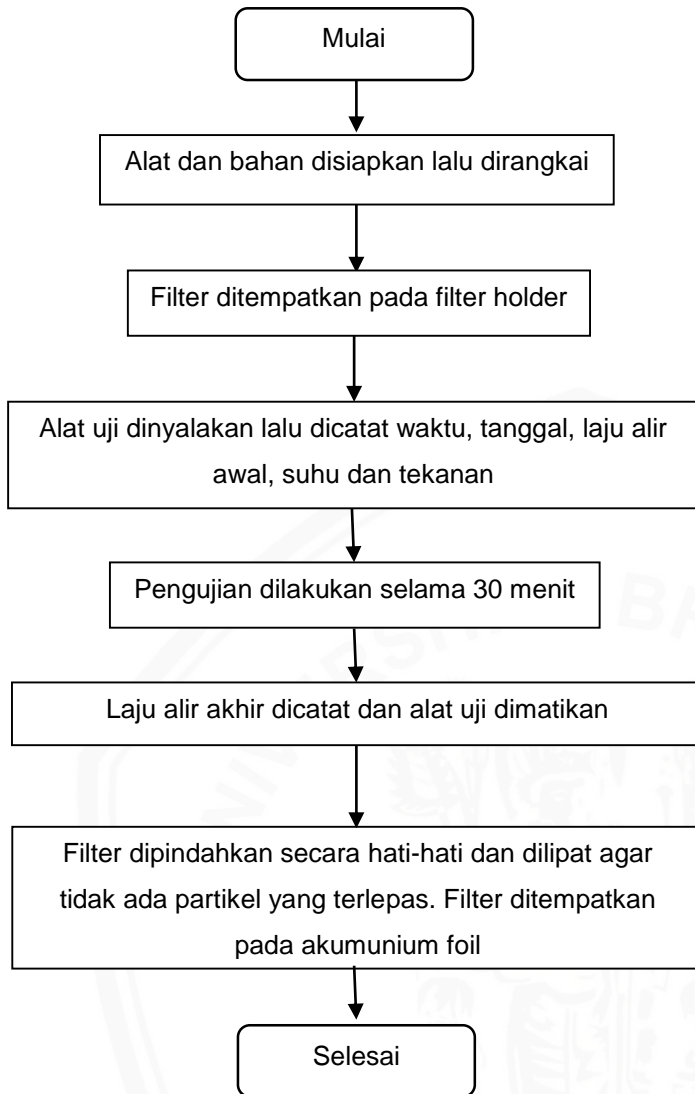


**Gambar 3.2** Pengambilan Sampel Ambien SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>



## 2. Pengambilan Sampel Ambien PM10

Proses pelaksanaan pengambilan sampel ambien PM10 dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3** Pengambilan Sampel Ambien PM10

### 3.4.2 Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung oleh peneliti dengan melakukan perhitungan jumlah kendaraan (*traffic counting*) pada 6 titik padat lalu lintas di saat jam puncak (07.00-14.00) diantara hari kerja (Senin-Jum'at). Selain itu, dilakukan pengukuran kadar SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan PM10 pada 2 titik di saat jam puncak dan hari kerja yang selanjutnya akan dianalisis oleh laboratorium. Hasil analisis ini akan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan data *traffic counting*. Data sekunder merupakan data yang digunakan sebagai pendukung dalam melakukan analisis penelitian yaitu Peta Kota Malang yang terdapat nama jalan dan hasil pengujian kualitas udara ambien kendaraan bermotor dari BLH Kota Malang dan penelitian terlebih dahulu.

### 3.4.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan bagian dari tahap penelitian dimana pada tahap ini dilakukan pembahasan dan pemecahan masalah dari data yang telah didapatkan. Pada tahap ini terdiri dari perhitungan dan pembuatan peta dengan data-data yang ada. Tahap perhitungan terdiri dari beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1) Perhitungan laju emisi (Q)

Perhitungan laju emisi dapat dilihat pada persamaan (1) dan untuk factor emisi dapat dilihat pada **Tabel 3.1** sebagai berikut:

$$Q = \frac{FE \times V}{t} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- Q = laju emisi (µg/m.s)
- FE = factor emisi kendaraan (g/km)
- V = volume kendaraan (unit/jam)
- t = lama waktu pengamatan (jam)

**Tabel 3.1** Faktor Emisi Gas Buang Kendaran Bermotor di Indonesia

Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara	CO	HC	NO	PM10	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/kg BBM)	(g/km)
Sepeda motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil (bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil (solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber: PERMEN LH No.12 Tahun 2010

2) Penentuan konsentrasi polutan (C)

Setelah dilakukan perhitungan laju emisi (Q), kemudian dilakukan perhitungan konsentrasi (C). Perhitungan konsentrasi ini terdiri dari beberapa tahap yaitu:

a. Penentuan stabilitas atmosfer

Dibutuhkan beberapa data untuk menentukan stabilitas atmosfer pada suatu titik pengamatan. Data-data yang dimaksud seperti penyinaran matahari dan kecepatan angin. Dari data tersebut nantinya akan dapat menentukan kelas stabilitas atmosfer. Kelas stabilitas atmosfer dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Kelas Stabilitas Atmosfer

Kecepatan Angin (m/s)	Pagi/Siang Intensitas Sinar Matahari			Malam Keadaan Awan	
	Kuat	Sedang	Lemah	Berawan $\geq 4/8$	Cerah $\leq 3/8$
<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: Turner (1970) dalam Cooper dan Alley (1994)

- b. Perhitungan parameter dispersi ( $\sigma$ )  
 Parameter dispersi dibagi menjadi dua, yaitu parameter disperse horizontal ( $\sigma_y$ ) dan parameter disperse vertical ( $\sigma_z$ ).  
 Persamaan rumus dispersi horizontal ( $\sigma_y$ ) dan disperse vertical ( $\sigma_z$ ) dapat dilihat pada persamaan (2) dan (3).  
 Konstanta untuk parameter disperse dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

$$\sigma_y = ax^b \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_z = cx^b + f \dots\dots\dots(3)$$

**Tabel 3.3** Konstanta Untuk Parameter Dispersi

Stabilitas	a	b	x < 1 km			x > 1 km		
			c	d	f	c	d	f
A	213	0.894	440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	-
B	156	0.894	106.6	1.149	3.3	108.2	1.098	9.6
C	104	0.894	61.0	0.911	0	61.0	0.911	2.0
D	68	0.894	33.2	0.725	-1.7	44.5	0.516	-13
E	50.5	0.894	22.8	0.678	-1.3	55.4	0.305	-34
F	34	0.894	14.35	0.740	-0.3	62.6	0.180	-48

Sumber: Martin (1976) dalam Cooper (2015)

- c. Perhitungan B dan G  
 Nilai  $B_1$  dan  $B_2$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$B_1 = \frac{y_1}{\sigma_y} \quad \text{dan} \quad B_2 = \frac{y_2}{\sigma_y} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

$y_1$  dan  $y_2$  adalah jarak reseptor dalam satu segmen jalan (km).

Untuk nilai G didapatkan dengan melihat nilai B pada tabel. Melihat nilai G dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

- d. Perhitungan K  
 K disini merupakan konstanta. Perhitungan K dapat dilihat pada persamaan (5).

$$K = \frac{Q}{u\sigma_z} \left\{ \exp\left(\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\} \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

Q = laju emisi (µg/m.s)

u = kecepatan angin pada titik x (m/s)

$\sigma_z$  = parameter disperse vertical pada distribusi z (m)

z = posisi arah z dalam koordinat kartesius (m)

H = ketinggian efektif sumber emisi (m)

z bernilai 0 dan H bernilai 2 m. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri No. 12 Tahun 2010 pada Lampiran VI yaitu Pedoman Teknis Pemantauan Kualitas Udara Ambien, ketinggian sampling dari permukaan tanah untuk partikel dan gas minimal 2 m.

e. Perhitungan konsentrasi (C)

Konsentrasi polutan didapatkan dengan menggunakan persamaan (6).

$$C = \frac{K}{\sqrt{2\pi}} [G_2 - G_1] \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

C = konsentrasi polutan (µg/Nm<sup>3</sup>)

K = konstanta

G<sub>1</sub> dan G<sub>2</sub> = fungsi distribusi Gaussian

3) Uji Validasi

Uji validasi dilakukan guna untuk mengetahui apakah fungsi model sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan atau tidak. Pada penelitian ini menggunakan metode *Root Mean Square Percent Error* (RMSPE). RMSPE dapat mengukur rata-rata presentase perbedaan antara data actual dan hasil pemodelan. Rumus RMSPE dapat dilihat pada persamaan (7).

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} [\sum_{n=1}^n (\frac{St-At}{At})^2]} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

RMSPE = *Root Mean Square Percent Error*

St = Nilai simulasi/model pada waktu t

At = Nilai actual pada waktu t

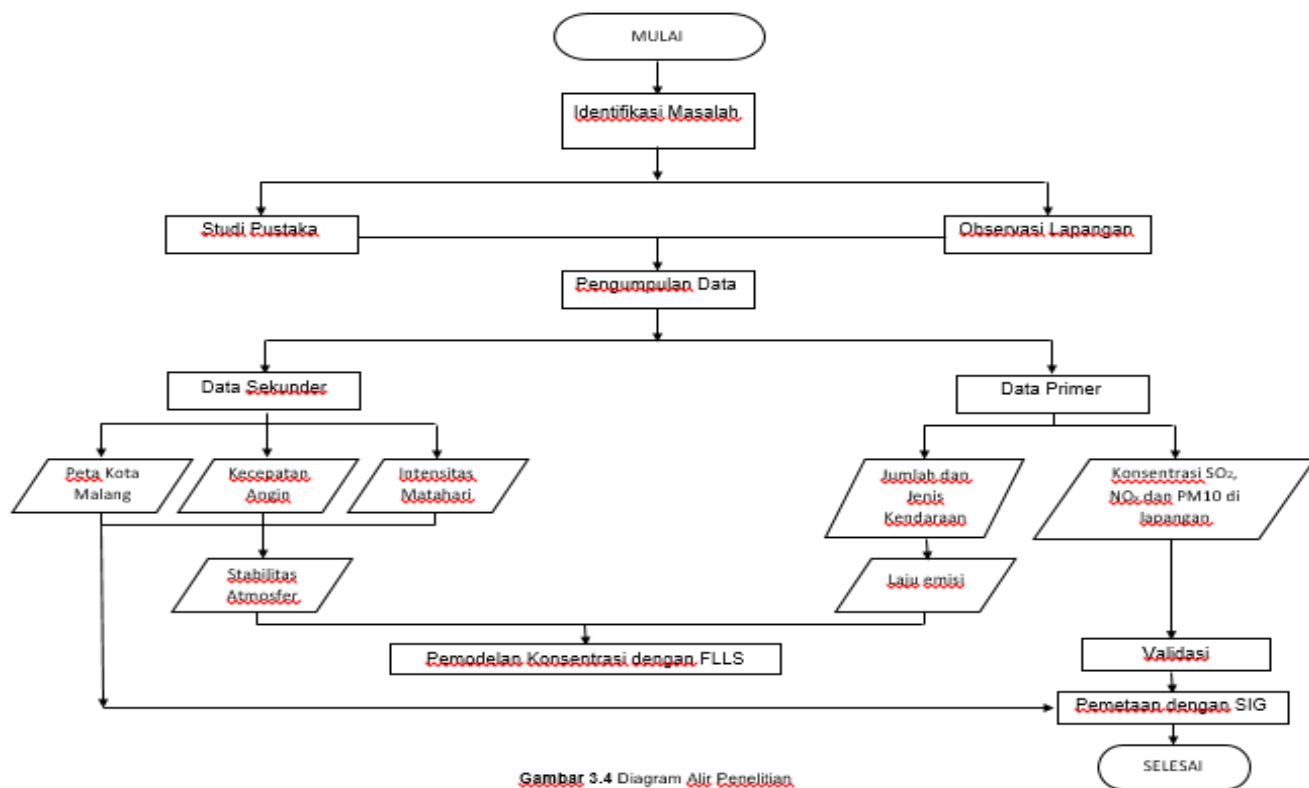
n = Jumlah pengamatan (t= 1,2,.....,n)

4) Analisis Spasial dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Hasil konsentrasi yang didapatkan dari perhitungan dan koordinat dari setiap titik pengamatan dipetakan ke dalam aplikasi Surfer. Dengan meng-*overlay* dengan peta jalan Kota Malang dan peta kontur akan didapatkan peta persebaran polutan dari sumber transportasi pada Kota Malang. Analisis ini dapat mengetahui jalan mana yang terkena dampak pencemaran dari sumber transportasi. Aplikasi Surfer yang digunakan adalah tipe Surfer 11 yang didapat dari *Environmental System Research Institute* (ESRI).

**3.5 Diagram Alir Penelitian**

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan yang dapat dilihat dalam diagram alir pada **Gambar 3.4**.

