



TUGAS AKHIR - RE 141581

**APLIKASI MODEL PESEBARAN PENCEMAR
KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS
PERKOTAAN DI ATMOSFER WILAYAH
SURABAYA PUSAT MENGGUNAKAN
PENDEKATAN MODEL GAUSS TERMODIFIKASI**

SITA OKTAVIANI PUTRI
0321144000020

Dosen Pembimbing
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**APLIKASI MODEL PESEBARAN PENCEMAR
KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS
PERKOTAAN DI ATMOSFER WILAYAH
SURABAYA PUSAT MENGGUNAKAN
PENDEKATAN MODEL GAUSS TERMODIFIKASI**

**SITA OKTAVIANI PUTRI
0321144000020**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - RE 141581

**MODEL APPLICATIONS OF CONSERVATIVE
POLLUTANT DISPERSION FROM URBAN
TRAFFIC ACTIVITY IN CENTRAL SURABAYA
AREA ATMOSPHERE USING GAUSS
MODIFICATION**

SITA OKTAVIANI PUTRI
0321144000020

SUPERVISOR
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

APLIKASI MODEL PESEBARAN PENCEMAR KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI ATMOSFER WILAYAH SURABAYA PUSAT MENGGUNAKAN PENDEKATAN MODEL GAUSS TERMODIFIKASI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SITA OKTAVIANI PUTRI
NRP. 0321144000020

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT

NIP. 19751018 200501 1 003



Aplikasi Model Pesebaran Pencemar Konservatif Dari Aktivitas Lalu Lintas Perkotaan Di Atmosfer Wilayah Surabaya Pusat Menggunakan Pendekatan Model Gauss Termodifikasi

Nama Mahasiswa : Sita Oktaviani Putri
NRP : 0321144000020
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT

ABSTRAK

Surabaya Pusat merupakan salah satu wilayah dengan tingkat aktivitas lalu lintas yang padat dan cenderung terus meningkat. Hal ini berdampak pada peningkatan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) untuk transportasi. Peningkatan BBM tersebut berdampak langsung pada penurunan kualitas udara akibat bertambahnya produksi emisi gas buang. Salah satu jenis gas pencemar yang diemisikan oleh kendaraan bermotor adalah SO_2 . Polutan ini merupakan jenis pencemar udara konservatif yang termasuk dalam pencemar primer dan tidak mengalami reaksi fotokimia di atmosfer. Untuk mengetahui kualitas udara di perkotaan maka diperlukan suatu alat penunjang untuk pengelolaan kualitas udara. Surabaya memiliki stasiun pemantau kualitas udara sebanyak 7 stasiun, namun hanya 3 stasiun kualitas udara yang masih beroperasi. Kondisi ini kurang menggambarkan kualitas udara di perkotaan secara terperinci. Sehingga diperlukan alternatif untuk memprediksikan kualitas pencemar udara dan pesebarannya di suatu wilayah, salah satu cara dengan menggunakan pemodelan dispersi pencemar udara.

Dalam penelitian ini model dispersi pencemar udara yang digunakan adalah dengan pendekatan model Gauss termodifikasi. Pembuatan model dispersi dilakukan dengan mengolah data seri kepadatan lalu lintas (*traffic volume*). Dari data tersebut diperoleh beban emisi dari jumlah kendaraan yang melintas. Data meteorologi yang dihimpun selama 1 tahun terakhir dari BMKG diolah untuk mendapatkan deskripsi rata-rata kecepatan dan arah angin di kota Surabaya dalam bentuk *windrose* pada periode

musim penghujan maupun musim kemarau. Model yang telah diverifikasi dinyatakan sesuai berdasarkan standar EPA memiliki korelasi dengan data pengukuran minimal 0,572. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak meliputi Ms. Excel dan MATLAB.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa model yang dinyatakan dalam tiap musim. Untuk musim kemarau pada bulan April-September menghasilkan nilai *korrelasi* sebesar 0,402 dan RMSE sebesar 2,84. Sedangkan, pada musim penghujan dibulan Oktober-Maret diperoleh nilai *korrelasi* $R=0,855$ dan RMSE sebesar 2,30. Salah satu wilayah yang berpotensi menerima pencemar terbesar adalah area-area yang terletak di sekitar ruas jalan arteri primer dan arteri sekunder dengan radius 400-600 m.

Kata kunci: sulfur dioksida, emisi, bahan bakar, sumber garis, faktor emisi

Model Applications of Conservative Pollutant Dispersion from Urban Traffic Activity in Central Surabaya Area Atmosphere Using Gauss Modification

Name of Student : Sita Oktaviani Putri
NRP : 03211440000020
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT

ABSTRACT

Central Surabaya is one of the region with high level of traffic activities and tends to increase annually. It has an impact on increasing the consumption of fuel oil for transportation. The increase of fuel has direct impact towards the decline in air quality due to increased production of exhaust emissions. One of the gas pollutant emitted by motor vehicles is SO₂. This pollutant is a type of conservative air pollutant that is included in primary pollutants and it has not encountered photochemical reactions in the atmosphere. To find out quality of air in urban hence needed a supporting tool for air quality management. Surabaya has 7 of air quality monitoring stations, however only 3 air quality stations are still operating. This condition does not adequately describe urban air quality in detail. An alternative is needed to predict the quality of air pollutants and their spreading in a region, one way by using modelling air dispersion.

In this research, air dispersion pollution model used is by modified Gauss model approach. The dispersion modeling is done by processing the traffic volume. From the data obtained emission load from the number of vehicles passing. Meteorological data collected during the last year from BMKG is processed to get the description of average speed and wind direction in the city of Surabaya in the form of windrose during the rainy season and dry season. Models that have been verified otherwise conformed to EPA standards have a correlation with the minimum measurement data of 0.572. Process data using software includes Ms. Excel and MATLAB.

The results obtained from this research in the form of models expressed in each season. For the dry season in April-September yielded a correlation value of 0.402 and RMSE of 2.84. Meanwhile, in the rainy season in October-March obtained correlation value $R = 0.855$ and RMSE of 2.30. One of the region that have the potential to receive the largest pollutants is around located primary arterial road and secondary artery with a radius of 400-600 m.

Keywords: sulphur dioxide, emission, fuel, line sources, emission factor

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, kemudahan dan kelancaran sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu tidak terlepas dari peran serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT atas segala masukan dan nasihatnya selama kegiatan penelitian dan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT, Bapak Alfian Purnomo, ST, MT, Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD, Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM, dan Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo S, MT. atas arahan dan saran yang diberikan untuk penelitian ini.
3. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc sebagai dosen wali atas bimbingan selama menjalani kegiatan perkuliahan di Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS.
4. Rekan-rekan bimbingan tugas akhir (Rafi, Raihan, Ilmi, Ilham, Irma, Anfa, Giffari) atas kerja sama dan bantuannya selama pengerjaan tugas akhir.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS 2014, khususnya anggota Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim, atas segala bantuan dan dukungannya selama pengerjaan tugas akhir.

Penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu, Ayah, Mamas, Masda, dan Dek Mita serta keluarga besar atas segala dukungan materi, doa, dan moral demi kelancaran tugas akhir.

Penyusun mengharapkan saran dan kritik dari pembaca demi penyempurnaan terkait tugas akhir ini.

Surabaya, April 2018
Penyusun

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACTiii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	1
1.4 Ruang Lingkup	1
1.5 Manfaat Penelitian	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2
2.1 Gambaran Umum Batas Wilayah Studi	2
2.2 Keadaan Fisik (Meteorologis dan Klimatologi).....	5
2.3 Sumber Pencemar Udara	6
2.4 Transportasi	8
2.4.1 Kandungan Sulfur dalam BBM	11
2.5 Karakteristik Polutan Udara SO ₂	12
2.5.1. Sifat Fisik dan Kimia SO ₂	12
2.5.2. Sumber dan Distribusi SO ₂	13
2.5.3. Dampak SO ₂ Terhadap Lingkungan.....	13
2.5.4. Baku Mutu Udara Ambien	14
2.6 Stasiun Pemantau Kualitas Udara	14
2.7 Model Dispersi Pencemar Udara	15
2.7.1. Beban Emisi	15
2.7.2. Transformasi Koordinat Kartesius	19
2.7.3. Faktor Difusi dari Sumber Garis	19
2.7.4. Persamaan Model Distribusi Pencemar Udara	20
2.7.5. MATLAB	22
2.7.6. Verifikasi Model	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Umum.....	25

3.2	Kerangka Penelitian	25
3.3	Penjelasan Kerangka Penelitian	27
3.3.1	Latar Belakang	27
3.3.2	Ide Penelitian	28
3.3.3	Tahap Pendahuluan	28
3.3.4	Tahap Pengumpulan Data	29
3.3.5	Tahap Analisis dan Pembahasan	29
3.3.6	Langkah-langkah Menjalankan Model Line Source Menggunakan Program MATLAB	35
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian dan Kondisi Transportasi	41
4.1.1	Pemilihan Jalan	41
4.1.2	Penentuan Koordinat jalan	42
4.1.3	Karakteristik Data Volume <i>Traffic</i> Harian Perkotaan	45
4.1.4	Proporsi Kendaraan lalu lintas	46
4.1.5	Derajat Kejenuhan dan Kecepatan Kendaraan	47
4.2	Deskripsi Konsentrasi di SUF	49
4.2.1	Pemilihan Data Kualitas Udara Untuk Verifikasi Model Terbangun	51
4.3	Analisis Kondisi Data Meteorologi	53
4.3.1	Pembahasan Kondisi Meteorologi Kota Surabaya	53
4.4	Perhitungan Beban Emisi	56
4.5	Pembahasan Perbedaan antara Model dengan Data	57
4.5.1	Aplikasi Model dengan menggunakan Modifikasi Gauss	58
4.6	Verifikasi Model	59
4.7	Analisis Kualitas Udara Ambien Akibat Aktivitas Transportasi	68
4.8	Penentuan Skenario dan Overlay Menggunakan MATLAB	70
4.8.1	Skenario Musim Kemarau	70
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1	Kesimpulan	85

5.2. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS UDARA	93
LAMPIRAN 2 DATA METEOROLOGI (ANGIN) LOKAL	97
LAMPIRAN 3 HASIL SURVEY TRAFFIC COUNTING DISHUB	101
LAMPIRAN 4 HASIL PERHITUNGAN BEBAN EMISI	106
LAMPIRAN 5 FAKTOR HARIAN DAN FAKTOR MINGGUAN	108
LAMPIRAN 6 FORM INPUT MODEL	113
LAMPIRAN 7 HASIL MENJALANKAN MODEL	114
LAMPIRAN 8 HASIL MENJALANKAN MODEL	115
LAMPIRAN 9 FORM DATA TEKNIS JALAN	116
LAMPIRAN 10 FORM HASIL MENJALANKAN MODEL	118
LAMPIRAN 11 SCRIPT MODEL DISPERSI PENCEMAR UDARA DI MATLAB	119
LAMPIRAN 12 SCRIPT SKENARIO DAN OVERLAY DI MATLAB	123
LAMPIRAN 13 HASIL MENJALANKAN MODEL SKENARIO MUSIM KEMARAU	124
LAMPIRAN 14 HASIL MENJALANKAN MODEL SKENARIO MUSIM PENGHUJAN	126