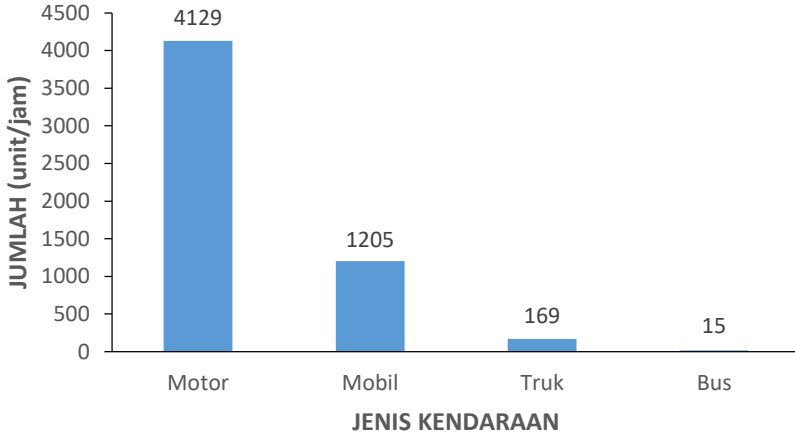


Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kepadatan Lalu Lintas Lokasi Penelitian

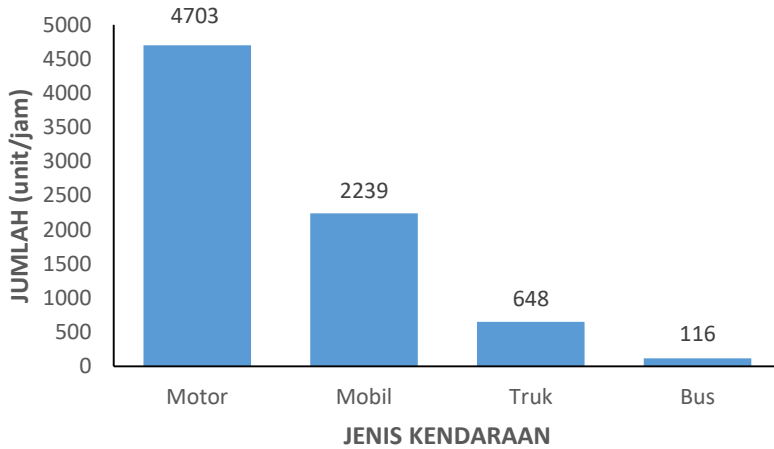
Kepadatan lalu lintas pada Jalan Raya Tlogomas dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1** Kepadatan Lalu Lintas Jalan Raya Tlogomas

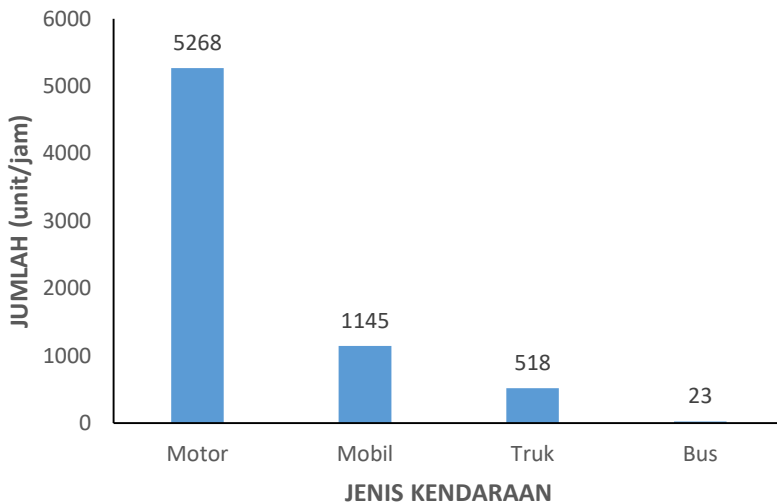
Lokasi pertama yang dilakukan pengamatan pada Jalan Raya Tlogomas pada hari Senin, 18 September 2017 pukul 13.29-14.29 WIB. Pengamatan dilakukan tepat di tepi jalan depan Terminal Landungsari. Pengamatan ini berupa perhitungan (*counting*) kendaraan yang melewati jalan ini. Total jumlah kendaraan yang melewati jalan ini sebesar 5.518 unit/jam, dengan rincian sebagai berikut: motor sebanyak 4.129 unit/jam, mobil sebanyak 1.205 unit/jam, truk sebanyak 169 unit/jam, dan bus sebanyak 15 unit/jam. Padatnya lalu lintas pada jalan ini disebabkan karena adanya terminal angkutan umum, rumah sakit dan juga dekat dengan Universitas Muhammadiyah Malang (UMM). Volume lalu lintas pada Jalan Raya Malang-Gempol dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.





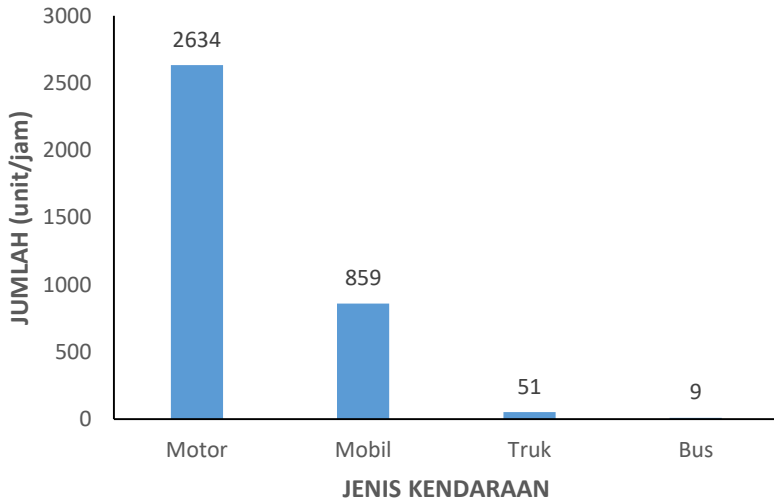
**Gambar 4.2** Kepadatan Lalu Lintas Jalan Raya Malang-Gempol

Lokasi pengamatan kedua dilakukan pada Jalan Raya Malang-Gempol pada hari Selasa, 19 September 2017 pukul 08.40-09.40 WIB. Pengamatan dilakukan tepat pada tepi jalan di depan gang masuk Hotel Harris Malang. Total jumlah kendaraan yang melewati jalan ini sebesar 7.706 unit/jam, dengan rincian sebagai berikut: motor sebanyak 4.703 unit/jam, mobil sebanyak 2.239 unit/jam, truk sebanyak 648 unit/jam, dan bus sebanyak 116 unit/jam. Padatnya lalu lintas pada area ini disebabkan karena jalan ini merupakan jalan penghubung Kota Malang dengan kota lainnya di Provinsi Jawa Timur. Volume lalu lintas pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



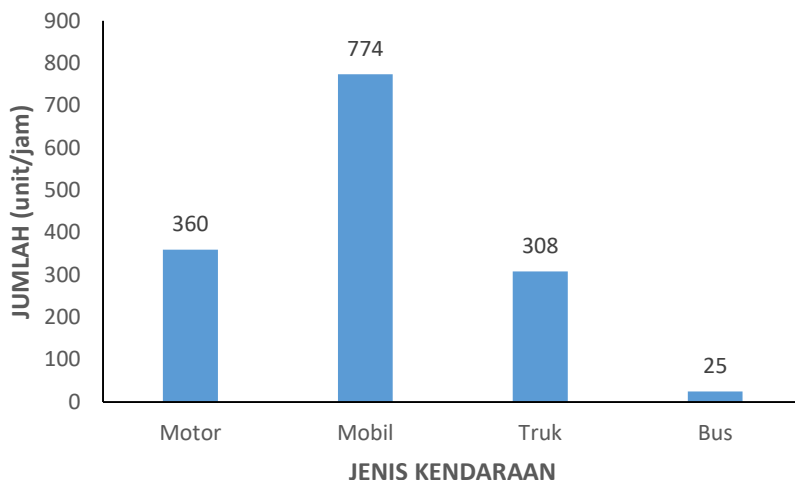
**Gambar 4.3** Kepadatan Lalu Lintas Jalan Sunandar Priyo Kusumo

Lokasi pengamatan ketiga dilakukan pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo pada hari Rabu, 20 September 2017 pukul 07.25-08.25 WIB. Pengamatan dilakukan tepat pada tepi jalan raya depan Taman Gotong Royong. Total jumlah kendaraan pada jalan ini sebesar 6.954 unit/jam, dengan rincian sebagai berikut: motor sebanyak 5.268 unit/jam, mobil sebanyak 1.145 unit/jam, truk sebanyak 518 unit/jam, dan bus sebanyak 23 unit/jam. Padatnya lalu lintas di area ini disebabkan karena jalan ini menghubungkan ke terminal bus Arjosari dan juga disekitar area terdapat banyak kantor. Volume lalu lintas Jalan Trunojoyo dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



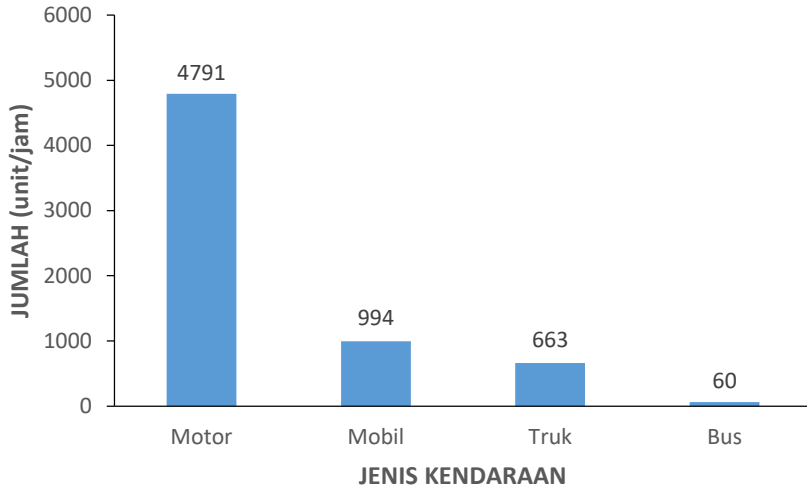
**Gambar 4.4** Kepadatan Lalu Lintas Jalan Trunojoyo

Lokasi pengamatan keempat dilakukan pada Jalan Trunojoyo pada hari Rabu, 20 September 2017 pukul 07.25-08.25 WIB. Pengamatan pada area ini dilakukan secara bersamaan dengan Jalan Sunandar Priyo Sudarmo. Pengamatan dilakukan tepat pada tepi jalan raya depan Stasiun Malang Kota Baru dan depan Taman Trunojoyo. Total jumlah kendaraan pada jalan ini sebesar 3.553 unit/jam, dengan rincian sebagai berikut: motor sebanyak 2.634 unit/jam, mobil sebanyak 859 unit/jam, truk sebanyak 51 unit/jam, dan bus sebanyak 9 unit/jam. Padatnya lalu lintas pada area ini disebabkan karena banyaknya pengendara menuju stasiun kereta, dan area ini pula dekat dengan area pendidikan dan ruko (rumah dan toko). Volume lalu lintas Jalan Laksamana Martadinata dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Kepadatan Lalu Lintas Jalan Laksamana Martadinata

Lokasi pengamatan kelima dilakukan pada Jalan Laksamana Martadinata pada hari Kamis, 21 September 2017 pukul 08.30-09.30 WIB. Pengamatan dilakukan tepat pada tepi jalan sebelum Flyover Malang Kota Lama. Total jumlah kendaraan pada jalan ini sebesar 1.467 unit/jam, dengan rincian sebagai berikut: motor sebanyak 360 unit/jam, mobil sebanyak 774 unit/jam, truk sebanyak 308 unit/jam, dan bus sebanyak 25 unit/jam. Volume lalu lintas pada area ini tidak sebanyak area penelitian lainnya. Volume lalu lintas Jalan Kolonel Sugiono dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Kepadatan Lalu Lintas Jalan Kolonel Sugiono

Lokasi pengamatan keenam dilakukan pada Jalan Kolonel Sugiono pada hari Kamis, 21 September 2017 pukul 08.30-09.30 WIB. Pengamatan dilakukan tepat pada tepi jalan depan Terminal Gadang. Total jumlah kendaraan pada jalan ini sebesar 6.508 unit/jam, dengan rincian sebagai berikut: motor sebanyak 4.791 unit/jam, mobil sebanyak 994 unit/jam, truk sebanyak 663 unit/jam, dan bus sebanyak 60 unit/jam. Padatnya lalu lintas pada area ini disebabkan karena adanya terminal angkutan umum, pasar, dan jalan ini merupakan jalan penghubung menuju Kabupaten Malang.

## 4.2 Laju Emisi $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_x$ dan $\text{PM}_{10}$

### 4.2.1 Laju Emisi $\text{SO}_2$

Faktor emisi untuk parameter  $\text{SO}_2$  dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan laju emisi  $\text{SO}_2$  untuk setiap area pengamatan dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.1** Faktor Emisi Parameter SO<sub>2</sub>

Kendaraan Bermotor	SO <sub>2</sub> (g/km)
Sepeda motor	0,008
Mobil	0,11
Bus	0,93
Truk	0,82

Sumber: PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

Setiap kendaraan memiliki faktor emisi yang berbeda-beda. Tabel diatas telah menjelaskan masing-masing factor emisi dari kendaraan bermotor. Faktor emisi tertinggi pada parameter SO<sub>2</sub> adalah bus dengan nilai 0,93 g/km dan factor emisi terendah yaitu sepeda motor senilai 0,008 g/km.

**Tabel 4.2** Laju Emisi (Q) Parameter SO<sub>2</sub>

Lokasi Pengamatan	Laju Emisi (Q) (µg/m.s)
Jalan Raya Tlogomas	88,364
Jalan Raya Malang-Gempol	256,432
Jalan Sunandar Priyo Sudarmo	170,623
Jalan Trunojoyo	46,042
Jalan Laksamana Martadinata	101,064
Jalan Kolonel Sugiono	207,536

Sumber : Data Perhitungan (2018)

Laju emisi terbesar untuk parameter SO<sub>2</sub> terjadi pada Jalan Raya Malang-Gempol sebesar 256,432 µg/m.s. Emisi SO<sub>2</sub> terbesar pada area ini disumbangkan oleh truk hingga mencapai 57,6%; hal ini disebabkan karena area ini merupakan jalan yang menghubungkan kota Malang dengan kota lainnya, sehingga banyaknya truk dengan beban berat yang melewati jalan ini. Menurut Romon *et.al* (2015) menyatakan bahwa hasil

perhitungan debit emisi sangat dipengaruhi oleh kepadatan kendaraan dan kecepatan kendaraan. Semakin besar volume kendaraan, semakin tinggi nilai debit emisi yang dihasilkan. Sedangkan, emisi SO<sub>2</sub> yang terkecil terjadi pada Jalan Trunojoyo sebesar 46,042 µg/m.s, dengan sumbangan emisi SO<sub>2</sub> terbesar oleh kendaraan mobil sebesar 57%.

#### 4.2.2 Laju Emisi NO<sub>x</sub>

Faktor emisi untuk parameter NO<sub>x</sub> dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dan laju emisi NO<sub>x</sub> untuk setiap area pengamatan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

**Tabel 4.3** Faktor Emisi Parameter NO<sub>x</sub>

Kendaraan Bermotor	NO <sub>x</sub> (g/km)
Sepeda motor	0,29
Mobil	2,3
Bus	11,9
Truk	17,7

Sumber: PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

Setiap kendaraan memiliki faktor emisi yang berbeda-beda. Tabel diatas telah menjelaskan masing-masing factor emisi dari kendaraan bermotor. Faktor emisi tertinggi pada parameter NO<sub>2</sub> adalah truk dengan nilai 17,7 g/km dan faktor emisi terendah yaitu sepeda motor senilai 0,29 g/km.

**Tabel 4.4** Laju Emisi Parameter NO<sub>x</sub>

Lokasi Pengamatan	Laju Emisi (Q) (µg/m.s)
Jalan Raya Tlogomas	1.982,975
Jalan Raya Malang-Gempol	5.378,769
Jalan Sunandar Priyo Sudarmo	3.778,756
Jalan Trunojoyo	1.041,489
Jalan Laksamana Martadinata	2.120,472
Jalan Kolonel Sugiono	4.489,081

Sumber : Data Perhitungan (2018)

Laju emisi terbesar terjadi pada Jalan Raya Malang-Gempol yaitu 5.378,769  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emisi  $\text{NO}_x$  terbesar disumbangkan oleh transportasi jenis truk, yaitu sebesar 59,24%. Sedangkan laju emisi terendah terjadi pada Jalan Trunojoyo yaitu 1.041,489  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan emisi terbesar disumbangkan oleh mobil dengan nilai mencapai 52,7%. Menurut Maulana (2012), pemakaian bahan bakar serta jarak tempuh dari setiap jenis kendaraan akan mempengaruhi beban emisi. Massa jenis solar lebih berat dibandingkan dengan bensin yang akan mempengaruhi hasil perhitungan beban emisi.

Radytia (2011) menyatakan bahwa kendaraan bermesin diesel memiliki kontribusi lebih besar terhadap konsentrasi  $\text{NO}_x$  di udara ambien dibandingkan dengan kendaraan bermesin bensin. Hal ini juga diperkuat oleh Merker (2009) dalam Radytia (2011) bahwa  $\text{NO}_x$  banyak terbentuk pada pembakaran di mesin diesel disebabkan karena kompresi yang tinggi, mesin diesel juga memiliki campuran yang kurus (*lean-mixture*). Campuran yang dimaksud adalah campuran antara bahan bakar dan udara di dalam mesin. Semakin banyak jumlah udara di dalam mesin akan menyebabkan jumlah  $\text{NO}_x$  yang diemisikan semakin banyak pula.

#### 4.2.3 Laju Emisi PM10

Laju emisi PM10 didapatkan dengan cara mengalikan jumlah kendaraan dengan factor emisi dari PM10, kemudian mengalikan dengan lama waktu pengamatan, yaitu selama 1 jam. Factor emisi untuk parameter PM10 dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan laju emisi untuk parameter PM10 dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.



**Tabel 4.5** Faktor Emisi Parameter PM10

Kendaraan Bermotor	PM <sub>10</sub> (g/km)
Sepeda motor	0,24
Mobil	0,12
Bus	1,4
Truk	1,4

Sumber: PERMEN LH No. 12 Tahun 2010

Setiap kendaraan memiliki faktor emisi yang berbeda-beda. Tabel diatas telah menjelaskan masing-masing factor emisi dari kendaraan bermotor. Faktor emisi tertinggi pada parameter PM10 adalah truk dan bus dengan nilai 1,4 g/km dan factor emisi terendah yaitu sepeda mobil senilai 0,12 g/km.

**Tabel 4.6** Laju Emisi Parameter PM10

Lokasi Pengamatan	Laju Emisi (Q) ( $\mu\text{g}/\text{m.s}$ )
Jalan Raya Tlogomas	386,989
Jalan Raya Malang-Gempol	685,278
Jalan Sunandar Priyo Sudarmo	599,756
Jalan Trunojoyo	227,567
Jalan Laksamana Martadinata	179,3
Jalan Kolonel Sugiono	633,7

Sumber : Data Perhitungan (2018)

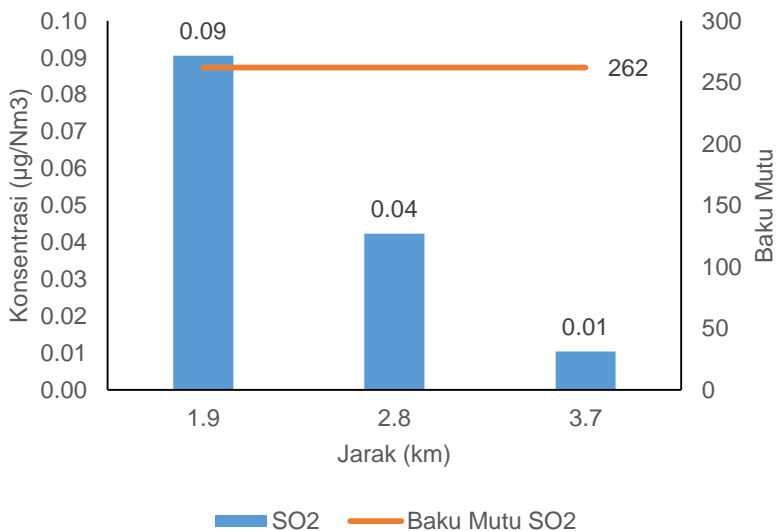
Laju emisi PM10 terbesar terjadi pada Jalan Raya Malang-Gempol sebesar 685,278  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Emisi partikulat terbesar dihasilkan oleh transportasi jenis mobil dengan presentase sebesar 45,75%. Sedangkan laju emisi PM10 terkecil pada Jalan Laksamana Martadinata yaitu 179,3  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ; dimana truk merupakan transportasi penyumbang polutan ini terbesar dengan presentase mencapai 66,8%. Perbedaan laju emisi untuk setiap jalan disebabkan karena perbedaan jumlah kendaraan dan factor emisi dari masing-masing kendaraan. Walaupun jumlah motor di setiap jalan lebih banyak dibandingkan jumlah truk,

tetapi truk menyumbangkan emisi terbanyak pada udara ambien, hal ini disebabkan karena factor emisi truk lebih besar dibandingkan dengan factor emisi dari motor. Hal ini sejalan dengan penelitian Maulana *et.al* (2013), konsentrasi PM10 dikatakan rendah walaupun jumlah kendaraan disuatu titik berjumlah lebih besar dibandingkan di titik lainnya dikarenakan factor emisi dari kendaraan tersebut kecil.

#### 4.3 Analisa Hasil Pemodelan FLLS (*Finite Length Line Source*)

*Finite length line source* (FLLS) atau sumber garis jalan yang terbatas dinilai jauh lebih baik daripada sumber garis pada jalan yang tak terbatas. Dengan beranggapan adanya angin/badai yang bertiup tegak lurus terhadap jalan, maka dipergunakan koefisien disperse sebagai titik ukur pengambilan sampel. Koefisien disperse merupakan garis lengkung Gauss yang dinyatakan berdasarkan factor kestabilan cuaca dan panjang jarak pemaparan (Maulana, 2012).

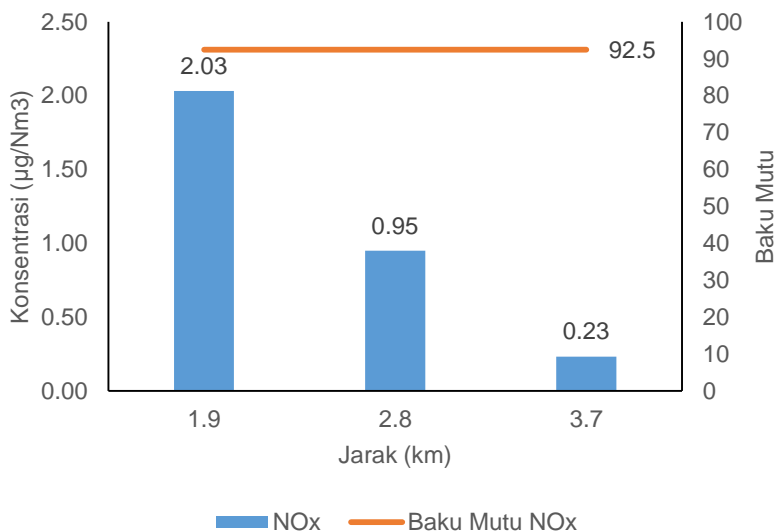
Hasil dari pemodelan FLLS didapatkan dari data laju emisi (Q) dan kondisi meteorology dari area pengamatan. Data ini sebagai input yang akan diolah dengan menggunakan *software Ms. Excel*. Konsentrasi yang dihitung pada setiap area pengamatan memiliki jarak yang berbeda-beda, bergantung pada percabangan jalan yang terdapat pada area tersebut. Hasil konsentrasi SO<sub>2</sub> pada Jalan Raya Tlogomas dari sumber emisi dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Tlogomas

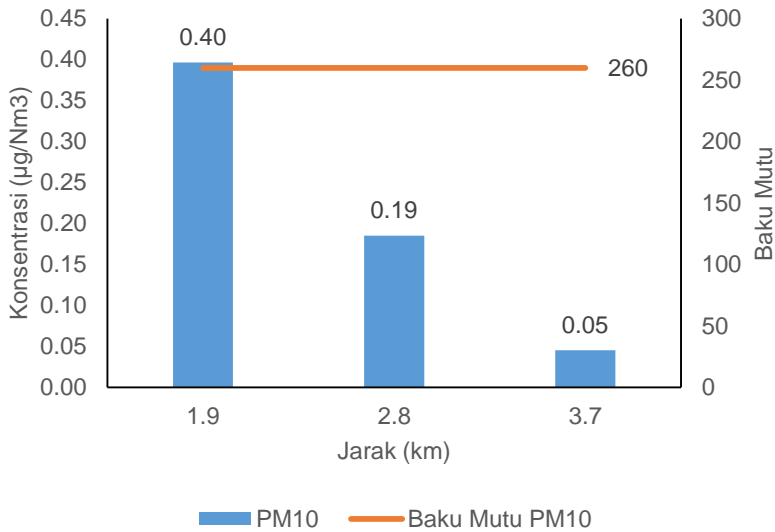
Jarak dispersi yang diambil pada Jalan Raya Tlogomas sejauh 1,9 km, 2,8 km, dan 3,7 km. Pengambilan jarak dispersi ini berdasarkan pada percabangan jalan yang memiliki kemungkinan berubahnya jumlah kendaraan yang terdapat pada jalan tersebut. Jika dilihat pada Gambar 4.7, konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi pada jarak 1,9 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,091 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi terendah pada jarak 3,7 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,010 µg/Nm<sup>3</sup>. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur (Pergub) Jawa Timur No. 10 Tahun 2009, dimana nilai baku mutu SO<sub>2</sub> sebesar 262 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konsentrasi hasil pemodelan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi NO<sub>x</sub> hasil

pemodelan pada Jalan Raya Tlogomas dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



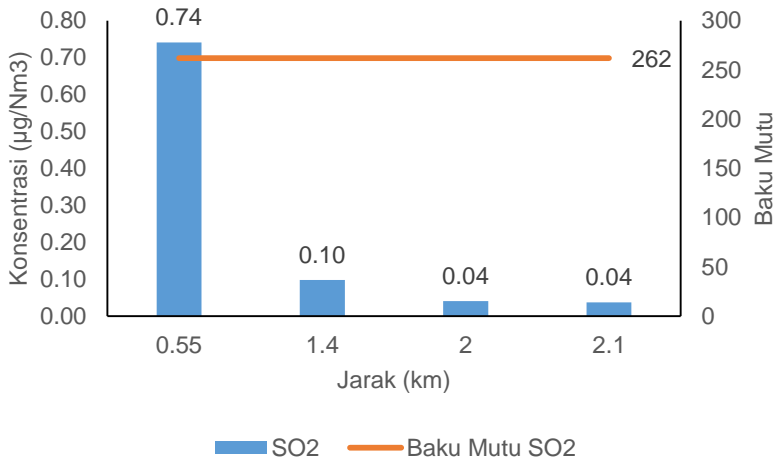
**Gambar 4.8** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Tlogomas

Selain parameter SO<sub>2</sub>, pada parameter NO<sub>x</sub> juga diambil jarak yang sama, yaitu 1,9 km; 2,8 km; dan 3,7 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 1,9 km sebesar 2,032 µg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 3,7 km sebesar 0,232 µg/Nm<sup>3</sup>. Nilai baku mutu untuk parameter NO<sub>x</sub> sebesar 92,5 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman bagi kehidupan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> hasil pemodelan pada Jalan Raya Tlogomas dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