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelurahan di Surabaya Pusat.....	6
Tabel 2. 2 Nama Jalan dan Kelas Jalan.....	7
Tabel 2. 3 Jumlah Kendaraan Bermotor menurut Jenisnya	12
Tabel 2. 4 Perilaku Penggunaan BBM	14
Tabel 2. 5 Baku Mutu Udara Ambien Nasional	17
Tabel 2. 6 Lokasi SUF di Surabaya.....	17
Tabel 2. 7 Ekvivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah.....	20
Tabel 2. 8 Faktor emisi kendaraan bermotor untuk kota metropolitan	20
Tabel 2. 9 Kategori kendaraan bermotor.....	21
Tabel 2. 10 Rumus yang digunakan dalam transformasi koordinat.....	22
Tabel 3. 1 Data yang digunakan dalam penelitian.....	31
Tabel 3. 2 Ekvivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah	32
Tabel 3. 3 Faktor emisi kendaraan untuk kota metropolitan di Indonesia	33
Tabel 3. 4. Skenario Model Dispersi	34
Tabel 3. 5. Skala Beaufort	34
Tabel 4. 1 Nama Jalan dan Kelas Jalan.....	43
Tabel 4. 2 Koordinat Jalan.....	45
Tabel 4. 3 Kecepatan kendaraan beberapa jalan di wilayah Surabaya Pusat	50
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan beban emisi Jalan Basuki Rahmat pukul 06.50-07.00	59
Tabel 4. 5 Input parameter model	60
Tabel 4. 6 Data yang terpilih pada musim kemarau.....	66
Tabel 4. 7 Data yang terpilih pada musim penghujan.....	68
Tabel 4. 8 Skenario dispersi pencemar udara	71
Tabel 4. 9 Skala Beaufort	71
Tabel 4. 10 Skenario arah dan kecepatan angin pada tiap musim	71
Tabel 4. 11 Data yang digunakan untuk <i>running</i> pada kecepatan rendah.....	72
Tabel 4. 12 Data yang digunakan untuk <i>running</i> pada kecepatan sedang	73

Tabel 4. 13 Data yang digunakan untuk <i>running</i> pada kecepatan rendah	76
Tabel 4. 14 Data yang digunakan untuk <i>running</i> pada kecepatan sedang	77
Tabel 4. 15 Hasil konsentrasi ambien berdasarkan skenario	80
Tabel 4. 16 Data overlay pada musim kemarau.....	81
Tabel 4. 17 Data overlay pada musim penghujan	82
Tabel L. 1 Data SO ₂ pada Tanggal Terpilih Musim Kemarau.....	95
Tabel L. 2 Data SO ₂ pada Tanggal Terpilih Musim Penghujan	97
Tabel L. 3 Contoh Data arah & kecepatan angin dimusim penghujan.....	99
Tabel L. 4 Contoh Data arah & kecepatan angin dimusim Kemarau	101
Tabel L. 5 Contoh Hasil survey traffic counting di Jl. Urip Sumoharjo	103
Tabel L. 6 Contoh Hasil survey traffic counting di Jl. Pemuda	105
Tabel L. 7 Contoh Hasil survey traffic counting di Jl. Embong Malang	106
Tabel L. 8 Contoh Rata-rata beban emisi tiap jalan	108
Tabel L. 9 Faktor harian (<i>Fh</i>) beban emisi di Surabaya	111
Tabel L. 10 Lalu lintas rata-rata mingguan di Surabaya.....	112
Tabel L. 11 Faktor mingguan (<i>Fm</i>) beban emisi di Surabaya.....	114
Tabel L. 12 Contoh Form inputan data kecepatan angin	115
Tabel L. 13 Contoh Form Inputan Model Arah angin lokal.....	116
Tabel L. 14 Contoh Form Input Data Faktor total.....	117
Tabel L. 15 Contoh Input Data teknis jalan	118
Tabel L. 16 Contoh Hasil <i>running</i> model	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peta Surabaya dan batas lokasi penelitian	5
Gambar 2. 2	Peta wilayah studi wilayah Surabaya Pusat.....	6
Gambar 2. 3	Lokasi penelitian.....	8
Gambar 2. 4	Konsumsi BBM Nasional per tahun	13
Gambar 2. 5	Gambar hubungan kecepatan dengan derajat kejuhan, pada tipe jalan 4/2T, 6/2T	20
Gambar 2. 6	Transformasi Koordinat arah angin terhadap jalan.....	22
Gambar 3. 1	Kerangka Penelitian.....	27
Gambar 3. 2	Peta yang digunakan untuk <i>running</i>	39
Gambar 4. 1	Perbandingan volume lalu lintas Surabaya Pusat.....	49
Gambar 4. 2	Proporsi kendaraan pada ruas jalan arteri sekunder	50
Gambar 4. 3	Derajat Kejuhan di Surabaya Pusat	51
Gambar 4. 4	Perbandingan Konsentrasi SO ₂ antara musim kemarau dan penghujan.....	52
Gambar 4. 5	Tren SO ₂ Tahun 2017	53
Gambar 4. 6	Konsentrasi SO ₂ musim penghujan.....	54
Gambar 4. 7	Konsentrasi SO ₂ musim kemarau.....	55
Gambar 4. 8	<i>Windrose</i> pada musim kemarau.....	56
Gambar 4. 9	<i>Windrose</i> pada musim penghujan.....	57
Gambar 4. 10	<i>Windrose</i> pada musim kemarau.....	58
Gambar 4. 11	<i>Windrose</i> pada musim penghujan.....	58
Gambar 4. 12	Perbandingan data dan model pada musim kemarau.....	65
Gambar 4. 13	Perbandingan data dan model pada musim penghujan.....	66
Gambar 4. 14	Lokasi SUF-1 dan jalan	67
Gambar 4. 15	Pola sebaran ambien pada musim kemarau pada kecepatan angin rendah	75
Gambar 4. 16	Pola sebaran ambien pada musim kemarau kecepatan angin sedang.....	76
Gambar 4. 17	Pola sebaran ambien pada musim penghujan kecepatan angin rendah	79
Gambar 4. 18	Pola sebaran ambien pada musim penghujan kecepatan angin sedang.....	80

Gambar 4. 19 Hasil <i>overlay</i> musim kemarau pada kecepatan angin tinggi	85
Gambar 4. 20 Hasil <i>overlay</i> musim penghujan pada kecepatan angin tinggi	86
Gambar L. 1 Tren volume lalu lintas harian rata-rata Kota Surabaya dan ekstrapolasi.....	108
Gambar L. 2 perubahan volume trafik mingguan di Surabaya diolah dari Utomo, 2016	114

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya secara geografis terletak di 7°9' - 7°21' LS dan 112°36' - 112°57' BT, berada pada ketinggian 3-6 meter di atas permukaan laut (Bappeda Jatim, 2013). Berdasarkan data BPS Kota Surabaya Dalam Angka (2017), jumlah penduduk kota Surabaya sebesar 2,6 juta jiwa dan akan terus bertambah setiap tahunnya. Laju pertumbuhan penduduk dan tingginya aktivitas akan berdampak pada peningkatan volume kendaraan bermotor (Putut, 2011). Menurut data *Environment Protection Agency* (2012), kepadatan kendaraan bermotor menyumbang 70-83% pencemaran udara di perkotaan. Salah satu wilayah dengan kandungan pencemar udara tertinggi adalah Surabaya Pusat. Berdasarkan data yang dihimpun dari Dinas Perhubungan (2017) volume kendaraan bermotor yang melintasi wilayah ini sebanyak 61.118 kendaraan per hari. Menurut González *et al.* (2017), Emisi didominasi oleh aktivitas kendaraan bermotor, dengan lebih dari 90% jumlah polutan udara seluruhnya. Selain itu, Surabaya Pusat merupakan wilayah yang dialokasikan sebagai pusat kegiatan meliputi; perdagangan, jasa komersil, pemerintahan, dan pemukiman (RTRW Kota Surabaya 2014), sehingga terdapat banyak gedung tinggi serta kurangnya daerah resapan (Fahrisa, 2017).

Distribusi pencemar udara terbagi kedalam dua zat pencemar udara antara lain: pencemar konservatif merupakan salah satu pencemar primer dan tidak dipengaruhi oleh pencemar lain di atmosfer. Selanjutnya, pencemar non-konservatif merupakan pencemar yang dapat dipengaruhi oleh reaksi fotokimia di atmosfer. Salah satu pencemar konservatif adalah SO₂. Kedua jenis pencemar ini berbeda dalam pendekatan memodelkan dispersinya. Pencemar konservatif cenderung mengikuti konservasi masa, sedangkan pencemar non-konservatif akan mengalami pengurangan massa individual dalam dispersinya karena transformasi ke bentuk lain (Assomadi, 2016).

Gas sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil, seperti hasil pembakaran batu bara dari proses industri dan salah satu hasil

emisi dari aktivitas transportasi (Ni'am, 2009). Armas *et al.* (2016), menjelaskan bahwa proses pembakaran mesin kendaraan bermotor berbahan bakar solar dan bensin menghasilkan emisi salah satunya berupa SO₂. Menurut Suhadi (2008), kandungan sulfur dalam solar sebesar 0,2156% lebih besar dari bensin 0,015% dan berat jenis solar pun lebih besar dari bensin yaitu 838 g/l dan 735 g/l. Kondisi ini yang dapat mempengaruhi faktor emisi SO₂. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya konsentrasi SO₂ tertinggi pada bulan September 2017 mencapai 432,37 µg/m³. Sedangkan, baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan PP No. 41/1999 yaitu sebesar 365 µg/Nm³ sehingga kondisi ini melebihi baku mutu. Namun, pada kondisi tertentu di bulan September 2017 konsentrasi SO₂ mengalami penurunan signifikan sebesar 9,23 µg/Nm³. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Gusnita (2016) dengan metode *pulse fluorescence* (UV) didapatkan hasil bahwa konsentrasi polutan SO₂ tertinggi terjadi pada musim kemarau. Hal ini terjadi karena intensitas hujan yang rendah sehingga mengurangi proses *washing out* polutan yang ada di atmosfer. Tingginya polutan SO₂ berdampak terhadap Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Kota Surabaya, apabila konsentrasi SO₂ dikonversikan kedalam nilai ISPU menjadi 112. Kondisi ini dinyatakan tidak sehat yang dinotasikan dengan warna kuning. Pengaruh kondisi ini dapat menimbulkan bau dan meningkatkan kerusakan pada tanaman (Fahrisa, 2017).

Untuk mengetahui konsentrasi dari polutan udara, maka diperlukan suatu pengelolaan kualitas udara salah satunya berupa stasiun pemantauan kualitas udara. Pahlavani *et al.* (2017) menyatakan bahwa stasiun pemantau kualitas udara merupakan sumber informasi utama untuk menghasilkan pemetaan pencemaran udara. Menurut Wisi (2012), kekurangan dari alat ini adalah dibutuhkan biaya yang mahal untuk perawatan dan operasi, selain itu penentuan lokasi pencemar dengan tingkat akurasi yang masih minim. Berdasarkan KLHK Jawa Timur (2017), Surabaya memiliki stasiun pemantau kualitas udara sebanyak 7 SUF, namun hanya 3 SUF yang masih beroperasi. Maka, salah satu upaya pengelolaan kualitas udara untuk memperoleh sumber informasi diperlukan model dispersi udara (Assomadi, 2016).

Menurut Popescu., *et al* (2011) pergerakan udara yang keluar dari suatu sumber dan tersebar di udara ambien dengan pengaruh angin dan meteorologi disebut dispersi. Selain itu, Brusca *et al.* (2016), menjelaskan banyak model dispersi yang telah dikembangkan dan digunakan untuk memperkirakan polutan berdasarkan kondisi meteorologi salah satunya model *Gauss*. Menurut Visscher (2014), kelebihan model ini adalah penggunaan yang mudah dan efisien. Melalui model dispersi, dapat diperkirakan konsentrasi polutan diberbagai titik sebagai fungsi ruang berdasarkan kondisi meteorologi daerah tersebut dengan menggunakan persamaan numeris (Hassan, 2000). Selanjutnya dari perhitungan konsentrasi di berbagai titik, dipetakan kontur pesebaran dispersinya. Berdasarkan perhitungan didapatkan gambaran mengenai kualitas udara disekitar sehingga dapat dijadikan dasar dalam perencanaan pengelolaan kualitas udara.