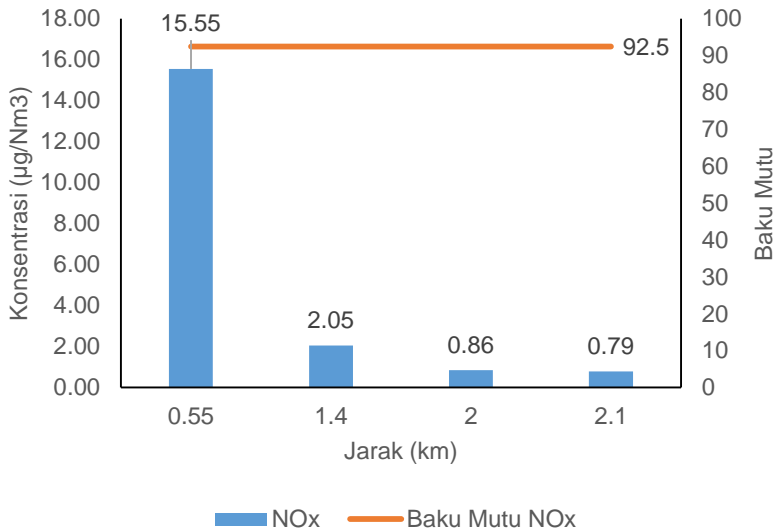
**Gambar 4.9** Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Tlogomas

Selain parameter  $\text{NO}_x$ , pada parameter PM10 juga diambil jarak yang sama, yaitu 1,9 km; 2,8 km; dan 3,7 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 1,9 km sebesar  $0,397 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 3,7 km sebesar  $0,045 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Nilai baku mutu untuk parameter PM10 sebesar  $260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  hasil pemodelan pada Jalan Raya Malang-Gempol dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



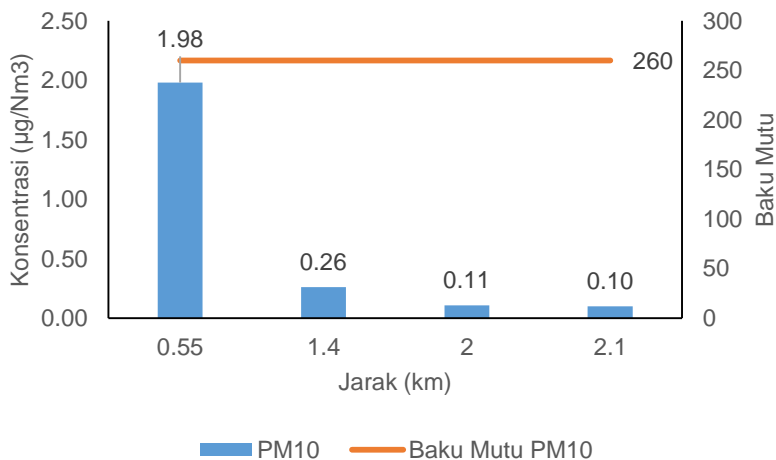
**Gambar 4.10** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Malang-Gempol

Jarak dispersi yang diambil pada Jalan Raya Malang-Gempol sejauh 0,55 km, 1,4 km, 2 km dan 2,1 km. Pengambilan jarak dispersi ini berdasarkan pada percabangan jalan yang memiliki kemungkinan berubahnya jumlah kendaraan yang terdapat pada jalan tersebut. Jika dilihat pada Gambar 4.10, konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi pada jarak 0,55 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,741 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi terendah pada jarak 2,1 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,038 µg/Nm<sup>3</sup>. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur (Pergub) Jawa Timur No. 10 Tahun 2009, dimana nilai baku mutu SO<sub>2</sub> sebesar 262 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konsentrasi hasil pemodelan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi NO<sub>x</sub> hasil pemodelan pada Jalan Raya Malang-Gempol dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Malang-Gempol

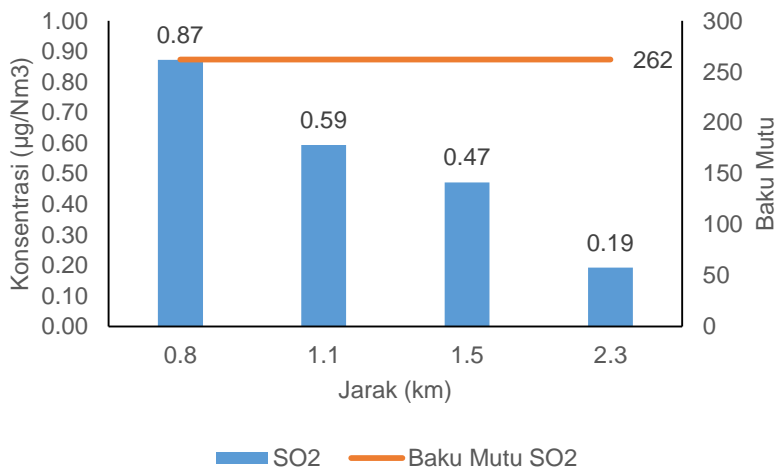
Selain parameter SO<sub>2</sub>, pada parameter NO<sub>x</sub> juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,55 km, 1,4 km, 2 km dan 2,1 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,55 km sebesar 15,547 µg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 2,1 km sebesar 0,791 µg/Nm<sup>3</sup>. Nilai baku mutu untuk parameter NO<sub>x</sub> sebesar 92,5 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman bagi kehidupan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> hasil pemodelan pada Jalan Raya Malang-Gempol dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.12** Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Raya Malang-Gempol

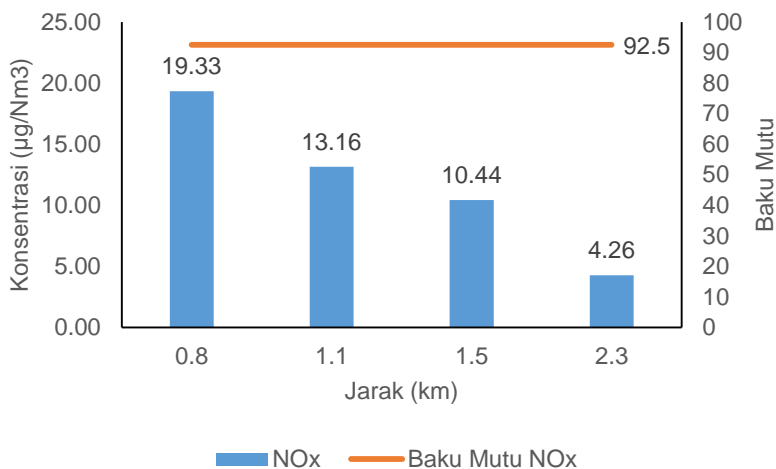
Selain parameter  $\text{NO}_x$ , pada parameter PM10 juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,55 km, 1,4 km, 2 km dan 2,1 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,55 km sebesar  $1,981 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 2,1 km sebesar  $0,101 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Nilai baku mutu untuk parameter PM10 sebesar  $260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  hasil pemodelan pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.





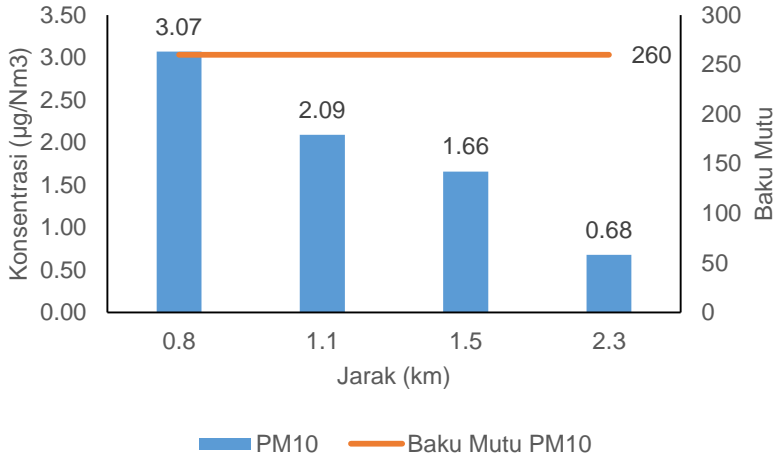
**Gambar 4.13** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo

Jarak dispersi yang diambil pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo sepanjang 0,8 km, 1,1 km, 1,5 km dan 2,3 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,8 km dengan nilai konsentrasi untuk parameter SO<sub>2</sub> sebesar 0,873 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi terendah pada jarak 2,3 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,192 µg/Nm<sup>3</sup>. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur (Pergub) Jawa Timur No. 10 Tahun 2009, dimana nilai baku mutu SO<sub>2</sub> sebesar 262 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konsentrasi hasil pemodelan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi NO<sub>x</sub> hasil pemodelan pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



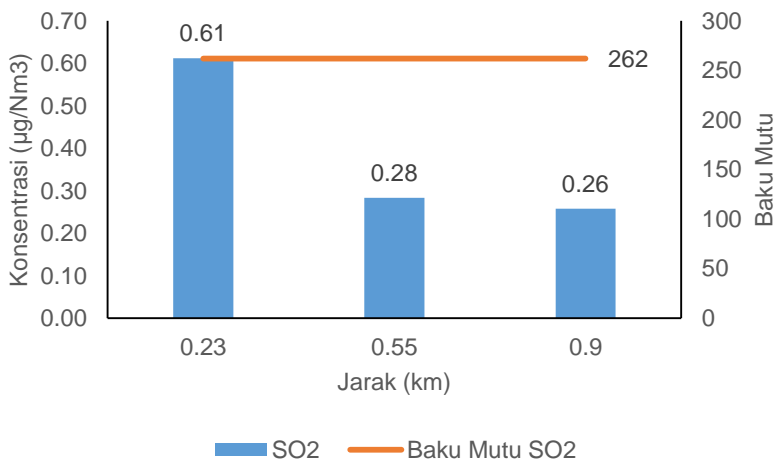
**Gambar 4.14** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo

Selain parameter SO<sub>2</sub>, pada parameter NO<sub>x</sub> juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,8 km, 1,1 km, 1,5 km dan 2,3 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,8 km sebesar 19,329 µg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 2,3 km sebesar 4,261 µg/Nm<sup>3</sup>. Nilai baku mutu untuk parameter NO<sub>x</sub> sebesar 92,5 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa nilai hasil pemodelan pada jalan ini masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman bagi kehidupan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> hasil pemodelan pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



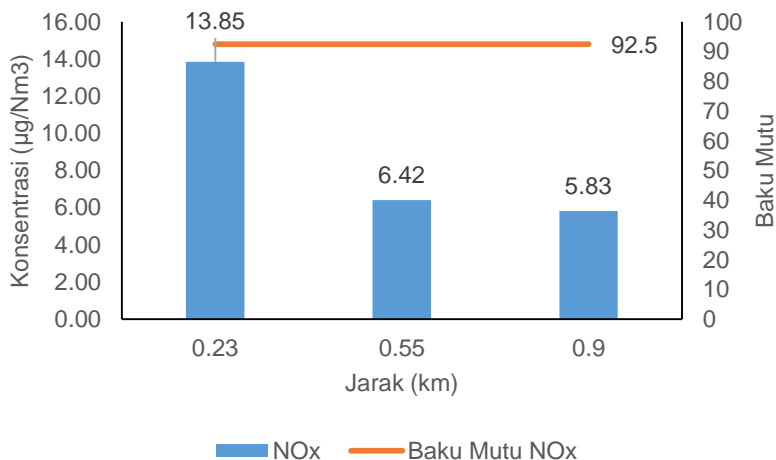
**Gambar 4.15** Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo

Selain parameter  $\text{NO}_x$ , pada parameter PM10 juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,8 km, 1,1 km, 1,5 km dan 2,3 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,8 km sebesar  $3,068 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 2,3 km sebesar  $0,676 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Nilai baku mutu untuk parameter PM10 sebesar  $260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  hasil pemodelan pada Jalan Trunojoyo dapat dilihat pada **Gambar 4.16**.



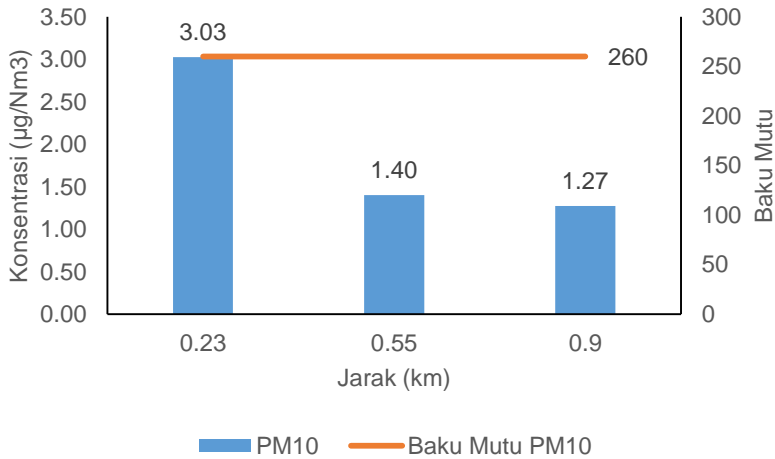
**Gambar 4.16** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Trunojoyo

Jarak dispersi yang diambil pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo sepanjang 0,23 km, 0,55 km dan 0,9 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,23 km dengan nilai konsentrasi untuk parameter SO<sub>2</sub> sebesar 0,612 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi terendah pada jarak 0,9 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,258 µg/Nm<sup>3</sup>. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur (Pergub) Jawa Timur No. 10 Tahun 2009, dimana nilai baku mutu SO<sub>2</sub> sebesar 262 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konsentrasi hasil pemodelan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi NO<sub>x</sub> hasil pemodelan pada Jalan Trunojoyo dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



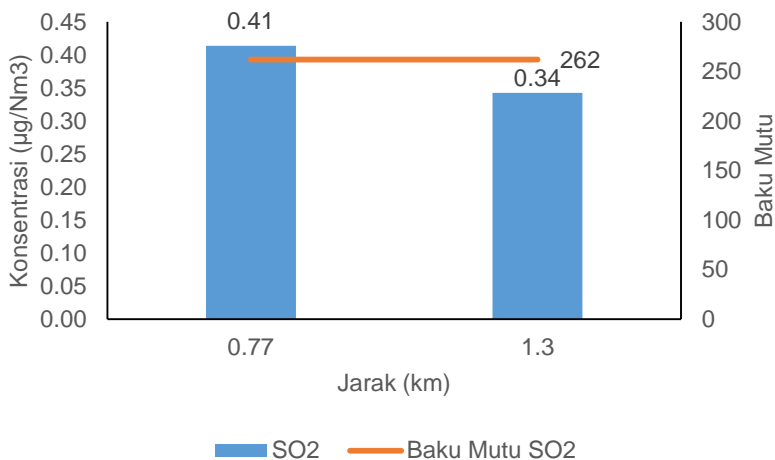
**Gambar 4.17** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Trunojoyo

Selain parameter SO<sub>2</sub>, pada parameter NO<sub>x</sub> juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,23 km, 0,55 km dan 0,9 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,23 km sebesar 13,849 µg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 0,9 km sebesar 5,827 µg/Nm<sup>3</sup>. Nilai baku mutu untuk parameter NO<sub>x</sub> sebesar 92,5 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa nilai hasil pemodelan pada jalan ini masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman bagi kehidupan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> hasil pemodelan pada Jalan Trunojoyo dapat dilihat pada **Gambar 4.18**.