Adapun penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola pesebaran dan area-area yang berpotensi menerima konsentrasi emisi tertinggi SO₂ dalam radius 5 km dari SUF-1 dengan menggunakan model *Gauss* termodifikasi. Selanjutnya, distribusi ruang yang dianalisis menggunakan sumber garis (*line sources*). Menurut PERMENLH No.12/2010, sumber garis (*line sources*) merupakan sumber pencemar yang dapat berpindah tempat sehingga terdistribusi pada jarak tertentu. Wilayah studi dari penelitian ini mencakup beberapa ruas jalan arteri primer dan sekunder di wilayah Surabaya Pusat. Jalan tersebut dipilih sebagai sumber dikarenakan terletak dalam radius sekitar 5 km dari SUF-1 dan memiliki tingkat aktivitas lalu lintas yang padat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model pesebaran konsentrasi emisi SO₂ yang diemisikan oleh kendaraan akibat aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Pusat?
2. Dimana area-area yang berpotensi menerima pencemar terbesar akibat aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Pusat?

1.3 Tujuan

Dari permasalahan diatas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan model pesebaran konsentrasi emisi SO_2 yang diemisikan oleh kendaraan akibat aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Pusat.
2. Mengidentifikasi area-area yang berpotensi menerima pencemar terbesar akibat aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Pusat.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dari penelitian ini mencakup:

1. Modifikasi model Gauss yang diolah dengan menggunakan rumus dari penelitian terdahulu yaitu persamaan Assomadi (2016).
2. Data yang digunakan adalah data DISHUB, data dari Stasiun Pemantau Kualitas Udara SUF-1 dari DLH dan data BMKG Kota Surabaya.
3. Pembuatan model menggunakan polutan udara konservatif berupa SO_2 .
4. Penelitian ini dilakukan pada sumber garis (*line source*) di ruas jalan arteri primer dan arteri sekunder di wilayah Surabaya Pusat dalam radius 5 km dari SUF-1.
5. Aktivitas lalu lintas tidak memperhitungkan kejadian luar biasa, seperti: hari libur, kecelakaan, kemacetan incidental, dan sebagainya.
6. Skenario dispersi pencemar udara yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada variasi musim dan kecepatan-arah angin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

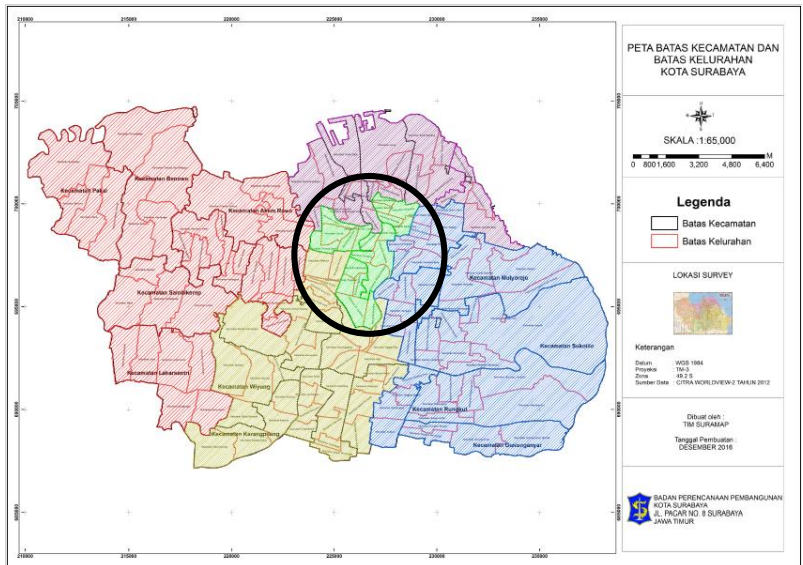
1. Memperoleh gambaran model persebaran polutan SO_2 yang diemisikan oleh aktivitas kendaraan bermotor.
2. Memberikan informasi sebagai bahan pertimbangan penunjang untuk sumber data pelengkap dari operasional monitoring kualitas udara.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

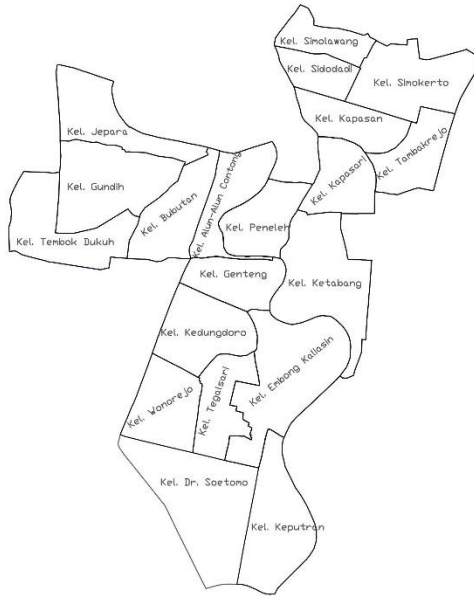
2.1 Gambaran Umum Batas Wilayah Studi

Lingkup dari penelitian ini berdasarkan emisi yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas untuk wilayah Surabaya Pusat. Wilayah ini memiliki total luas wilayah sebesar 14,79 km² (BPS Kota Surabaya dalam Angka, 2017). Berikut ini adalah batasan-batasan wilayah Surabaya Pusat dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2:

Bagian Utara	: Kecamatan Pabean Cantikan
Bagian Timur	: Kecamatan Gubeng dan Kecamatan Tambaksari
Bagian Selatan	: Kecamatan Wonokromo
Bagian Barat	: Kecamatan Sawahan



Gambar 2.1 Peta Surabaya dan batas lokasi penelitian
Sumber: Bappeko Surabaya



Gambar 2. 2 Peta wilayah studi wilayah Surabaya Pusat
 Sumber: Bappeko Surabaya

Tabel 2.1 merupakan wilayah yang termasuk Surabaya Pusat, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Kelurahan di Surabaya Pusat

Kecamatan	Kelurahan
Tegalsari	Dr. Sutomo
	Kedungdoro
	Keputran
	Tegalsari
	Wonorejo
Simokerto	Kapasari
	Sidodadi
	Simokerto
	Simolawang
	Tambakrejo

Kecamatan	Kelurahan
Genteng	Embong Kaliasin
	Genteng
	Kapasari
	Ketabang
Bubutan	Peneleh
	Alun-alun Contong
	Bubutan
	Gundih
	Jepara
	Tembok Dukuh

Pengukuran kualitas udara di wilayah ini menggunakan SUF-1. SUF-1 yang terletak di Taman Prestasi berlokasi di Jl. Ketabang Kali No.6, kecamatan Genteng, Kota Surabaya. Radius pengukuran kualitas udara dari SUF-1 sejauh 5 km.

Wilayah studi dalam penelitian ini adalah beberapa ruas jalan di wilayah Surabaya Pusat. Berikut ini pada Tabel 2.2 merupakan ruas jalan yang termasuk dalam wilayah studi, yang diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07/2003.

Tabel 2. 2 Nama Jalan dan Kelas Jalan

Nama Jalan	Kelas Jalan	Kelurahan
Jl. Diponegoro	Arteri Primer	Tegalsari
Jl. Embong Malang	Arteri Sekunder	Genteng
Jl. Jend. Basuki Rahmat	Arteri Sekunder	Embong Kaliasin
Jl. Panglima Sudirman	Arteri Sekunder	
Jl. Urip Sumoharjo	Arteri Sekunder	
Jl. Pemuda	Arteri Sekunder	
Jl. Gemblongan	Arteri Sekunder	Alun-alun Contong
Jl. Bubutan	Arteri Sekunder	
Jl. Kedungdoro	Arteri Sekunder	Kedungdoro

Pemilihan ruas jalan arteri dikarenakan jalan arteri dialokasikan sebagai jalan jarak jauh serta kecepatan yang relatif tinggi (UU No. 38/2004). Hal ini berkaitan dengan konsumsi bahan bakar dan kecepatan. Pada kecepatan yang relatif tinggi menunjukkan konsumsi bahan bakar yang tinggi pula serta konsumsi minimum pada kecepatan yang sedang kisaran 60-70 km/jam. Maka, berdasarkan data yang diperoleh dari dishub tercatat ruas jalan arteri memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Kepadatan kendaraan bermotor menyumbang 70-83% pencemaran udara di perkotaan (EPA, 2012). Hal ini relevan bahwa transportasi sebagai sumber pencemar yang dominan sebesar 70% khususnya di daerah perkotaan (Kusminingrum dan Gunawan). Lokasi penelitian dari sumber pencemar utama, dapat diamati pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Lokasi penelitian
 Sumber: www.google.com/earth

2.2 Keadaan Fisik (Meteorologis dan Klimatologi)

Secara klimatologi Kota Surabaya, terdapat dua musim yaitu kemarau dan penghujan. Musim kemarau terjadi pada bulan April sampai September, sedangkan musim penghujan terjadi pada bulan Oktober sampai Maret. Kota Surabaya

memiliki curah hujan yang berbeda-beda disetiap bulannya. Pada tahun 2016 curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 427 mm (BMKG, 2016).

Kota Surabaya, memiliki tingkat kelembaban rata-rata sebesar 77%, dengan suhu rata-rata sebesar 29°C dan penyinaran matahari 61%. Sedangkan, kecepatan angin rata-rata sebesar 3 Knot dengan arah angin dominan menunjukkan arah ke timur (BPS Surabaya, 2017)

2.3 Sumber Pencemar Udara

Sumber pencemaran udara menurut Soedomo (2001), berasal dari kegiatan yang bersifat alami dan bersifat antropogenik. Kegiatan yang bersifat alami diantaranya bersumber dari letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dll. Sedangkan, pencemaran udara akibat aktivitas manusia (antropogenik) secara kuantitatif lebih besar, karena bersumber dari kegiatan transportasi, industri, persampahan dari proses dekomposisi ataupun pembakaran, dan aktivitas rumah tangga. Berdasarkan PERMENLH 12/2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah, Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan. Sumber pencemar udara terdiri atas beberapa kategori, antara lain:

Berdasarkan pencemarnya terdiri atas:

- Pencemar Spesifik: Pencemar yang berasal dari sumber spesifik di suatu tempat tertentu. Misalnya: debu atau partikulat dari industri semen dan amonia dari industri pupuk.
- Pencemar Indikatif: pencemar bersifat umum dan ditemukan hampir di semua tempat. Misalnya: CO, Oksida Nitrogen dan *Total Suspended Particulat*.

Berdasarkan keadaan sumber pencemarnya yang terdiri atas:

- Sumber Tetap (*Stationary Sources*) yaitu Sumber pencemar yang tidak berpindah lokasi. Misalnya: Pembangkit Listrik, Pemukiman, dan Industri.
- Sumber Bergerak (*Mobile Sources*) yaitu sumber pencemar dapat berpindah tempat. Misalnya: kendaraan bermotor, kereta api dan pesawat terbang.

Berdasarkan distribusi ruangnya yang terdiri atas:

- Sumber Titik (*Point Sources*) yaitu sumber pencemar yang berada di tempat tertentu. Misalnya: industri.
- Sumber Garis (*Line Sources*) yaitu sumber pencemar yang dapat berpindah tempat sehingga terdistribusi pada jarak tertentu. Misalnya: kendaraan bermotor.
- Sumber Area (*Area Sources*) yaitu sumber pencemar dimana sumber pencemar terdistribusi dalam area tertentu. Misalnya: kebakaran hutan.

Berdasarkan pembentukan pencemarnya yang terdiri atas:

- Pencemar Primer yaitu adalah pencemar udara yang komposisinya tidak mengalami perubahan dalam atmosfer, baik secara kimiawi maupun fisik dalam jangka waktu tertentu. Misalnya: CO, CO₂, dan CH₄.
- Pencemar Sekunder yaitu pencemar yang terbentuk di atmosfer sebagai hasil reaksi-reaksi atmosferik. Misalnya: hidrolisis, reaksi fotokimia dan oksidasi.