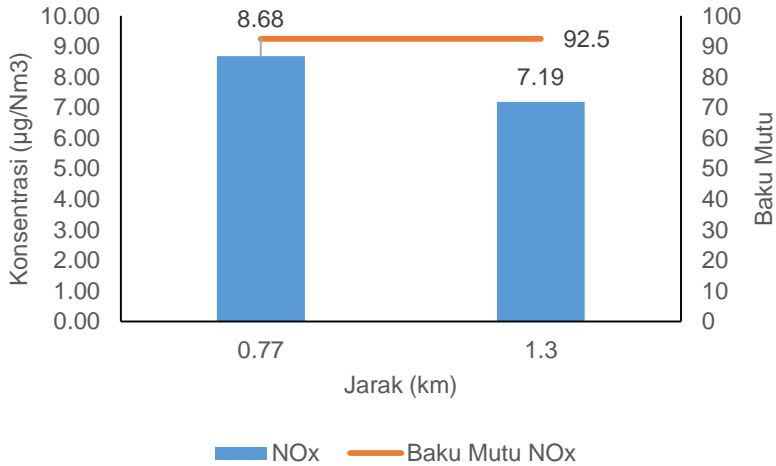
**Gambar 4.18** Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Trunojoyo

Selain parameter  $\text{NO}_x$ , pada parameter PM10 juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,23 km, 0,55 km dan 0,9 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,23 km sebesar  $3,026 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 0,9 km sebesar  $1,273 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Nilai baku mutu untuk parameter PM10 sebesar  $260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  hasil pemodelan pada Jalan Laksamana Martadinata dapat dilihat pada **Gambar 4.19**.



**Gambar 4.19** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Laksamana Martadinata

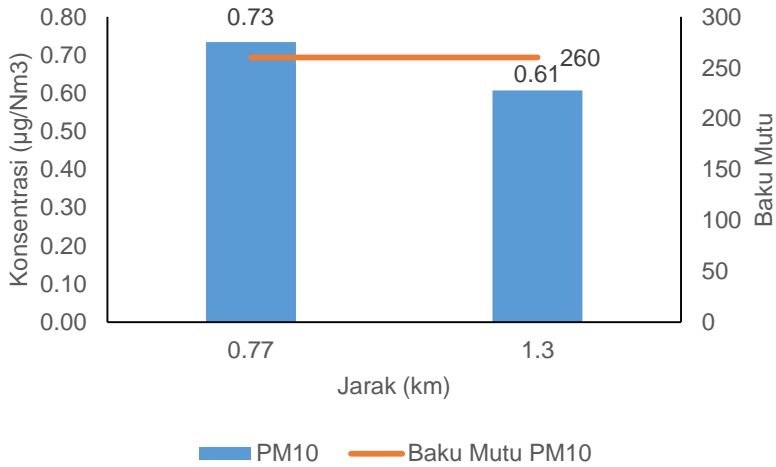
Jarak dispersi yang diambil pada Jalan Laksamana Martadinata sepanjang 0,77 km dan 1,3 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,77 km dengan nilai konsentrasi untuk parameter SO<sub>2</sub> sebesar 0,414 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi terendah pada jarak 1,3 km dengan nilai konsentrasi sebesar 0,342 µg/Nm<sup>3</sup>. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur (Pergub) Jawa Timur No. 10 Tahun 2009, dimana nilai baku mutu SO<sub>2</sub> sebesar 262 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konsentrasi hasil pemodelan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi NO<sub>x</sub> hasil pemodelan pada Jalan Laksamana Martadinata dapat dilihat pada **Gambar 4.20**.



**Gambar 4.20** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Laksamana Martadinata

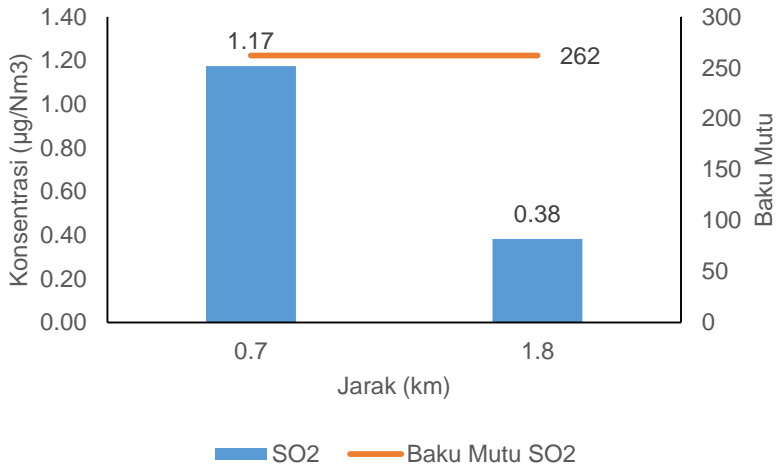
Selain parameter SO<sub>2</sub>, pada parameter NO<sub>x</sub> juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,77 km dan 1,3 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,77 km sebesar 8,684 µg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 1,3 km sebesar 7,185 µg/Nm<sup>3</sup>. Nilai baku mutu untuk parameter NO<sub>x</sub> sebesar 92,5 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa nilai hasil pemodelan pada jalan ini masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman bagi kehidupan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> hasil pemodelan pada Jalan Laksamana Martadinata dapat dilihat pada **Gambar 4.21**.





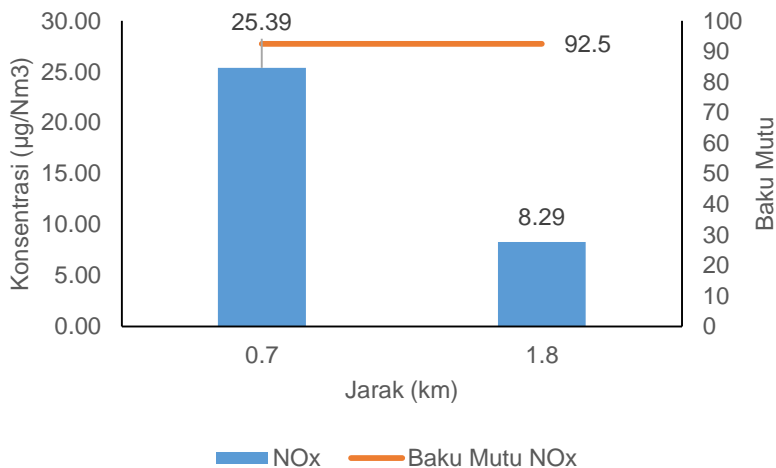
**Gambar 4.21** Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Laksamana Martadinata

Selain parameter  $\text{NO}_x$ , pada parameter PM10 juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,77 km dan 1,3 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,77 km sebesar  $0,734 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 1,3 km sebesar  $0,608 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Nilai baku mutu untuk parameter PM10 sebesar  $260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  hasil pemodelan pada Jalan Kolonel Sugiono dapat dilihat pada **Gambar 4.22**.



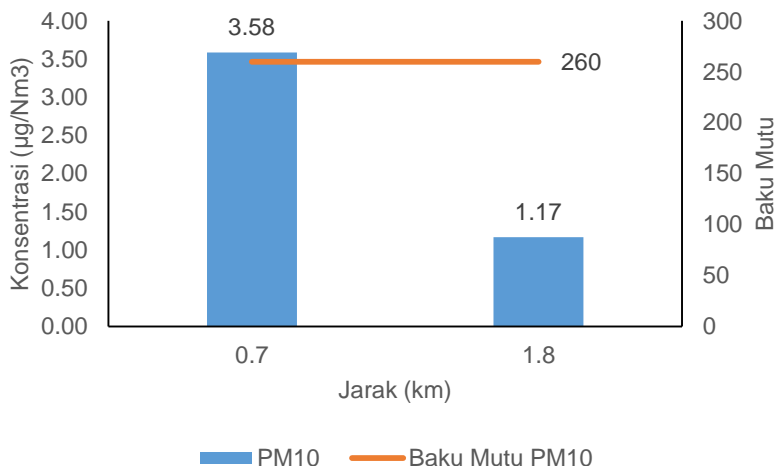
**Gambar 4.22** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Kolonel Sugiono

Jarak dispersi yang diambil pada Jalan Kolonel Sugiono sepanjang 0,7 km dan 1,8 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,7 km dengan nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> sebesar 1,174 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi terendah pada jarak 1,8 km dengan nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> sebesar 0,383 µg/Nm<sup>3</sup>. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur (Pergub) Jawa Timur No. 10 Tahun 2009, dimana nilai baku mutu SO<sub>2</sub> sebesar 262 µg/Nm<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konsentrasi hasil pemodelan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi NO<sub>x</sub> hasil pemodelan pada Jalan Laksamana Martadinata dapat dilihat pada **Gambar 4.23**.



**Gambar 4.23** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Kolonel Sugiono

Selain parameter SO<sub>2</sub>, pada parameter NO<sub>x</sub> juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,7 km dan 1,8 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,7 km sebesar 25,392 µg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 1,3 km sebesar 8,287 µg/Nm<sup>3</sup>. Nilai baku mutu untuk parameter NO<sub>x</sub> sebesar 92,5 µg/Nm<sup>3</sup>. Walaupun dari setiap pemodelan, nilai pada jalan ini yang tertinggi tetapi nilai hasil pemodelan pada jalan ini masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman bagi kehidupan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> hasil pemodelan pada Jalan Kolonel Sugiono dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.



**Gambar 4.24** Konsentrasi PM10 Hasil Pemodelan FLLS Pada Jalan Kolonel Sugiono

Selain parameter  $\text{NO}_x$ , pada parameter PM10 juga diambil jarak yang sama, yaitu 0,7 km dan 1,8 km. Konsentrasi tertinggi pada jarak 0,7 km sebesar  $3,585 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan konsentrasi terendah pada jarak 1,8 km sebesar  $1,170 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Nilai baku mutu untuk parameter PM10 sebesar  $260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hal ini berarti bahwa nilai hasil pemodelan masih berada dibawah baku mutu, yang berarti bahwa kondisi udara ambien masih aman.

Kesimpulan yang dapat ditarik dari gambar-gambar diatas adalah semakin jauh jarak dari sumber polutan, semakin kecil nilai konsentrasi dari setiap titik. Hal ini menandakan bahwa jarak mempengaruhi persebaran polutan. Menurut Romon *et.al* (2015) menyatakan bahwa semakin panjang jarak dari titik sumber ke arah angin maka semakin besar pula nilai  $\sigma_z$ , dimana nilai  $\sigma_z$  berbanding terbalik dengan nilai konsentrasi polutan (C).

#### 4.4 Validasi Hasil Pemodelan

Menurut Arisnawati *et.al* (2016), validasi perlu dilakukan untuk mendapatkan kepercayaan pada hasil model. Suatu model dikatakan valid apabila dapat menjalankan suatu keputusan tertentu atau dapat memberikan hasil ukur sesuai dengan maksud dilakukannya suatu pemodelan tersebut. Maka dari itu dilakukannya uji validitas dengan memanfaatkan data observasi dan data perhitungan. Validasi hasil pemodelan dapat dilihat pada **Tabel 4.7**, **Tabel 4.8** dan **Tabel 4.9**.

**Tabel 4.7** Validasi Hasil Pemodelan Untuk Parameter SO<sub>2</sub>

No.	Lokasi Pengamatan	Hasil Observasi (At)	Hasil Simulasi (St)	RMSPE
1.	Jalan Raya Malang-Gempol	0,165	11,842	69,925%
2.	Jalan Raya Tlogomas	0,171	18,414	
Rata-Rata		0,168	15,128	

Sumber: Data Perhitungan (2018)

**Tabel 4.8** Validasi Hasil Pemodelan Untuk Parameter NO<sub>x</sub>

No.	Lokasi Pengamatan	Hasil Observasi (At)	Hasil Simulasi (St)	RMSPE
1.	Jalan Raya Malang-Gempol	0,301	248,388	70,663%
2.	Jalan Raya Tlogomas	0,141	413,251	
Rata-Rata		0,221	330,820	

Sumber: Data Perhitungan (2018)

**Tabel 4.9** Validasi Hasil Pemodelan Untuk Parameter PM10

No.	Lokasi Pengamatan	Hasil Observasi (At)	Hasil Simulasi (St)	RMSPE
1.	Jalan Raya Malang-Gempol	0,238	31,646	70,411%
2.	Jalan Raya Tlogomas	0,238	80,648	
	Rata-Rata	0,238	56,147	

Sumber: Data Perhitungan (2018)

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai RMSPE untuk parameter  $SO_2$  sebesar 69,925%;  $NO_x$  sebesar 70,663% dan PM10 sebesar 70,411%. Suatu model dikatakan valid menurut metode RMSPE apabila nilainya <10%. Jika dilihat dari hasil yang ada, semua nilai pada parameter melebihi 10%, sehingga dapat dikatakan bahwa hasilnya tidak valid.