Meningkatnya populasi dan aktivitas kendaraan di suatu tempat berdampak pada emisi kendaraan yang menjadi faktor penting salah satu sumber pencemaran udara (Gong *et al.*, 2017). Kusminingrum dan Gunawan (2008), menjelaskan bahwa perkembangan volume lalu lintas di perkotaan Indonesia mencapai 15% pertahun. Transportasi di kota-kota besar merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, dimana 70% pencemaran di perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor. Menurut Gong *et al.* (2017), Sekitar 55% emisi CO dan HC berasal dari kendaraan berbahan bakar bensin, sedangkan sekitar 60% NO_x, PM₁₀ dan SO₂ berasal dari kendaraan berbahan bakar diesel. Siagian dan Silaban (2008) menerangkan bahwa parameter

polusi udara dari kendaraan bermotor seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), metan (CH₄), nonmetan (NonCH₄), sulfur dioksida (SO₂) dan PM₁₀. Fardiaz (1992), menjelaskan bahwa sumber polusi utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari CO dan sekitar 15% terdiri dari HC. Menurut Liao *et al.* (2015), sumber polusi tertinggi berasal dari sektor transportasi sebesar 78,5%, sedangkan emisi pembakaran sampah dari insenerasi dan sektor industri sebesar 56,3% dan 53,7%.

2.4 Transportasi

Berdasarkan distribusi ruangnya yang diatur dalam PERMENLH 12/2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, mengenai sumber garis (*Line Sources*) yaitu sumber pencemar yang dapat berpindah tempat sehingga terdistribusi pada jarak tertentu. Misalnya: aktivitas kendaraan bermotor di jalan raya. Teknologi disektor transportasi darat mengalami peningkatan yang signifikan di Indonesia. Hal ini karena dapat mempermudah aktivitas dalam memenuhi kebutuhan. Namun, hal tersebut berdampak negatif, emisi yang dihasilkan juga meningkat (Tiarani dkk, 2016). Menurut Sejati (2011), kendaraan bermotor mengeluarkan emisi berupa CO, NO_x, SO₂, dan HC menyumbang 1/3 dari total gas pencemar udara. Pada tahun 2005, perbandingan antara jumlah sepeda motor dan penduduk di Indonesia diperkirakan mencapai 1:8, kondisi ini akan terus meningkat. Akibatnya ruas jalan di Indonesia semakin padat bukan hanya di kota-kota besar, bahkan sampai ke pelosok daerah (WHO, 1979 dalam Ismiyati dkk, 2014). Berdasarkan data yang dihimpun oleh Polantas Kota Besar Surabaya, jumlah kendaraan yang beroperasi pada tahun 2015 sebesar 2.126.168 kendaraan, meningkat sebesar 5,7% dari 2014 yakni sebanyak 2.011.512 kendaraan. Menurut Vayda (1986) dalam ismiyati (2014), jumlah pertumbuhan kendaraan bermotor merupakan suatu tindakan berupa *progressive contextualization* yaitu suatu pengrusakan atau berdampak terhadap lingkungan hidup.

Berikut ini Tabel 2.3 pertumbuhan jumlah kendaraan menurut di Surabaya 2010-2015.

Tabel 2. 3 Jumlah Kendaraan Bermotor menurut Jenisnya

Jenis Kendaraan	2013	2014	2015
Sedan dan sejenisnya	50.164	53.024	56.046
Jeep dan sejenisnya	31.324	33.110	34.997
STWAGON dan sejenisnya	230.094	243.209	257.072
Bus dan sejenisnya	2.628	2.777	2.936
Truk dan sejenisnya	106.555	112.629	119.049
Sepeda motor dan sejenisnya	1.482.115	1.566.595	1.655.891
Alat berat dan sejenisnya	159	168	177
Jumlah	1.903.039	2.011.512	2.126.168

Sumber: BPS Kota Surabaya dalam Angka, 2017

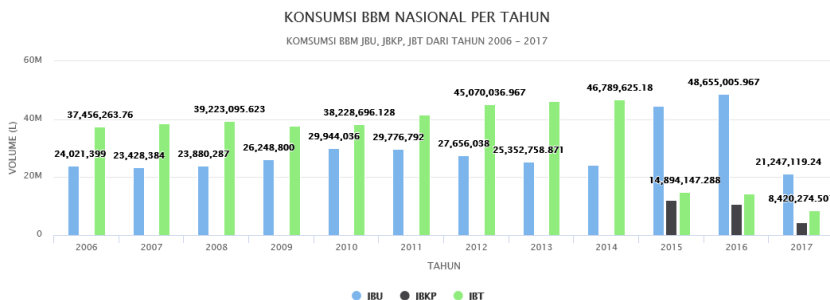
Menurut Wisi (2012), polusi udara dari kegiatan transportasi dapat diketahui berdasarkan klasifikasi kelas jalan dan jenis bahan bakar. Klasifikasi jalan berdasarkan UU No. 38/2004 tentang Jalan, yaitu menurut fungsinya jalan terdiri atas empat macam antara lain:

- Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak

dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

- Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

Jenis kendaraan berpengaruh terhadap jumlah polutan yang dihasilkan dikarenakan jumlah konsumsi BBM. Dengan mengetahui jumlah BBM untuk tiap jenis kendaraan maka dapat diketahui jumlah pencemar yang dihasilkan dengan menghubungkan faktor emisinya. Konsumsi bahan bakar per tahun dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Konsumsi BBM Nasional per tahun
Sumber: <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional>

- Keterangan:
- JBU (Jenis BBM Umum)
 - JBKP (Jenis BBM Khusus Penugasan), meliputi bensin (premium) minimum Ron 88
 - JBT (Jenis BBM Tertentu), meliputi solar dan kerosene

Berdasarkan Gambar diatas dapat disimpulkan bahwa, konsumsi BBM jenis solar lebih banyak dikonsumsi pada rentang waktu tahun 2006-2014. Sedangkan BBM jenis bensin pada tahun 2015-2017 lebih banyak dikonsumsi dibandingkan solar. Hal ini dikarenakan mulai direalisasikan program langit

biru untuk mengendalikan dan mencegah pencemaran udara yang dicanangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup yang dibantu oleh Departemen Perhubungan. Menurut Suhadi (2008), faktor emisi kendaraan berbahan bakar solar lebih besar daripada kendaraan berbahan bakar bensin untuk jenis polutan SO₂, sehingga emisi yang dikeluarkan lebih banyak dari kendaraan berbahan bakar solar. Konsumsi bahan bakar untuk untuk tiap jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Perilaku Penggunaan BBM

No.	Jenis Kendaraan	Bensin (L/hari)	Solar (L/hari)
1	Beban	11,85	17,45
2	Penumpang Pribadi	9,9	11,96
3	Penumpang umum	24,74	28,68
4	Bus besar pribadi	-	34,68
5	Bus besar umum	-	84,29
6	Bus kecil pribadi	-	17,77
7	Bus kecil umum	-	45,52
8	Truk besar	-	61,54
10	Truk kecil	-	20,74
11	Roda tiga	10,16	-
12	Roda dua	1,85	-

Sumber: Survei perilaku penggunaan BBM oleh BPH MIGAS, 2008

2.4.1 Kandungan Sulfur dalam BBM

Menurut Suhadi (2008), kandungan sulfur dalam solar 0,2156% lebih besar dari bensin 0,015%, dan berat jenis bahan bakar solar 838 g/l lebih besar dari bensin 735 g/l, kondisi inilah yang mempengaruhi nilai faktor emisi. Faktor emisi yang dihasilkan kendaraan berbahan bakar solar lebih besar, sehingga emisi SO₂ yang dikonstrubusikan lebih banyak dari kendaraan bermesin diesel.

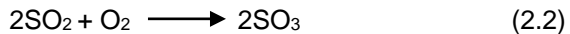
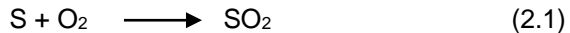
2.5 Karakteristik Polutan Udara SO₂

Karakteristik dari pencemar udara berupa SO₂, terdiri atas beberapa bagian antara lain: sifat fisik dan kimianya, sumber

dan persebaran polutan udara, serta kesesuaian dengan baku mutu.

2.5.1. Sifat Fisik dan Kimia SO₂

Menurut Wisi (2012), pencemaran oleh sulfur oxide (SO_x) terutama disebabkan oleh dua komponen sulfur bentuk gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (SO₃). Proses pembentukan SO_x sebagai berikut:



Setelah berada di atmosfer, sebagian SO₂ akan ditransformasi menjadi SO₃, kemudian ketika bereaksi dengan uap air menjadi H₂SO₄ hal ini terjadi berdasarkan proses fotolitik dan katalitik, berikut ini reaksi kimianya:



(Ni'am,2009)

SO₂ memiliki karakteristik seperti gas yang tidak berwarna, tidak mudah meledak, larut dalam air dan tetesan hujan, bersifat asam berbau menyengat (Khaniabadi *et al.*, 2017). Emisi SO₂ dapat bereaksi dengan senyawa lainnya dapat membentuk partikel halus (kabut) yang dapat mengurangi jarak pandang (EPA, 2017). Pada musim kemarau SO₂ mengalami persebaran (*dispersion*), sehingga pada musim ini konsentrasi SO₂ rata (Mallik dan Lal, 2013).

2.5.2. Sumber dan Distribusi SO₂

Gas SO₂ merupakan gas polutan yang dihasilkan dari proses pembakaran fosil (Sunu, 2001). SO₂ merupakan sumber pencemar antropogenik (Qu *et al.*, 2016), antropogenik berasal

dari aktivitas meliputi: proses industri pembakaran batu bara dan bahan bakar fosil, sedangkan dari proses alam gas SO₂ bersumber dari letusan gunung berapi. Emisi SO₂ yang dihasilkan menyumbang pencemaran udara seperti pembangkit listrik 46%, kegiatan industri sebesar 36%, aktivitas transportasi darat sebesar 8% dan pembakaran biomass sebesar 6%. (Garg *et al.*, 2001).

2.5.3. Dampak SO₂ Terhadap Lingkungan

SO₂ merupakan pencemar primer yang dapat berdampak terhadap kesehatan dan lingkungan (WHO, 2005 dalam Mallik dan Lal, 2013). Gas ini memiliki efek yang buruk pada vegetasi, setiap kenaikan 1% SO₂ berdampak pada kenaikan 0,9% aerosol sulfat (Manktelow *et al.*, 2007). Pengaruh SO₂ terhadap tumbuhan terjadi pada bagian daun, hal ini terjadi karena kerusakan pada *spongy* dan *palisade* dibagian daun yang berakibat pada gugurnya daun. Selain itu, gangguan yang terjadi di lapisan *epidermis* yang berakibat *galzing (silvering)* dipermukaan daun karena polutan yang menempel. Hal ini berdampak pada kemunduran pertumbuhan, karena berkurangnya kemampuan berfotosintesi, dan kemampuan stomata yang menurun (Budiyono Afif, 2001)

2.5.4. Baku Mutu Udara Ambien

Definisi baku mutu udara ambien menurut PP No. 41 tahun 1999 adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Dalam penelitian ini baku mutu yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Baku Mutu Udara Ambien Nasional

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Sulfur dioksida (SO ₂)	24 jam	262 µg/Nm ³ 0,1 ppm

Sumber: Pergub Jatim No. 10/2009

2.6 Stasiun Pemantau Kualitas Udara

Pahlavani *et al.*, (2017) menyatakan bahwa stasiun pemantau kualitas udara merupakan sumber informasi utama untuk menghasilkan pemetaan pencemaran udara. Penentuan lokasi stasiun pemantau kualitas udara harus bersifat representatif dengan cakupan ruang yang memadai (Alsahli dan Al-Harbi, 2017). Konsentrasi polutan yang digunakan dalam SUF antara lain: CO, NO₂, NO, SO₂, PM₁₀ dan O₃ (Rosario dan Francesco, 2016). Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 424/MENKES/SK/IV/2003 tentang Penetapan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS) Sebagai Penyakit Yang Dapat Menimbulkan Wabah dan Pedoman Penanggulangannya, monitoring kualitas udara bertujuan untuk memantau perubahan tingkat pencemaran udara yang terjadi setiap bulannya. Pada fase pra bencana, monitoring kualitas udara dilakukan untuk mengetahui gambaran dan kecenderungan adanya peningkatan tingkat pencemaran di suatu daerah. Data kualitas udara ISPU diperoleh dari Dinas Kesehatan atau dari lintas sektor Dinas Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (DPLHD) atau Laboratorium Kesehatan Daerah dan stasiun pemantauan lainnya. Data lokasi SUF di Surabaya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Lokasi SUF di Surabaya

Nomor	Lokasi	Status
SUF-1	Taman Prestasi	Aktif
SUF-2	Perak Timur	Non-Aktif
SUF-3	Sukomanunggal	Non-Aktif
SUF-4	Gayungan	Non-Aktif
SUF-5	Gebang Putih	Non-Aktif
SUF-6	Wonorejo	Aktif
SUF-7	Kebonsari	Aktif

Sumber: DLH Surabaya, 2017

2.7 Model Dispersi Pencemar Udara

Model dispersi pencemar udara merupakan model yang tepat dalam memprediksikan konsentrasi pencemar udara berdasarkan kondisi meteorologi dengan menggunakan persamaan numeris (Brusca *et al.*, 2016). Model dispersi bertujuan untuk mendapatkan informasi emisi yang dihasilkan dari sumber, dengan memperhatikan data pendukung seperti; beban emisi, data meteorologi, topografi wilayah sehingga akan didapatkan perkiraan konsentrasi dari polutan udara (Holmes and Morawska, 2006 dalam Kukkonen *et al.*, 2012). Penyebaran polutan udara dipengaruhi oleh faktor meteorologi berupa kecepatan dan arah angin. Faktor meteorologi berperan dalam perpindahan polutan dari sumber ke penerima (Vinayagam *et al.*, 2016).