Kesimpulan yang dapat diambil dari tabel sebelumnya adalah hasil nilai perhitungan/pemodelan lebih besar dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran di lapangan/aktual. Banyak faktor yang mempengaruhi ketidak validan dari kedua hasil pengukuran tersebut, diantaranya kondisi lapangan, kondisi meteorologi yang tidak dapat dipastikan. Pada perhitungan memperhatikan segmen jalan pada dispersinya, dan untuk wilayah Jalan Raya Malang-Gempol memiliki 1 segmen jalan saja begitu panjang. Tetapi pada saat pengukuran polutan tersebut hanya pada titik itu saja, tidak memperhatikan segmen jalan. Sehingga menyebabkan nilai perhitungan lebih besar dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan.

Hal ini juga sejalan dengan penelitian Rangga (2014) yang menyatakan bahwa salah satu penyebab hasil perhitungan lebih besar dibandingkan hasil pengukuran di lapangan yaitu suhu udara. Suhu udara yang tinggi menyebabkan terjadinya aliran konveksi keatas yang membawa semua jenis polutan sehingga menyebabkan konsentrasi polutan pada saat di lapangan rendah.

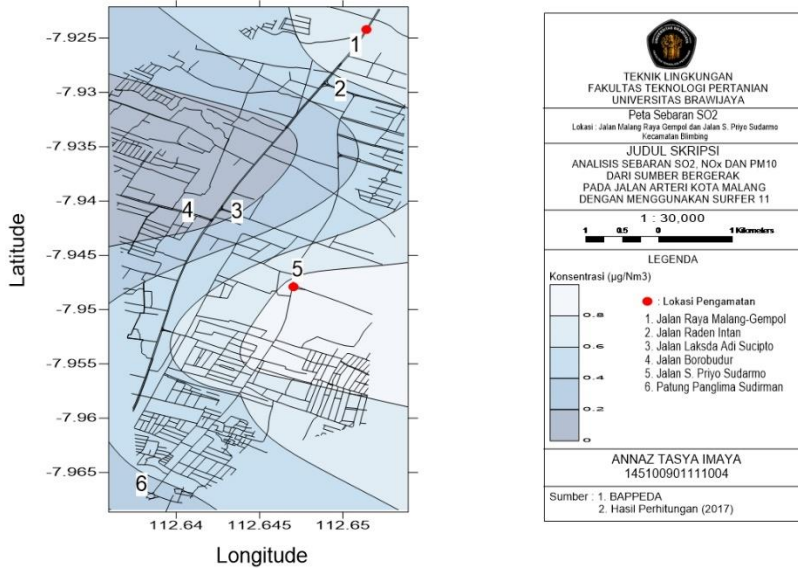
Dalam perhitungan tidak memperhitungkan suhu udara, hanya intensitas penyinaran matahari saja. Selain itu, kecepatan angin juga berpengaruh. Semakin besar kecepatan angin yang berhembus maka konsentrasi pencemar akan semakin kecil karena polutan akan terdispersi kesegala arah.

#### **4.5 Analisis Spasial Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Analisis terakhir yang dilakukan yaitu analisis spasial. Aplikasi yang digunakan adalah Surfer 11. Setelah dilakukan perhitungan dengan metode FLLS, selanjutnya konsentrasi hasil perhitungan menjadi input nilai pada peta yang akan dibuat. Untuk input peta yang digunakan ada peta jalan Kota Malang dan peta kontur. Peta kontur berasal dari data perhitungan yang convert menjadi format BLN yang akan diubah menjadi bentuk grid. Input titik yang digunakan adalah titik pengamatan dan beberapa nama jalan.

##### **4.5.1 Hasil Analisis Spasial SO<sub>2</sub>**

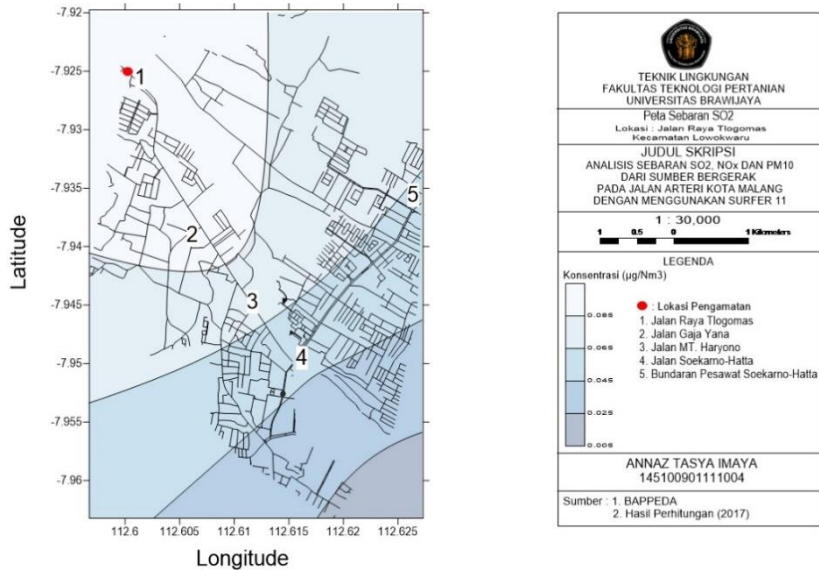
Peta sebaran SO<sub>2</sub> pada Kecamatan Blimbing dapat dilihat pada **Gambar 4.25**.



**Gambar 4.25** Peta Sebaran SO<sub>2</sub> Pada Kecamatan Blimbing

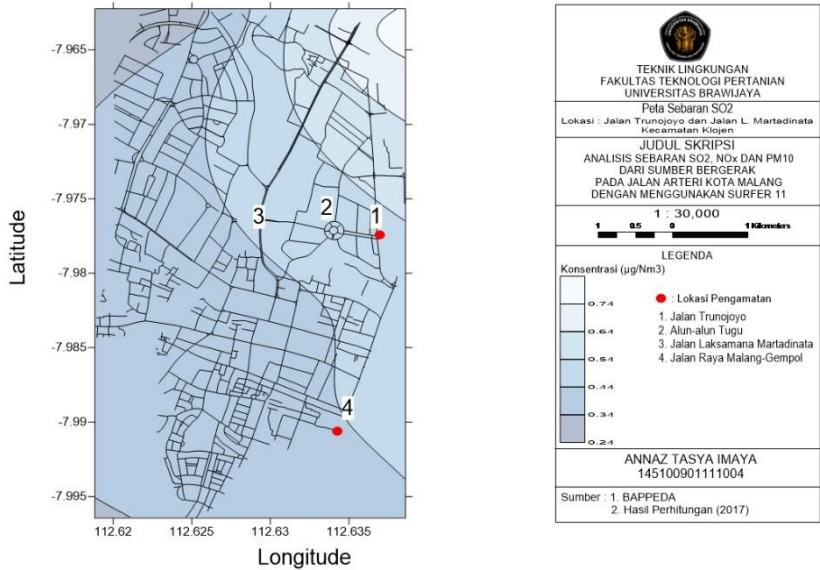
**Gambar 4.25** menunjukkan sebaran konsentrasi pada Kecamatan Blimbing. Bagian yang berwarna biru muda keputihan memiliki konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi karena pada jalan ini terdapat kendaraan berukuran besar, seperti truk yang melewatinya. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin kecil nilai konsentrasi SO<sub>2</sub>. Hal ini ditunjukkan dengan wilayah yang berwarna biru gelap. Pada wilayah Jalan Borobudur merupakan wilayah terkena dampak dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> yang rendah. Peta sebaran SO<sub>2</sub> pada Kecamatan Lowokwaru dapat dilihat pada **Gambar 4.26**.





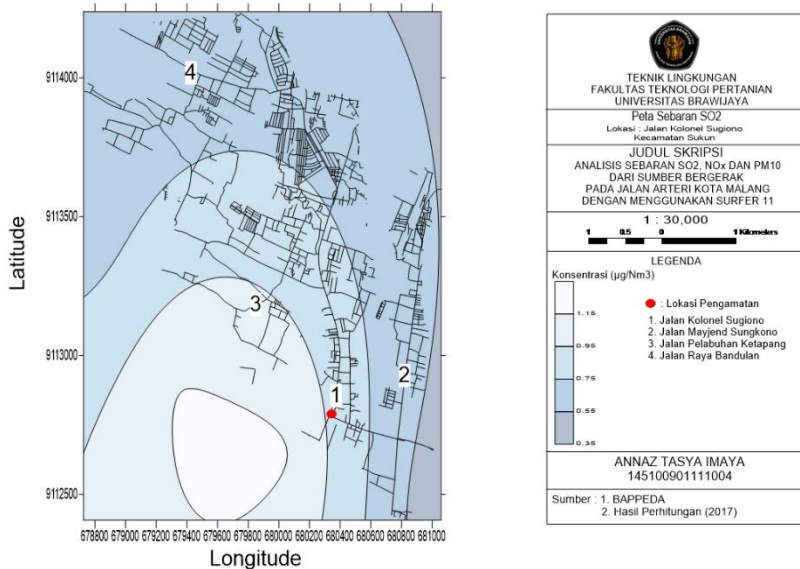
**Gambar 4.26** Peta Sebaran SO<sub>2</sub> Pada Kecamatan Lowokwaru

**Gambar 4.26** menunjukkan sebaran konsentrasi pada Kecamatan Lowokwaru. Bagian yang berwarna biru keputihan memiliki konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi karena pada jalan ini terdapat kendaraan berukuran besar, seperti truk yang melewatinya. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin kecil nilai konsentrasi SO<sub>2</sub>. Hal ini ditunjukkan dengan wilayah yang berwarna biru gelap. Pada wilayah Jalan Soekarno Hatta merupakan wilayah terkena dampak dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> yang rendah. Peta sebaran SO<sub>2</sub> pada Kecamatan Klojen dapat dilihat pada **Gambar 4.27**



**Gambar 4.27** Peta Sebaran SO<sub>2</sub> Pada Kecamatan Klojen

**Gambar 4.27** menunjukkan sebaran konsentrasi pada Kecamatan Lowokwaru. Bagian yang berwarna biru keputihan memiliki konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi karena pada jalan ini terdapat kendaraan berukuran besar, seperti truk yang melewatinya. Pada Jalan Trunojoyo (titik pengamatan) di wilayah berwarna biru. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin gelap warna pada wilayah, semakin kecil nilai konsentrasi SO<sub>2</sub>. Hal ini ditunjukkan dengan wilayah yang berwarna biru gelap. Pada wilayah Jalan Laksamana Martadinata (titik pengamat) merupakan wilayah terkena dampak dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> yang rendah pada Kecamatan Klojen. Peta sebaran SO<sub>2</sub> pada Kecamatan Sukun dapat dilihat pada **Gambar 4.28**.



**Gambar 4.28** Peta Sebaran SO<sub>2</sub> Pada Kecamatan Sukun

**Gambar 4.28** menunjukkan sebaran konsentrasi pada Kecamatan Lowokwaru. Bagian yang berwarna biru keputihan memiliki konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi karena pada jalan ini terdapat kendaraan berukuran besar, seperti truk yang melewatinya. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin gelap warna, semakin kecil nilai konsentrasi SO<sub>2</sub>. Hal ini ditunjukkan dengan wilayah yang berwarna biru gelap. Pada wilayah Jalan Raya Bandulan merupakan wilayah yang terdapat pada bagian biru yang mengindikasikan terkena dampak dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> yang rendah.

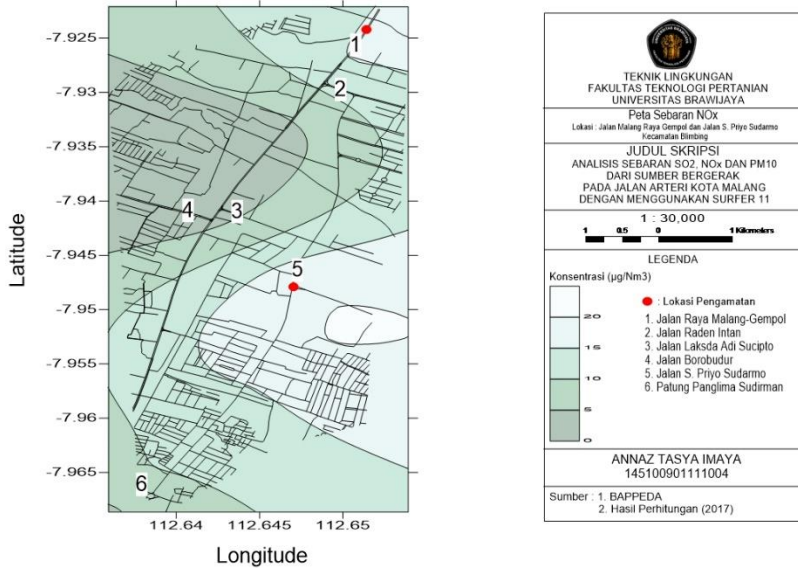
Menurut BPS Kota Malang (2017), jumlah penduduk Kota Malang tahun 2016 sebanyak 856.410 jiwa. Dengan jumlah penduduk sebanyak ini, kasus penyakit di Kota Malang yang terbesar adalah ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut). Menurut Departemen Kesehatan (2014), pada tahun 2014 sebanyak 83.708 kasus ISPA yang merupakan kasus penyakit terbesar di

Kota Malang. Hal ini menandakan bahwa kondisi udara yang tidak baik bagi penduduk Kota Malang.

Gas  $\text{SO}_2$  merupakan salah satu polutan udara yang penting karena dapat menyebabkan gangguan saluran pernafasan seperti ISPA, bronchitis, dan lain-lain. Gas ini juga dapat bereaksi dengan senyawa lain dan membentuk polutan sekunder (*secondary pollutant*) berupa partikel halus yang dapat menembus bagian sensitive dari paru-paru sehingga memperburuk penyakit pernafasan bahkan akan memperparah penyakit jantung eksisting (Istirokhatun *et.al*, 2016). Selain itu, gas  $\text{SO}_2$  merupakan salah satu gas yang dapat menyebabkan hujan asam. Sektor transportasi menyumbang sekitar 5% dari seluruh pencemar  $\text{SO}_2$  yang ada di udara. Dalam atmosfer,  $\text{SO}_2$  akan teroksidasi membentuk asam sulfat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang kemudian tergabung dan terdeposisi basah (*wet position*) melalui hujan asam, atau terdeposisi kering (*dry position*) dalam bentuk partikel halus. Dua kejadian ini dapat menyebabkan peningkatan keasaman pada tanah dan air permukaan (ESA, 2000 dalam Istikhorun *et.al*, 2016).

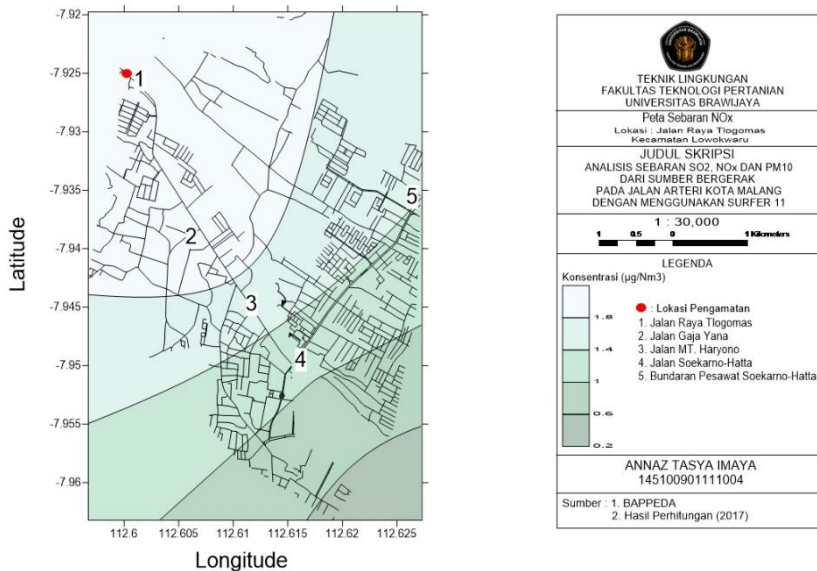
#### 4.5.2 Hasil Analisis Spasial $\text{NO}_x$

Peta sebaran  $\text{NO}_x$  pada Kecamatan Blimbing dapat dilihat pada **Gambar 4.29**.



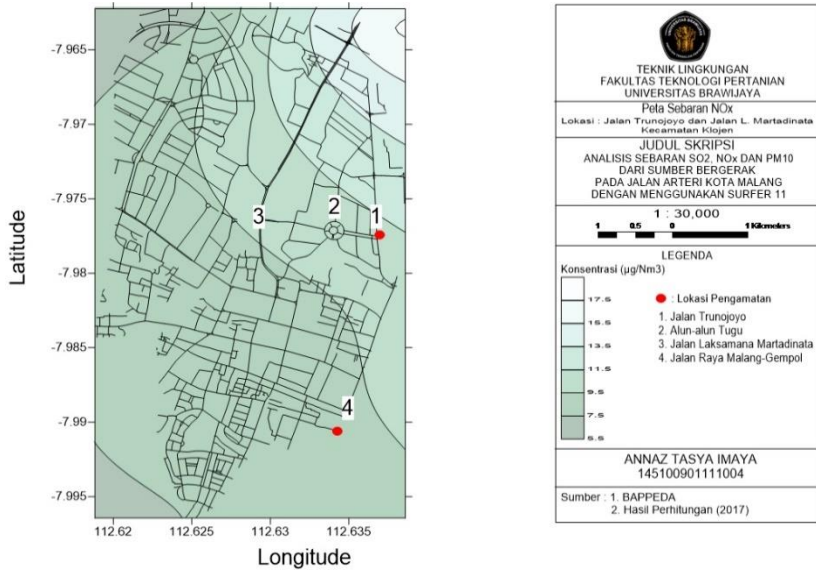
**Gambar 4.29** Peta Sebaran NO<sub>x</sub> Pada Kecamatan Blimbing

**Gambar 4.29** merupakan peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Blimbing dengan titik pengamatan pada Jalan Raya Malang-Gempol dan Jalan Gotong Royong. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna hijau keputihan, sedangkan pada titik pengamatan berada di wilayah yang berwarna hijau muda. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Borobudur. Peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Lowokwaru dapat dilihat pada **Gambar 4.30**.



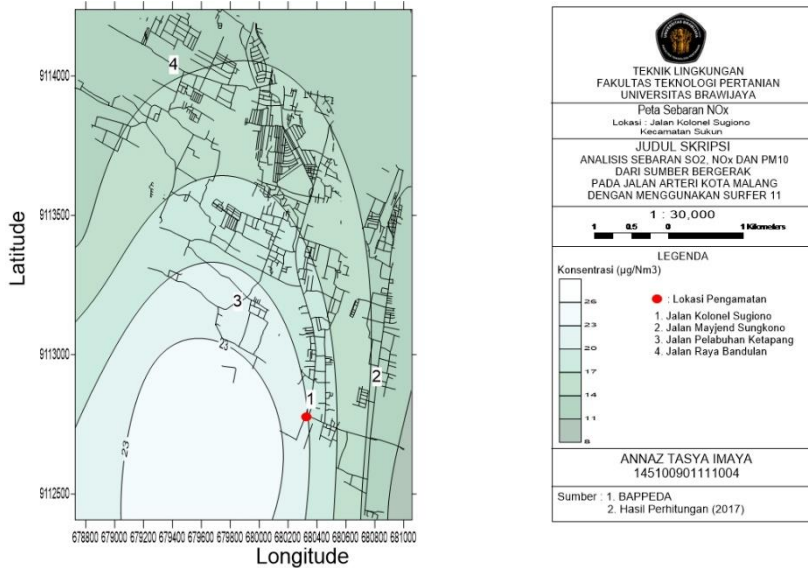
**Gambar 4.30** Peta Sebaran NO<sub>x</sub> Pada Kecamatan Lowokwaru

**Gambar 4.30** merupakan peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Lowokwaru dengan titik pengamatan pada Jalan Raya Tlogomas. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna hijau keputihan yaitu pada titik pengamatan. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Soekarno Hatta. Peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Klojen dapat dilihat pada **Gambar 4.31**.



**Gambar 4.31** Peta Sebaran NO<sub>x</sub> Pada Kecamatan Klojen

**Gambar 4.31** merupakan peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Klojen dengan titik pengamatan pada Jalan Trunojoyo dan Jalan Laksamana Martadinata. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna hijau keputihan, sedangkan Jalan Trunojoyo berada di wilayah hijau. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Laksamana Martadinata yang merupakan titik pengamatan. Peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Sukun dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.



**Gambar 4.32** Peta Sebaran NO<sub>x</sub> Pada Kecamatan Sukun

**Gambar 4.32** merupakan peta sebaran NO<sub>x</sub> pada Kecamatan Sukun dengan titik pengamatan pada Jalan Kolonel Sugiono. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna hijau keputihan sedangkan pada titik pengamatan berwarna hijau muda. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Raya Bandulan.

Pencemar NO<sub>x</sub> merupakan salah satu polutan oksida nitrogen yang tidak stabil. Bagian terbesar komposisi NO<sub>x</sub> dari hasil emisi kendaraan adalah NO dan sebagian kecil merupakan NO<sub>2</sub>. Padahal ketika masuk ke atmosfer, komponen NO dan NO<sub>2</sub> dapat berubah-ubah konsentrasinya, tergantung dari katalisator yang tersedia. NO yang diemisikan kendaraan bermotor diubah menjadi NO<sub>2</sub> ketika terdifusi ke udara akibat ketersediaan ozon yang besar. Sedangkan NO<sub>x</sub> melalui proses fotodissosiasi diubah



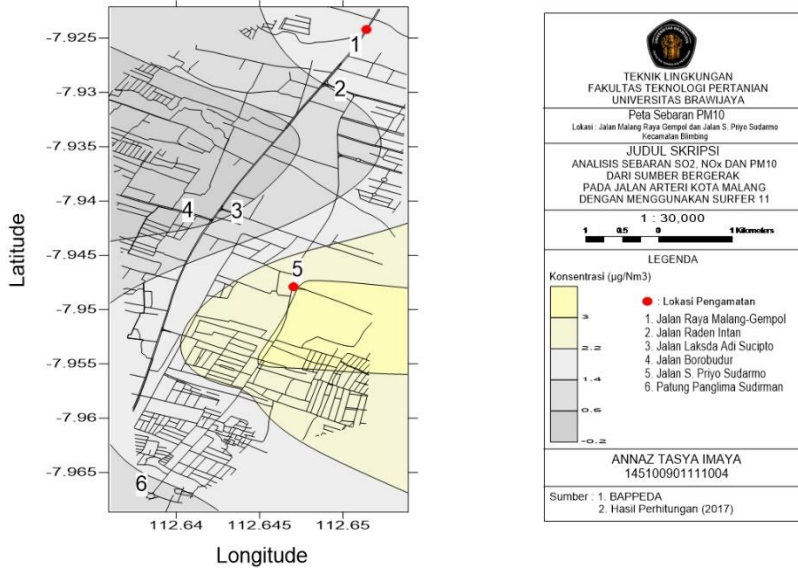
menjadi bentuk NO dan atom oksigen. Akibatnya NO<sub>x</sub> memiliki kesetimbangan yang semu ketika berada di atmosfer, dikarenakan konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> yang dapat berubah-ubah sepanjang waktu (Supriyadi, 2009).

Pada siang hari konsentrasi gas NO<sub>x</sub> dalam bentuk NO<sub>2</sub> merupakan gas dengan konsentrasi tertinggi. Hal ini dikarenakan pada pagi hingga siang hari konsentrasi NO<sub>2</sub> akan lebih tinggi dibandingkan dengan gas NO. Selain itu disebabkan adanya reaksi antara polutan dengan HO<sub>2</sub> radikal yang terbentuk akan mengoksidasi NO menjadi NO<sub>2</sub>. Tetapi pada dasarnya polutan utama yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor adalah nitrogen monoksida (NO) (Wiyandari, 2010).

Gas nitrogen oksida ada dua macam yaitu: gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Keduanya mempunyai sifat berbeda dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Gas NO sulit diamati secara visual karena tidak berbau dan tidak berwarna. Sifat racun gas ini pada konsentrasi tinggi menyebabkan gangguan pada syaraf sehingga menimbulkan kejang-kejang, bila keracunan terus berlanjut mengakibatkan kelumpuhan. Sedangkan untuk gas NO<sub>2</sub> empat kali lebih berbahaya daripada gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap gas NO<sub>2</sub> adalah paru-paru, paru-paru yang terkontaminasi dengan NO<sub>2</sub> akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian. Pada konsentrasi rendah gas NO<sub>2</sub> juga menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata perih dan berair (Sugiarti, 2009).

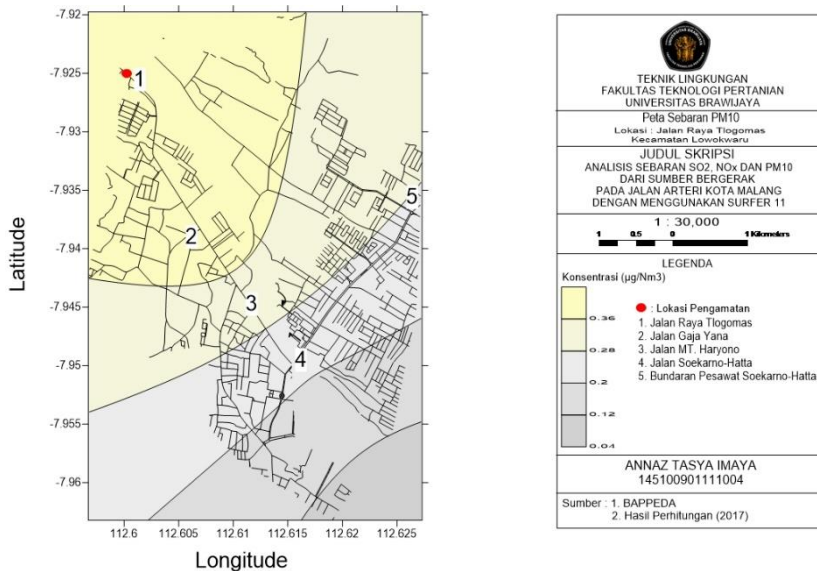
#### 4.5.3 Hasil Analisis Spasial PM10

Peta sebaran PM10 pada Kecamatan Blimbing dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.



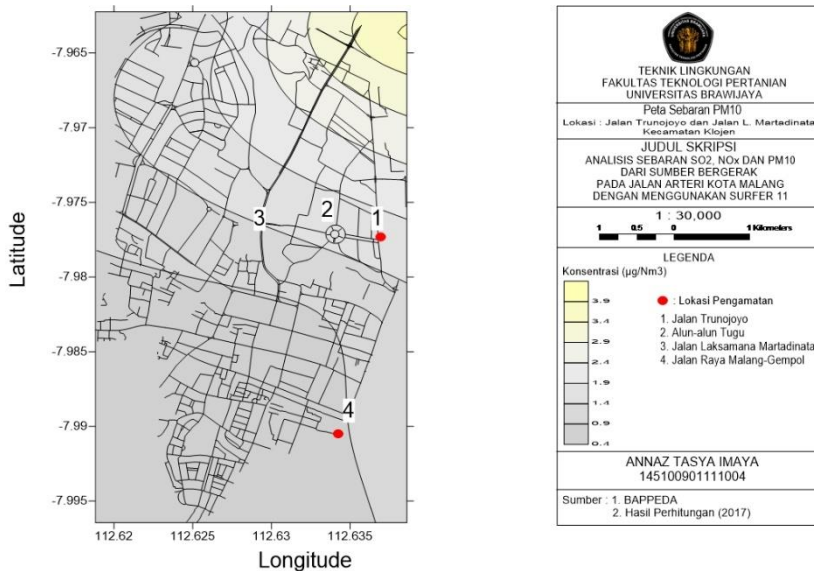
**Gambar 4.33** Peta Sebaran PM10 Pada Kecamatan Blimbing

**Gambar 4.33** merupakan peta sebaran PM10 pada Kecamatan Blimbing dengan titik pengamatan pada Jalan Raya Malang-Gempol dan Jalan Gotong Royong. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna kuning yaitu pada titik pengamatan pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Borobudur. Peta sebaran PM10 pada Kecamatan Lowokwaru dapat dilihat pada **Gambar 4.34**.