2.7.1. Beban Emisi

Faktor emisi berdasarkan PERMENLH No. 12/2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah merupakan nilai/angka yang merepresentasikan besaran/kuantitas pencemar yang diemisikan ke atmosfer oleh suatu aktivitas. Nilai ini dapat dinyatakan dalam massa pencemar per unit berat, volume, jarak atau durasi suatu aktivitas mengemisikan pencemar tersebut. Angka faktor ini berasal dari nilai rata-rata statistik dari data pemantauan yang tersedia, yang umumnya diasumsikan telah merepresentasikan nilai rata-rata jangka panjang untuk suatu kategori sumber pada aktivitas/fasilitas yang spesifik. Faktor emisi kendaraan bermotor dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

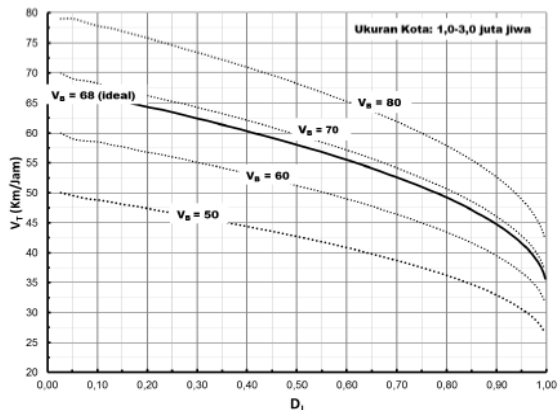
- Karakteristik geografi (meteorologi dan variasi kontur)
- Karakteristik bahan bakar
- Teknologi kendaraan
- Pola kecepatan kendaraan bermotor.

Pola hubungan konsumsi bahan bakar dengan kecepatan rata-rata kendaraan menunjukkan konsumsi yang sangat tinggi pada kecepatan rendah dan konsumsi minimum pada kecepatan sedang 60 – 70 km/jam

(Mathew, 2014). Sedangkan beban emisi menurut Assomadi (2016), adalah beban emisi yang bersumber dari *line source* dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar pada rentang waktu dan panjang jalan tertentu. Penggunaan bahan bakar menjadi poin utama dalam menyatakan besaran faktor emisi.

Faktor emisi yang diperhitungkan mengacu pada faktor emisi nasional berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 10/2012 tentang pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Faktor emisi kendaraan untuk kota metropolitan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Persamaan matematis ini diawali dengan menentukan jumlah kendaraan dalam ekh/jam, selanjutnya diketahui nilai konversi ekuivalen kendaraan ringan (EKR) sehingga dapat digunakan untuk mendapatkan faktor koreksi yang dibutuhkan. Faktor koreksi diperlukan untuk menghubungkan kecepatan dengan bahan bakar yang dihasilkan. Untuk memperoleh faktor koreksi maka, diperlukan data kecepatan dari kendaraan di ruas jalan tertentu yang kemudian di plot pada grafik berdasarkan PKJI 2014, dapat dilihat pada Gambar 2.5 merupakan pola hubungan kecepatan dengan derajat kejenuhan.



Gambar 2. 5 Gambar hubungan kecepatan dengan derajat kejenuhan, pada tipe jalan 4/2T, 6/2T

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2014, untuk mobil penumpang dan/atau kendaraan ringan memiliki faktor konversi ekr sebesar 1 (satu). Maka, Tabel nilai EKR untuk tiap jalan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Ekvivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah

Tipe jalan	Arus lalu-lintas per lajur (kend/jam)	ekr	
		KB	SM
2/1, dan 4/2T	< 1050	1,3	0,40
	≥ 1050	1,2	0,20
3/1, dan 6/2D	< 1100	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber: PKJI, 2014

*Perhitungan Beban emisi pencemar udara menggunakan persamaan Tier 1, berikut ini persamaannya:

$$Q = n \times FE \times L \times FK \times fe \quad (2.4)$$

Dimana:

- Q = beban emisi (gram/jam)
- n = jumlah kendaraan (ekr/jam)
- FE = faktor emisi SO₂ (gram/km)
- L = panjang jalan (km)
- FK = faktor koreksi
- fe = faktor EKR

Tabel 2. 8 Faktor emisi kendaraan bermotor untuk kota metropolitan

Kategori perhitungan pencemaran udara	SO ₂ (g/km)
Sepeda motor	0,008
Mobil	0,11
Bis	0,93
Truk	0,82
Angkot	0,029
Taksi	0,025
Pick-up	0,13
Minibus	0,14

Sumber: Permen LH 12/2010

Berikut kategori kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 2.9.

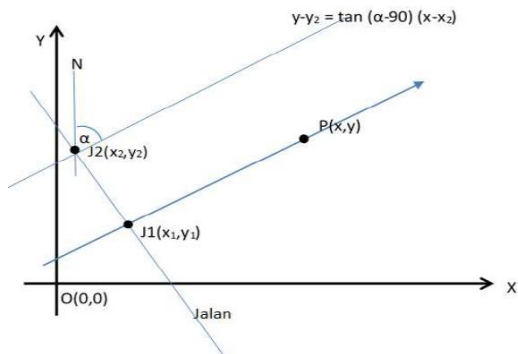
Tabel 2. 9 Kategori kendaraan bermotor

Kategori Untuk Perhitungan Beban Pencemar Udara	Sub-Kategori untuk perhitungan Beban Pencemar Udara
Sepeda Motor	Roda 2 Roda 3
Mobil	Sedan Jeep Ven/minibus Taksi Mikrolet/angkutan kota Pick-up
Bis	Metromini dan sejenisnya Bis
Truk	Truk dan alat berat

Sumber: Permen LH 12/ 2010

2.7.2. Transformasi Koordinat Kartesius

Apabila suatu sumber dilewati oleh angin pada arah tertentu, maka jarak penerima ditransformasikan mengikuti perubahan arah angin (Assomadi, 2016).



Gambar 2. 6 Transformasi Koordinat arah angin terhadap jalan
Sumber: Assomadi, 2016

Persamaan yang digunakan dalam transformasi koordinat pada sumber garis, dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Rumus yang digunakan dalam transformasi koordinat

No.	Keterangan rumus	Persamaan	Ket
1	Gradien Jalan (m)	$m = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$	(2.5)
2	Sudut arah jalan dari N (A)	$A = a \tan(m)$	(2.6)
3	Konstanta garis jalan (k)	$k = y_1 - mx_1$	(2.7)
4	Selisih sudut jalan dengan arah angin (B)	$B = a - 90 + A$	(2.8)
5	Jarak penerima dengan jalan mengikuti arah angin (d)	$d = \frac{((mx_1 + k - y) / \sqrt{(1 + m^2)})}{\sin B}$	(2.9)
6	Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan J1 (x_1)	$x_e = \frac{m_a x - mx_1 - y + y_1}{m_a - m}$	(2.10)
7	Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan J1 (y_1)	$y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1$	(2.11)

Sumber: Assomadi, 2016

2.7.3. Mekanisme Dispersi dari Sumber Garis

Sumber pencemar dari aktivitas lalu lintas menghasilkan emisi. Polutan ini mengalami fenomena fisik yang saling mempengaruhi sehingga terbentuk reaksi difusi, adveksi dan reaksi lainnya. Adveksi merupakan pergerakan media berupa atmosfer atau yang dipengaruhi oleh kecepatan angin (fluida). Sedangkan, difusi berhubungan dengan perbedaan konsentrasi dan turbulensi.

Secara umum, polutan udara akan mengalami pesebaran hingga mencapai batas tertentu. Pada kondisi yang tetap di sumbu (x,y,z) (Assomadi, 2016).

2.7.4. Persamaan Model Distribusi Pencemar Udara

Sebagian besar pemodelan pencemar udara menggunakan pendekatan matematis salah satunya menggunakan persamaan *gauss* (Nagpure dan Gurjar, 2014). Pendekatan baru yang digunakan adalah dengan memodifikasi model *gauss* berdasarkan penelitian terdahulu

Assomadi (2016), persamaan dalam memodelkan distribusi pencemaran udara dari sumber garis yaitu gabungan beberapa titik yang sama dalam membentuk pola garis yang sejajar. Berdasarkan hal tersebut maka nilai D_y yang terdapat pada sumbu y diabaikan, sehingga persamaannya dapat dilihat pada sebagai berikut berikut:

$$C_L(x, y, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi D_z x}} \left(\exp\left(\frac{-(z-H)^2 v}{4D_z x}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2 v}{4D_z x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right) \right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{\sin \theta \left(\frac{L}{2} - y\right) - x \cos \theta}{\sqrt{2D_y x}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\sin \theta \left(\frac{L}{2} + y\right) + x \cos \theta}{\sqrt{2D_y x}}\right) \right] \quad (2.12)$$

Keterangan:

$C_L(x, y, z)$ = Konsentrasi pada titik (x, y, z) (gr/m³)

Q = Beban emisi (gr/det)

x = Jarak searah angin (m)

z = Ketinggian reseptor (m)

H = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)

v = Kecepatan angin (m/det)

λ = Konstanta laju reaksi

D_z, D_y = Konstanta difusi (1,75 torr.cm²/det pada T=30°C)

Pada penelitian ini pencemar bersifat konservatif maka tidak mengalami reaksi fotokimia di atmosfer. Konstanta laju reaksi (λ) bernilai nol, sehingga nilai untuk salah satu ruas persamaan $\left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right)\right)$ bernilai sama dengan 1.

2.7.5. MATLAB

MATLAB merupakan kependekan dari *Matrix Laboratory* berupa bahasa pemrograman tingkat tinggi yang memiliki tingkat sensitivitas dalam menyatakan komputasi matematik (MathWork, 2016). Program MATLAB dapat

digunakan pada bidang yang luas seperti pengolahan gambar dan video, sinyal dan komunikasi, uji dan pengukuran, komputasi dan sebagainya. Selain itu, MATLAB memungkinkan untuk menyelesaikan beberapa kalkulasi teknik, khususnya menggunakan persamaan matriks dan vektor dalam rentang waktu tertentu (Assomadi, 2016). MATLAB memiliki sistem yang terdiri atas (MathWork, 2016):

1. *Tool Dekstop* merupakan *tool* yang digunakan untuk menjalankan perintah ataupun fungsi MATLAB yang akan ditampilkan. Tool ini dapat berupa Command Windows dan MATLAB desktop.
2. *Library* fungsi matematika yaitu sekumpulan dari fungsi-fungsi alogaritma serta pengembangannya.
3. Bahasa pemrograman merupakan bahasa MATLAB tingkat tinggi berupa fitur pemrograman yang mengacu pada objek, *matrix/array*, input dan output.
4. Grafik, fitur yang digunakan untuk menampilkan fungsi yang divisualisasikan kedalam 2D dan 3D, animasi, gambar, dan sebagainya.
5. *Interface external*, fitur yang digunakan untuk memungkinkan berhubungan atau interaksi dengan program lain seperti Fortran, Ms. Excel, dan sebagainya.

Pada penelitian ini menggunakan peranti lunak MATLAB R2013a (32-bit).Ink yang merupakan lisensi manager kampus ITS.

2.7.6. Verifikasi Model

Verifikasi model digunakan untuk menyatakan ketepatan hasil model numerik yang dibangun berdasarkan teori yang dijadikan acuan. Semakin dekat pengukuran dengan acuannya maka model tersebut dikatakan baik (Stein, 2015), verifikasi model memberikan hasil yang berdasarkan EPA dengan nilai korelasi sebesar 0,572. Korelasi digunakan untuk mencari hubungan antar dua variable, maka untuk mendapatkan nilai korelasi menggunakan persamaan berikut:

$$Corr = \frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})(obs_i - \overline{obs})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})} \sqrt{(obs_i - \overline{obs})^2}} \quad (2.13)$$

Selain itu, analisis statistik yang digunakan untuk membandingkan hasil estimasi model berdasarkan rekomendasi EPA yaitu RMSE, dengan nilai sebesar 0,14 atau 14%.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - obs_i)^2} \quad (2.14)$$

Keterangan:

Corr = Korelasi

RMSE = Root Mean Square Error

\bar{y} = Nilai model rata-rata

y_i = Nilai model

\overline{obs}_i = Nilai observasi

\overline{obs} = Nilai observasi rata-rata

Apabila pada tahap verifikasi belum sesuai dengan standar EPA sebesar 0,572 untuk nilai korelasi dan nilai RMSE sebesar 0,14 maka dilakukan kalibrasi menggunakan faktor kalibrasi. dengan cara *trial and error*, persamaan dapat dilihat sebagai berikut:

$$fk = \frac{(39,2 - 3,25 v)v^2}{x} \quad (2.15)$$

Persamaan (2.18) disubsitusikan kedalam rumus modifikasi model gauss untuk dikalikan agar mendapatkan nilai korelasi yang mendekati standar US EPA.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

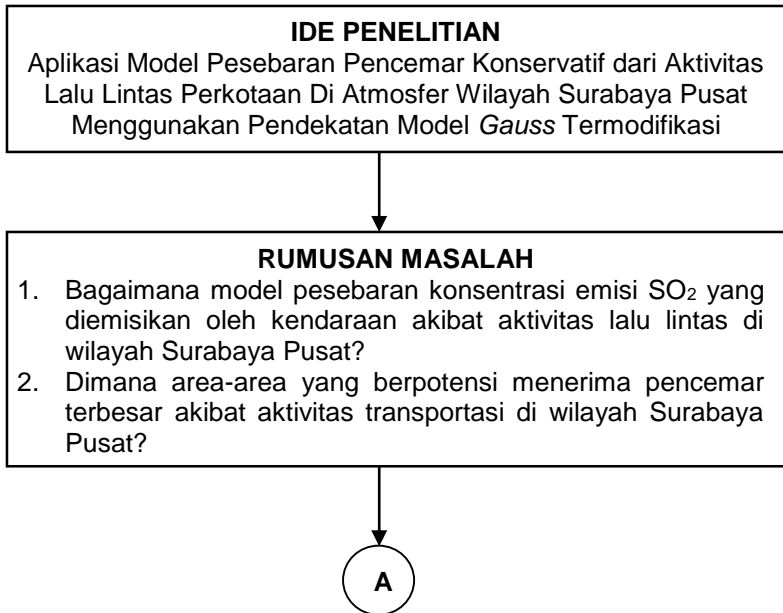
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Secara umum, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pesebaran emisi SO_2 yang dilepaskan ke atmosfer dari aktivitas lalu lintas. Emisi SO_2 dapat menyebabkan dampak berbahaya terhadap makhluk hidup dan lingkungan (Venkatram, 2015). Metode pemodelan yang digunakan adalah model *Gauss* termodifikasi dari sumber garis (*line source*) untuk memperkirakan pencemar udara konservatif SO_2 yang didasarkan dari skenario yang telah direncanakan. Peranti lunak yang digunakan dalam pemodelan adalah Matlab.

3.2 Kerangka Penelitian

Diagram alir kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



A

TUJUAN

1. Menentukan model pesebaran konsentrasi emisi SO₂ yang diemisikan oleh kendaraan akibat aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Pusat.
2. Mengidentifikasi area-area yang berpotensi menerima pencemar terbesar akibat aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Pusat.

Tahap Pendahuluan

Studi Literatur

Pencemaran udara konservatif dan beban emisi dari aktivitas kendaraan bermotor, model dispersi pencemar udara, verifikasi

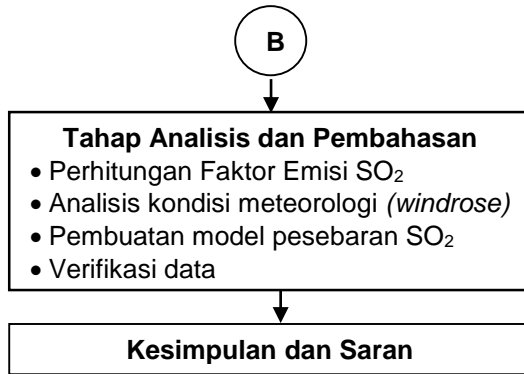
Perizinan ke instansi

- BAKESBANGPOL
- DLH
- Dishub
- BMKG

Tahap Pengumpulan Data (Data Sekunder)

- Peta wilayah studi (Peta Surabaya Pusat)
- Data kualitas udara SO₂ di SUF-1
- Data meteorologi (arah dan kecepatan angin)
- Data volume kendaraan dan kepadatan lalu lintas, klasifikasi jalan.

B



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.3 Penjelasan Kerangka Penelitian

3.3.1 Latar Belakang

Surabaya Pusat merupakan salah wilayah dengan aktivitas lalu lintas yang padat dan cenderung terus meningkat. Kondisi ini berdampak terhadap penurunan kualitas udara akibat produksi emisi gas buang, salah satu emisi yang dihasilkan berupa gas SO₂. Polutan jenis ini termasuk dalam pencemar konservatif, yaitu pencemar yang tidak mengalami reaksi fotokimia di atmosfer. Kandungan sulfur dalam solar lebih besar dari pada bensin yakni sebesar 0,2156% dan 0,015%, hal ini mempengaruhi faktor emisi SO₂. Berdasarkan data yg diperoleh dari DLH kota Surabaya kandungan SO₂ tertinggi pada bulan September 2017 mencapai 432,37 µg/m³, kondisi ini melebihi baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan PP No. 41/1999 sebesar 365 µg/m³. Pengaruh tingginya polutan SO₂ berdampak pada mahluk hidup dan lingkungan. Untuk mengetahui kandungan dari pencemar udara diperlukan suatu pengelolaan kualitas udara, salah satunya berupa Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SUF). Alat ini merupakan sumber informasi utama untuk menghasilkan pemetaan pencemaran udara, namun alat ini memiliki kekurangan dalam hal finansial berupa tingginya biaya perawatan dan operasi serta tingkat akurasi yang relatif terbatas. Maka, salah satu upaya pengelolaan

kualitas udara untuk memperoleh sumber informasi diperlukan model dispersi pencemar udara. Dalam penelitian ini model yang digunakan berupa pendekatan model *Gauss* yang termodifikasi dengan distribusi ruang yang dianalisis menggunakan sumber garis. Melalui model ini, dapat diperkirakan konsentrasi polutan pada sekumpulan titik yang sama berdasarkan kondisi meteorologi wilayah tersebut menggunakan persamaan numeris. Berdasarkan perhitungan akan diperoleh gambaran mengenai kualitas udara sekitar sehingga dapat dijadikan dasar dalam perencanaan pengelolaan kualitas udara. Penelitian ini mencakup ruas jalan arteri primer dan arteri sekunder pada radius 5 km dari SUF-1.

3.3.2 Ide Penelitian

Ide studi pada penelitian ini adalah Aplikasi Model Pesebaran Pencemar Konservatif dari Aktivitas Lalu Lintas Perkotaan Di Atmosfer Wilayah Surabaya Pusat Menggunakan Pendekatan Model *Gauss* Termodifikasi.

3.3.3 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan pada penelitian ini terdiri atas:

1. Melakukan kajian literatur guna mendukung penelitian ini
 - Karakteristik polutan konservatif (SO_2) dan menghitung beban emisi dari sektor transportasi
 - Penentuan model dispersi pencemar udara memodelkan dari sumber garis
 - Memverifikasi model dengan teori menurut EPA
2. Melakukan perizinan kepada instansi terkait, guna mengumpulkan data, antara lain:
 - Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Surabaya
 - Dinas lingkungan hidup
 - Dinas Perhubungan

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

3.3.4 Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Data yang digunakan dalam penelitian

Sumber Data	Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.	Dinas Perhubungan Kota Surabaya
Periode data	5 tahun terakhir (2013-2017)	5 tahun terakhir (2013-2017)	5 tahun terakhir (2013-2017)
Jenis data	Hasil pengukuran kualitas udara, berupa konsentrasi SO ₂ pada SUF-1 di Surabaya Pusat	Data meteorologis, yang meliputi arah dan kecepatan angin, tekanan udara, tutupan awan, dan suhu	Data volume kendaraan yang melintasi ruas jalan di wilayah Surabaya Pusat, data panjang jalan
Keterangan data	Data sekunder	Data sekunder	Data sekunder

3.3.5 Tahap Analisis dan Pembahasan

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk memperoleh gambaran persebaran model konsentrasi SO₂ di wilayah Surabaya Pusat, selanjutnya dilakukan tahap verifikasi guna mengetahui kesesuaian model berdasarkan standar EPA. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam pembuatan model dispersi pencemar udara di perkotaan, antara lain:

1. Mengolah data seri *traffic counting*
Mengolah data seri *traffic counting* digunakan untuk menghitung nilai beban emisi SO₂ yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas. Untuk menghitung beban emisinya menggunakan data

seri *traffic counting* selama 1 tahun terakhir selama 24 jam. Pada penelitian ini digunakan pendekatan matematis berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2014. Persamaan matematis ini diawali dengan mengonversikan dalam satuan kendaraan/jam menjadi ekr/jam, dimana telah diketahui nilai konversi ekivalen kendaraan ringan (EKR) sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat emisi yang dihasilkan, berikut ini persamaannya:

$$n = m \times FK \quad (3.1)$$

Dimana:

- n = jumlah kendaraan (ekr/jam)
- m = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)
- FK = faktor konversi (ekr/kendaraan)

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2014, untuk mobil penumpang dan/atau kendaraan ringan memiliki faktor konversi ekr sebesar 1 (satu). Maka, tabel nilai EKR untuk tiap jalan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Ekivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah

Tipe jalan	Arus lalu-lintas per lajur (kend/jam)	ekr	
		KB	SM
2/1, dan 4/2T	< 1050	1,3	0,40
	≥ 1050	1,2	0,20
3/1, dan 6/2D	< 1100	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber: PKJI, 2014

*Perhitungan beban emisi pencemar udara menggunakan persamaan Tier 1, berikut ini persamaannya:

$$Q = n \times FE \times L \times FK \times fe \quad (3.2)$$

Dimana:

- Q = beban emisi (g/jam)
- n = jumlah kendaraan (ekr/jam)
- FE = faktor emisi SO_2 (g/km)
- L = panjang jalan (km)
- FK = faktor koreksi
- fe = faktor EKR

Setelah diperoleh nilai n dalam satuan ekr/jam, nilai tersebut dikalikan dengan faktor emisi SO_2 yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 sehingga akan diperoleh beban emisinya dari kategori kendaraan. Kemudian, nilai beban emisi (Q) yang telah didapatkan dijumlahkan berdasarkan kategori kendaraan pada 1 tahun yang sama, sehingga akan diperoleh nilai beban emisi pada periode 1 tahun di ruas jalan tertentu.