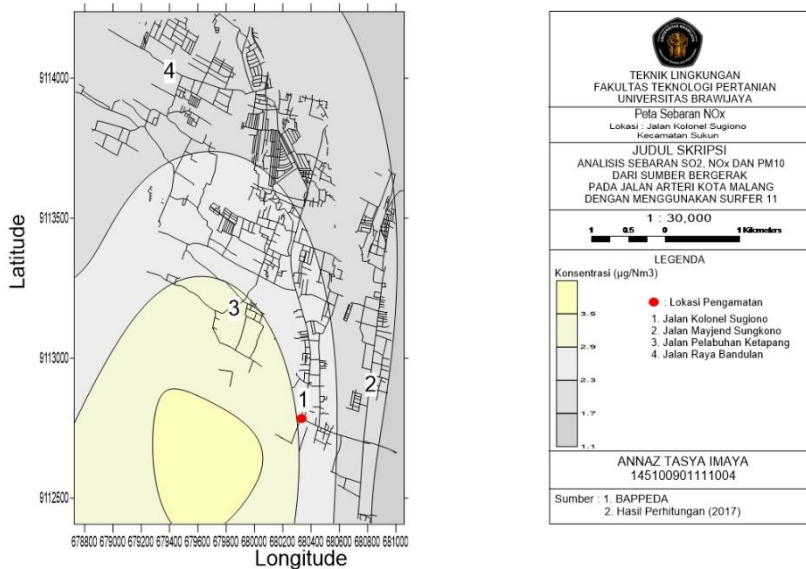
**Gambar 4.34** Peta Sebaran PM10 Pada Kecamatan Lowokwaru

**Gambar 4.34** merupakan peta sebaran PM10 pada Kecamatan Lowokwaru dengan titik pengamatan pada Jalan Raya Tlogomas. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna kuning yaitu pada titik pengamatan. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Soekarno Hatta. Peta sebaran PM10 pada Kecamatan Klojen dapat dilihat pada **Gambar 4.35**.



**Gambar 4.35** Peta Sebaran PM10 Pada Kecamatan Klojen

**Gambar 4.35** merupakan peta sebaran PM10 pada Kecamatan Klojen dengan titik pengamatan pada Jalan Trunojoyo dan Jalan Laksamana Martadinata. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna kuning, sedangkan pada Jalan Trunojoyo berada di wilayah berwarna abu-abu muda. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Laksamana Martadinata yang merupakan titik pengamatan juga. Peta sebaran PM10 pada Kecamatan Sukun dapat dilihat pada **Gambar 4.36**.



**Gambar 4.36** Peta Sebaran PM10 Pada Kecamatan Sukun

**Gambar 4.36** merupakan peta sebaran PM10 pada Kecamatan Sukun dengan titik pengamatan pada Jalan Kolonel Sugiono. Konsentrasi terbesar terdapat pada wilayah yang berwarna kuning sedangkan pada titik pengamatan terletak pada wilayah berwarna abu-abu muda. Semakin jauh suatu jalan dari titik pengamatan, semakin rendah konsentrasi dari wilayah tersebut. Konsentrasi terendah pada peta tersebut terletak pada Jalan Raya Bandulan.

PM10 merupakan jenis partikulat yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia yang memiliki ukuran aerodinamik  $< 10 \mu\text{m}$ . PM10 berasal dari debu jalan, asap industri maupun kendaraan bermotor, dan lain-lain. Penelitian yang dilakukan oleh Ruslinda dan Didi (2014) menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi tertinggi PM10 terjadi pada kawasan industry dibandingkan dengan kawasan domestik. Selain itu, aktivitas kendaraan yang cukup tinggi, menyebabkan daerah ini memiliki

konsentrasi PM10 yang tinggi. Lain halnya dengan kawasan domestik. Pada kawasan ini tidak banyak aktivitas transportasi dan kegiatan manusia yang menghasilkan pencemar partikulat, seperti asap. Selain itu, di kawasan domestic masih terdapat pepohonan yang mereduksi konsentrasi PM10 di udara ambien.

Faktor yang mempengaruhi konsentrasi partikel debu (PM10) adalah suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin. Yang mengindikasikan bahwa adanya perbedaan tempat atau heterogenitas secara spasial memberikan pengaruh pada konsentrasi partikel debu (PM10). Selain itu, musim juga mempengaruhi konsentrasi PM10. Pada saat musim hujan, PM10 dapat terlarut oleh air hujan dan menghasilkan hujan asam. Maka dari itu, ketika hujan kondisi atmosfer lebih terlihat jelas (Aisyiah *et.al*, 2014).

Menurut Sinolungan (2009), mekanisme masuknya PM10 secara akut menyebabkan iritasi *bronchial*, peningkatan reaktivitas paru-paru, menekan pergerakan mukosiliar dan menekan respon makrofag serta imunitas local. Selain itu pada keadaan terpapar lama menyebabkan reaksi fibrotic, gangguan keseimbangan autonomic, aktivitas koagulan dan stres oksidasi dalam paru-paru. Efek potensial yang ditimbulkan dapat menyebabkan sesak napas, asma yang kambuhan (*exacerbation*), infeksi saluran napas, bronchitis kronis dan *chronic pulmonary disease* (COPD). Pada gangguan autonomic bisa menyebabkan kematian terutama karena penyakit kardiovaskular.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Laju emisi pada Jalan Raya Tlogomas untuk parameter  $\text{SO}_2$  sebesar 88,364  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  sebesar 1.982,975  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan PM10 sebesar 386,989  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Laju emisi pada Jalan Raya Malang-Gempol untuk parameter  $\text{SO}_2$  sebesar 256,432  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  sebesar 5.378,769  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan PM10 sebesar 685,278  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Laju emisi pada Jalan Sunandar Priyo Sudarmo untuk parameter  $\text{SO}_2$  sebesar 170,623  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  sebesar 3.778,756  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan PM10 sebesar 599,756  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Laju emisi pada Jalan Trunojoyo untuk parameter  $\text{SO}_2$  sebesar 46,042  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  sebesar 1.041,489  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan PM10 sebesar 227,567  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Laju emisi pada Jalan Laksamana Martadinata untuk parameter  $\text{SO}_2$  sebesar 101,064  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  sebesar 2.120,472  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan PM10 sebesar 179,3  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ . Laju emisi pada Jalan Kolonel Sugiono untuk parameter  $\text{SO}_2$  sebesar 207,536  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ ;  $\text{NO}_x$  sebesar 4.489,081  $\mu\text{g}/\text{m.s}$  dan PM10 sebesar 633,7  $\mu\text{g}/\text{m.s}$ .
2. Pola persebaran yang terbentuk adalah menyebar pada jalan raya dengan wilayah jalan dengan laju emisi tertinggi pada Jalan Raya Malang-Gempol.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disarankan:

1. Perlu adanya pengambilan sampel di semua titik pengamatan agar lebih valid.
2. Penelitian selanjutnya sampling dilakukan pada jam yang seragam, tidak hanya mengikuti jadwal dari pihak penguji (PJT).

3. Bisa mengambil satu titik saja untuk dikaji secara detail.





**DAFTAR PUSTAKA**

- Aini, Anisah. 2009. **Sistem Informasi Geografis Pengertian dan Aplikasinya**. Yogyakarta: STMIK AMIKOM
- Aisyiah, Kurniasari, Sutikno dan I Nyoman Latra. 2014. **Pemodelan Konsentrasi Partikel Debu (PM10) pada Pencemaran Udara di Kota Surabaya dengan Metode Geographically-Temporally Weighted Regression**. Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. 2, No. 1
- Arisnawati, Rima Sari, Rony Riduan dan Nova Annisa. 2016. **Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Dihubungkan Dengan Aktivitas Kendaraan Bermotor di Kampus Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru**. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat
- Astuti, Rini. 2006. **Peranan Sistem Informasi Geografis. Media Informatika, Vol. 5, No. 3**
- Badan Standarisasi Nasional. 2003. **SNI 03-6967-2003 Persyaratan Umum Sistem Jaringan dan Geometrik Jalan Perumahan**. Bandung: Badan Standarisasi Nasional
- Budiyanto, Eko. 2002. **Sistem Informasi Geografis Menggunakan Arcview Gis**. Yogyakarta: Andi
- Cooper, D dan Alley, F. 1994. **Air Pollution Control. A Design Approach. Secound Edition**. USA: Waveland press Inc.
- Dauhi, Yuliana. 2014. **Analisis Kadar Nitrogen Dioksida (NO2) dan Karbonmonoksida (CO) di Udara Ambien Kota Gorontalo**. Thesis. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo
- Departemen Kesehatan. 2014. **Profil Kesehatan Kota Malang Tahun 2014**.  
[http://www.depkes.go.id/resources/download/profil/PROFIL\\_KAB\\_KOTA\\_2014/3573\\_Jatim\\_Kota\\_Malang\\_2014.pdf](http://www.depkes.go.id/resources/download/profil/PROFIL_KAB_KOTA_2014/3573_Jatim_Kota_Malang_2014.pdf).  
Diakses pada 5 Februari 2018 pukul 11.46

- repository.ub.ac.id
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. **Pedoman Konstruksi Bangunan 'Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Kawasan Perkotaan.** <http://www.pu.go.id/uploads/services/infopublik20120703105751.pdf> . Diakses pada 27 agustus 2017 pukul 18.16
- ESA (Ecological Society of America). 2000. **Acid Deposition.** Washington, DC
- Ismiyati, Devi Marlita dan Deslida Saidah. 2014. **Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.** Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik, Vol. 01, No. 03
- Istirokhatun, Titik, Ita Tetriana A. dan Sudarno. **Investigasi Pengaruh Kondisi Lalu Lintas dan Aspek Meteorologi Terhadap Konsentrasi Pencemar SO<sub>2</sub> di Kota Semarang.** Jurnal Presipitasi, Vol. 13, No. 1
- Joviana. 2009. **Hubungan Konsentrasi Aktivitas Radon (222Rn) dan Thoron (220Rn) di Udara dalam Ruangan dengan Gejala Sick Building Syndrome pada 3 Gedung DKI Jakarta Tahun 2009.** Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
- Kamal, Nahlah Mustafa. 2015. **Studi Tingkat Kualitas Udara pada Kawasan Mall Pankukang di Makassar.** Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Maulana, Ahmad Zaky. 2012. **Analisis Beban Pencemar Udara SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan HC dengan Pendekatan Line Source Modeling (Studi Kasus di Jalan Magelang Yogyakarta).** Widyariset, Vol. 15 No. 3
- Maulana, Ridwan, Yulisa Fitriyaningsih dan Eti Sulandari. 2013. **Analisis Pengaruh Tingkat Volume dan Jenis Kendaraan Terhadap Konsentrasi Particulate Matter (PM10) (Studi Kasus: Jl. Sutan Syahrir, Jl. Ahmad Yani dan Jl. Kom. Yos. Sudarso Kota Pontianak).** Pontianak: Universitas Tanjungpura

- Paramise, F. N. 2017. **Pemantuan Pencemaran Udara Kota Malang oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Malang**. Laporan Praktek Kerja Lapang. Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Prayudi, Teguh dan Joko Prayitno S. 2001. **Kualitas Debu dalam Udara Sebagai Dampak Industri Pengecoran Logam Ceper**. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 2, No.2
- Rangga, Boy, Yulisah Fitrianiingsih dan Dedi Wijayanto. 2014. **Analisis Dispersi Gas Karbon Monoksida (CO) Dari Sumber Transportasi Menggunakan Model Meti-Lis**. Pontianak: Universitas Tanjungpura
- Romon, Oktafiani, Sumarni Hamid Aly dan Dantje Runtulalo. 2015. **Analisis Penyebaran Polutan (CO<sub>2</sub>) Kendaraan Bermotor Berbasis Model Dispersi Gauss**. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Ruslinda, Yenni. 2014. **Analisis Kualitas Udara Ambien Kota Padang akibat Pencemar *Particulate Matter* 10  $\mu$ m (PM10)**. Vol. 21, No. 2
- Santoso, Suci Normaliani. 2011. **Penggunaan Tumbuhan Sebagai Pereduksi Pecemaran Udara**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sinolungan, Jehosua S.V. 2009. **Dampak Polusi Partikel Debu dan Gas Kendaraan Bermotor Pada Volume dan Kapasitas Paru**. Jurnal Biomedik, Vol. 1, No. 2
- Sudrajad, Agung. 2005. **Pencemaran Udara**. INOVASI, Vol. 5/XVII/November 2005
- Sugiarti. 2009. **Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia**. Jurnal Chemica, Vol. 10, No. 1
- Supriyadi, Eko. 2009. **Penerapan Model *Finite Length Line Source* Untuk Menduga Konsentrasi Polutan Dari**

**Sumber Garis (Studi Kasus: Jl. M.H. Thamrin, DKI Jakarta).** Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Wiyandari, Miranti. 2010. **Hubungan Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi Polutan NO<sub>x</sub> di Udara (Studi Kasus: Jalan Margonda Raya Depok).** Skripsi. Depok: Universitas Indonesia