Tabel 3. 3 Faktor emisi kendaraan untuk kota metropolitan di Indonesia

Kategori perhitungan pencemaran udara	SO_2 (g/km)
Sepeda motor	0,008
Mobil	0,11
Bis	0,93
Truk	0,82
Angkot	0,029
Taksi	0,025
Pick-up	0,13
Minibus	0,14

Sumber: Permen LH 12/2010

2. Mengolah data meteorologi

Pada penelitian ini diawali dengan menghimpun data meteorologi berupa arah dan kecepatan angin. Data yang digunakan untuk verifikasi menggunakan data lokal SUF-1 dan skenario menggunakan data NCDC (*National Climatic Data Center*). Data tersebut dipilih hanya seminggu untuk tiap musimnya. Data arah dan kecepatan angin digunakan mendeskripsikan kecepatan dan arah angin dominan yang terjadi pada musim hujan dan musim kemarau. Selanjutnya, data

arah angin digunakan untuk menentukan sudut yang terbentuk antara sumber penerima (jalan) dan arah angin, sedangkan data kecepatan angin digunakan sebagai variasi dalam perhitungan. Data kecepatan angin yang digunakan, antara lain:

- Kecepatan angin saat maksimum
- Kecepatan angin saat minimum
- Kecepatan angin saat rata-rata

Tabel 3. 4. Skenario Model Dispersi

Musim	Kecepatan Angin		
	Rendah (1)	Sedang (2)	Tinggi (3)
Kemarau (K)	K1	K2	K3
Penghujan (P)	P1	P2	P3

Klasifikasi kecepatan angin yang digunakan didasarkan pada skala *Beaufort* pada kondisi normal di Surabaya yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5. Skala Beaufort

Nomor Beaufort	Kekuatan Angin	Kecepatan rata-rata (m/s)
3	Sedikit tenang	1,5 – 3,3
4	Sedikit hembusan angin	3,3 – 5,5
5	Hembusan angin pelan	5,5 - 8

Data kecepatan dan arah angin diolah menggunakan peranti lunak WRPLOT, hasil dari proses ini berupa *windrose* pada tiap musim dan variasi kecepatan angin. Maka, *windrose* yang terbentuk sebanyak 2 buah pada tiap musim.

3. Pembuatan Model

Modifikasi pemodelan didasarkan pada model *Gauss*, dimana model *Gauss* mengacu pada sumber titik sedangkan pemodelan ini dilakukan pada beberapa ruas jalan diperkotaan (sumber garis). Maka, modifikasi model dispersi pencemar SO₂ yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Distribusi

Pencemar Udara di Perkotaan. Berikut ini tahap-tahap dalam pembuatan model, antara lain:

a. Menentukan *grid* pesebaran emisi

Dalam menetapkan lokasi reseptor dilakukan penentuan grid terlebih dahulu. Semakin banyak grid yang dipetakan maka hasil perhitungan akan semakin baik. Semakin besar grid hasil dispersi semakin baik dan jelas dalam membedakan perubahan konsentrasi dengan perubahan posisinya. Sehingga dalam penelitian ini digunakan jumlah grid sebanyak 200. Hal ini dengan jumlah grid antara 200-300 dianggap cukup dalam memberikan hasil yang baik dalam menjalankan model, serta untuk mengestimasi pencemar di wilayah Surabaya Pusat. Untuk menentukan jarak antar grid, maka berdasarkan luas wilayah yang dibagi dengan jumlah grid, sehingga akan diperoleh jarak antar grid.

b. Menghitung transformasi koordinat

Setelah menentukan grid, selanjutnya menghitung transformasi koordinat. Pada tahap awal ini penentuan sudut angin dilakukan koreksi terhadap sudut jalan, menggunakan persamaan berikut ini:

Sudut arah jalan dari sudut angin N (A)

$$A = a \tan(m) \quad (3.3)$$

Konstanta pada garis jalan (k)

$$k = y_1 - mx_1 \quad (3.4)$$

Selisih sudut jalan dengan arah angin (B)

$$B = a - 90 + A \quad (3.5)$$

Selanjutnya, seluruh koordinat dikonversikan kedalam bentuk koordinat kartesius. Untuk koordinat penerima ditransformasi terhadap koordinat jalan yang akan dimodelkan dengan menggunakan persamaan berikut:

Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan

$$J1(x_1, y_1) = (x_e, y_e)$$

$$x_e = \frac{m_a x - m x_1 - y + y_1}{m_a - m} \quad (3.6)$$

$$y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1 \quad (3.7)$$

- c. Melakukan rekap data dari hasil perhitungan pemodelan

Pembuatan pesebaran emisi diawali dengan melakukan tabulasi menggunakan *software* Ms. Excel, sebagai data pendukung dalam pembuatan model.

- d. Pembuatan model gauss termodifikasi

Pada penelitian ini menggunakan modifikasi model dispersi pencemar SO₂ adalah Model Distribusi Pencemar Udara di Perkotaan. Berikut ini persamaannya:

$$C_L(x, y, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}D_z x} \left(\exp\left(\frac{-(z-H)^2 v}{4D_z x}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2 v}{4D_z x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right) \right) \quad (3.8)$$

Dimana:

CL (x,y,z) = Konsentrasi pada titik (x,y,z) (gr/m³)

Q = Beban emisi (gr/det)

x = Jarak searah angin (m)

z = Ketinggian reseptor (m)

H = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)

v = Kecepatan angin (m/det)

λ = Konstanta laju reaksi

Dz, Dy = Konstanta difusi (1,75 torr.cm²/det pada T=30°C)

Pada penelitian ini pencemar bersifat konservatif maka tidak mengalami reaksi fotokimia di atmosfer. Konstanta laju reaksi (λ) bernilai nol, sehingga persamaan

$\left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right)\right)$ bernilai sama dengan 1. Untuk pemodelan ini dilakukan berdasarkan skenario kecepatan angin dan variasi musim.

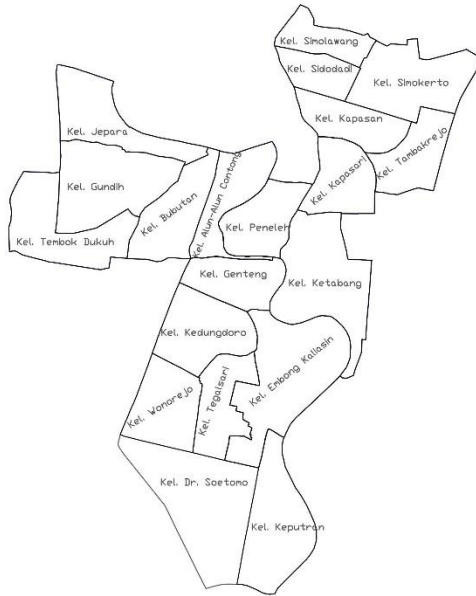
3.3.6 Langkah-langkah Menjalankan Model Line Source Menggunakan Program MATLAB

Dalam menjalankan model dari sumber garis (*line source*) menggunakan MATLAB bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara model dengan data yang telah diinput. Model dinyatakan sesuai apabila grafik model mendekati atau berhimpit dengan data, seperti contoh berikut *modeled-measured* $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$: SUF1 (31,73-32,66) $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Untuk memperoleh nilai tersebut maka disusun langkah-langkah dalam menjalankan model ini dengan menggunakan piranti lunak MATLAB:

1. Pada penelitian ini *script* yang digunakan berdasarkan penelitian terdahulu yang telah disesuaikan dan dimodifikasi dengan kebutuhan dari wilayah penelitian serta parameter pencemar yang digunakan. Kemudian melakukan input peta wilayah studi yang telah disesuaikan dengan koordinat model. Peta wilayah penelitian ini digunakan sebagai dasar dari pola sebaran emisi yang akan dimodelkan. Berikut ini *script* dan peta wilayah yang digunakan untuk input MATLAB:

```
% Insert Peta Administratif
img = imread('sby.jpg');
min_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C31');
max_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C32');
min_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C33');
max_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C34');
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');

hold on; sc = 110447; %skala rata-rata
m/degree
```



Gambar 3. 2 Peta yang digunakan untuk *running*

Gambar 3.2 menunjukkan peta wilayah Surabaya Pusat yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar ini diinput kedalam matlab dan dilakukan *running* untuk tiap musimnya.

2. Memasukkan data-data teknis yang telah disesuaikan kedalam *script*, seperti: data panjang jalan, koordinat masuk dan keluar, ketinggian reseptor dan data ambien. Data yang telah dimasukkan kedalam MATLAB dapat dilakukan *running* atau *enter* data pada *command window* untuk memastikan data dan *script* telah sesuai. Dibawah ini *script* yang digunakan untuk data teknis, dapat dilihat sebagai berikut:

```
%% 2.2. LS_Data teknis sumber rata-rata
HE = 0.4;           % input tinggi sumber (m)
Hs = HE;           % tinggi dalam m
receptor = 1.5;
```

```

v = s;
z = receptor;
%posisi jalan
x1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','E4:E58'); % input
koordinat x awal jalan
x2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','F4:F58'); % input
koordinat x akhir jalan
y1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','C4:C58'); % input
koordinat y awal jalan
y2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','D4:D58'); % input
koordinat y awal jalan

```

3. Memasukkan *script* transformasi koordinat. *Script* ini untuk merubah variabel bidang/ruang yang disesuaikan dengan model yang akan dideskripsikan. Pada proses *running script* ini disesuaikan dengan jumlah data yang telah diinput kedalam Excel. *Script* ini dapat dituliskan sebagai berikut:

```

%Efektif plume dalam deg
cLS = zeros(size(x));
dz = Dz/100;
ma = tan((90-a)*pi/180); % gradient arah
angin terhadap reference (east)
%% 2.3. Jarak reseptor dari line source
for j=1:length(QJ)
    str = num2str(j);
    plot([x1(j) x2(j)], [y1(j) y2(j)], 'LineStyle', '-
', 'LineWidth', 1, 'color'...
        , 'b'); text((x1(j)+x2(j))/2, (y1(j)+y2(j))/2, str,
'color', 'r');
    m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j)) ;
    k = y1(j) - m*x1(j);
    A = atan(m)*180/pi;
    B = (a-90) + A;
    d = ((-y+m*x+k)/(1+m^2)^0.5)/(sin(B.*pi/180))*sc;
    xe = (ma*x - m*x2(j) - y + y2(j))./(ma-m);
    ye = m*(xe-x2(j))+y2(j);

```

4. Melakukan input *script* model dispersi pencemar udara yang telah dibuat dalam format *looping*. Sehingga, selama proses menjalankan MATLAB dilakukan berulang dengan jumlah data

yang tersedia atau telah dimasukkan. Penulisan ini *script* untuk dispersi dapat dilihat sebagai berikut:

```
%% Dispersi line source
Le = abs(y2(j) - y1(j));
EF = 0.5*Le - abs(ye - 0.5*(y2(j)+y1(j)));
E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
COR(isnan(COR))=0;
%if d==0
    %cJ =
1000000*(QJ(j)*e./(sqrt(2*pi)*dz)).*sc^(-3);
%else
    cJ = ((39.2-
3.25*v).*(v^2)./(d>0).*d)).*(1000000*QJ(j)*e./(sqrt(2
*pi)*(d>0).*d.*dz)).*...
    (exp(-v*(z-Hs)*(z-
Hs)*e./(4*dz*(d>0).*d))+exp(-v*(z+Hs)*(z+Hs)*e./...
    (4*dz*(d>0).*d))).*exp(-lambda*(d>0).*d./v);
% end
    cJ(isinf(cJ))=0; cJ(isnan(cJ))=0; cLS1 = cJ.*COR;
    cLS = cLS + cLS1;
end

c=cLS;
```

5. Memasukkan *script* kontur dispersi dan plot vector angin dalam grid. Sehingga dalam proses menjalankan program terlihat jelas arah angin yang terbentuk dalam Gambar. *Script* dapat dituliskan sebagai berikut:

```
%% Plot Pola Dispersi
conts=10:10:150;
ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on');
clabel(ch,[]);
map = [0,0,0
    0.122,0,0
    0.25,0,0
    ....
    1,0.625,0.625
    1,0.75,0.75];
colormap(flipud(map)); c = colorbar; c.Label.String =
'Konsentrasi Ambien (\mug/m^3)';
```

Selanjutnya, *script* yang telah dituliskan dapat disimpan dengan format M-file. Selama menjalankan *script* M-file adalah dengan memanggil file tersebut di *command windows*. *Script* lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran. *Output* dari *running* MATLAB akan menghasilkan nilai korelasi (R) dan RMSE.

Setelah pembuatan model dinyatakan selesai, kemudian dilakukan verifikasi hasil berdasarkan rekomendasi EPA sebesar 0,572 untuk korelasi sedangkan RMSE sebesar 0,14. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan data 1 tahun terakhir. Tahap verifikasi menggunakan pendekatan matematis sebagai berikut:

$$Corr = \frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})(obs_i - \bar{obs})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})} \sqrt{(obs_i - \bar{obs})^2}} \quad (3.9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - obs_i)^2} \quad (3.10)$$

Dimana:

- $Corr$ = Korelasi
- $RMSE$ = Root Mean Square Error
- \bar{y} = Nilai model rata-rata
- y_i = Nilai model
- obs_i = Nilai observasi
- \bar{obs} = Nilai observasi rata-rata

Apabila pada tahap verifikasi belum sesuai dengan standar EPA sebesar 0,572 dan 0,14 maka dilakukan kalibrasi menggunakan faktor kalibrasi dengan cara *trial and error*, persamaan dapat dilihat sebagai berikut:

$$fk = \frac{(39,2 - 3,25 v)v^2}{x} \quad (3.11)$$

Persamaan (3.11) disubsitusikan kedalam rumus modifikasi model untuk dikalikan agar mendapatkan nilai korelasi dan simpangan sebesar 0,572 dan 0,14.

Setelah mendapatkan data-data yang dibutuhkan maka dilakukan pemodelan pada tiap titiknya. Kemudian, dibuat

pemetaan menggunakan peranti lunak Microsoft Excel hasil perhitungan pesebaran emisi yang dioverlay dengan arah angin yang dominan berdasarkan *windrose*. Maka, diperoleh pemetaan pesebaran emisi SO₂ di Surabaya Pusat.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian dan Kondisi Transportasi

Wilayah studi dalam penelitian ini terdiri atas ruas jalan arteri primer dan arteri sekunder di wilayah Surabaya Pusat. Wilayah ini memiliki total luas wilayah sebesar 14,79 km². Surabaya Pusat terbagi kedalam empat kecamatan, diantaranya: Kec. Tegalsari, Kec. Simokerto, Kec. Genteng dan Kec. Bubutan. Surabaya Pusat merupakan salah satu wilayah dengan tingkat aktivitas transportasi yang padat, sehingga kondisi ini dapat dimodelkan pola dispersi pencemar udara perkotaan dengan menggunakan model *Gauss* termodifikasi.

4.1.1 Pemilihan Jalan

Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini mengambil beberapa ruas jalan. Berikut ini merupakan ruas jalan yang termasuk dalam wilayah studi, yang diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07/2003.

Tabel 4. 1 Nama Jalan dan Kelas Jalan

Nama Jalan	Kelas Jalan	Kelurahan
Jl. Diponegoro	Arteri Primer	Tegalsari
Jl. Kapasan	Arteri Sekunder	Kapasari
Jl. Jend. Basuki Rahmat	Arteri Sekunder	
Jl. Panglima Sudirman	Arteri Sekunder	
Jl. Urip Sumoharjo	Arteri Sekunder	Embong Kaliasin
Jl. Gubernur Suryo	Arteri Sekunder	
Jl. Pemuda	Arteri Sekunder	

Nama Jalan	Kelas Jalan	Kelurahan
Jl. Embong Malang	Arteri Sekunder	
Jl. Blauran	Arteri Sekunder	Genteng
Jl. Tunjungan	Arteri Sekunder	
Jl. Pahlawan	Arteri Sekunder	
Jl. Bubutan	Arteri Sekunder	Alun-alun Contong
Jl. Kramat Gantung	Arteri Sekunder	
Jl. Gemblongan	Arteri Sekunder	
Jl. Pandegiling	Arteri Sekunder	Wonorejo
Jl. Kalianyar	Arteri Sekunder	
Jl. Ngaglik	Arteri Sekunder	Kapasari
Jl. Kapasari	Arteri Sekunder	
Jl. Dupak	Arteri Sekunder	Gundih
Jl. Tembaan	Arteri Sekunder	Bubutan
Jl. Kedungdoro	Arteri Sekunder	Kedungdoro

Sumber: Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07/2003

Jalan yang tercantum pada Tabel 4.1 termasuk kedalam jalan tipe (satu) 1 berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07/2003. Kondisi ruas jalan yang dipilih ini memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang cenderung tinggi di beberapa wilayah Surabaya Pusat.

4.1.2 Penentuan Koordinat jalan

Sebagai input data teknis awal, koordinat jalan perlu diketahui. Koordinat tersebut diperoleh dengan bantuan program Google Earth. Dari program tersebut diperoleh koordinat dalam bentuk derajat, menit, dan detik kemudian dikonversikan kedalam koordinat desimal (*cartesian*) untuk tiap jalannya.

Berikut ini Tabel 4.2 koordinat jalan dan panjang jalan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4. 2 Koordinat Jalan

Street Identity	Koordinat		Koordinat		Panjang Jalan km
	x in	y in	x out	y out	
Jl. Panglima Sudirman ^(a)	112.746	-7.265	112.742	-7.257	1,01
Jl. Urip Sumoharjo ^(a)	112,741	-7,277	112,742	-7,273	0,46
Jl. Gemblongan ^(a)	112.737	-7.256	112.737	-7.253	0,36
Jl. Bubutan ^(a)	112.734	-7.256	112.734	-7.255	1,41
	112.734	-7.255	112.736	-7.248	
	112.736	-7.248	112.737	-7.245	
	112.737	-7.245	112.737	-7.245	
	112.737	-7.245	112.737	-7.244	
Jl. Diponegoro ^(a)	112.727	-7.275	112.732	-7.281	1,92
	112.732	-7.281	112.736	-7.290	
Jl. Embong Malang ^(a)	112,739	-7,261	112,733	-7,258	0,77
	112,733	-7,258	112,733	-7,258	
Jl. Pemuda ^(a)	112,7509	-7,266	112,745	-7,264	0,62
Jl. Panglima Sudirman ^(a)	112,7455	-7,264	112,742	-7,273	1,01
Jl. Kapasan*	112.753	-7.241	112.753	-7.238	0,97
Jl. Pahlawan*	112.737	-7.253	112.737	-7.251	0,88
	112.737	-7.251	112.737	-7.250	
	112.737	-7.250	112.738	-7.248	
	112.738	-7.248	112.739	-7.247	
	112.739	-7.247	112.739	-7.247	
	112.739	-7.247	112.738	-7.245	

Street Identity	Koordinat		Koordinat		Panjang Jalan
	x in	y in	x out	y out	km
Jl. Kramat Gantung*	112.737	-7.253	112.737	-7.252	0,64
	112.737	-7.252	112.738	-7.250	
	112.738	-7.250	112.739	-7.249	
	112.739	-7.249	112.739	-7.248	
	112.739	-7.248	112.739	-7.247	
Jl. Blauran*	112.733	-7.258	112.734	-7.256	0,3
	112.734	-7.256	112.734	-7.256	
Jl. Pandegiling*	112.727	-7.274	112.737	-7.276	1,83
	112.737	-7.276	112.741	-7.277	
	112.741	-7.277	112.743	-7.278	
Jl. Kalianyar*	112.750	-7.248	112.747	-7.248	0,37
Jl. Ngaglik*	112.755	-7.249	112.750	-7.248	0,54
Jl. Kapasari*	112.750	-7.248	112.751	-7.247	0,86
	112.751	-7.247	112.752	-7.244	
	112.752	-7.244	112.753	-7.241	
Jl. Tembaan*	112.739	-7.247	112.734	-7.247	0,58
	112.734	-7.247	112.734	-7.246	
Jl. Dupak*	112.734	-7.246	112.732	-7.245	1,27
	112.732	-7.245	112.731	-7.246	
	112.731	-7.246	112.729	-7.245	
	112.729	-7.245	112.728	-7.245	
	112.728	-7.245	112.727	-7.245	
Jl. Tunjungan*	112.727	-7.245	112.723	-7.245	
Jl. Tunjungan*	112.736	-7.255	112.741	-7.262	0,93

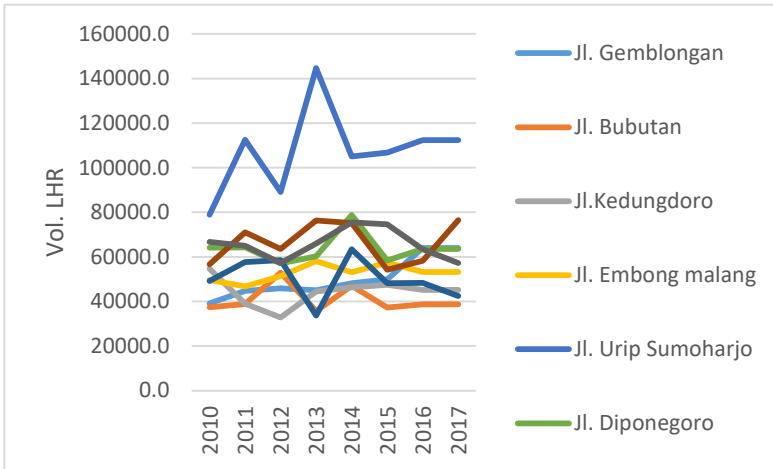
Street Identity	Koordinat		Koordinat		Panjang Jalan km
	x in	y in	x out	y out	
Jl. Gubernur Suryo*	112.741	-7.262	112.741	-7.262	0,7
	112.741	-7.262	112.741	-7.263	
	112.741	-7.263	112.745	-7.264	
	112.745	-7.264	112.746	-7.265	
Jl. Kedungdoro *	112.729	-7.269	112.733	-7.259	1,95

Sumber: Google Earth, 2018

Pada Tabel 4.2 diketahui koordiat jalan yang digunakan dalam penelitian ini. Pada tabel tersebut terdapat notasi ^(a) yang merupakan data survey lalu lintas dari Dishub. Sedangkan notasi * merupakan data tambahan jalan yang akan digunakan dalam pemodelan, data ini tidak terdapat dalam survey data dishub. Pada kondisi ini semakin banyak jalan yang dimodelkan maka dapat menggambarkan kondisi emisi yang dihasilkan.

4.1.3 Karakteristik Data Volume *Traffic* Harian Perkotaan

Data volume *traffic counting* diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Data kendaraan yang diperoleh pada jam-jam sibuk (*pick hour*) pada saat pagi, siang dan malam hari. Data volume *traffic* harian mendeskripsikan kepadatan transportasi secara umum di wilayah Surabaya Pusat. Berikut ini kondisi data resume volume *traffic* dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan gambar yang disajikan pada Gambar 4.1, dapat diketahui rata-rata perubahan volume kendaraan sebesar 1,80%. Volume lalu lintas rata-rata tertinggi pada Jalan Urip Sumoharjo, sedangkan yang terendah pada Jalan Bubutan. Hal ini disebabkan karena jalan Urip Sumoharjo merupakan jalan yang memiliki beberapa bangunan komersil yang cukup banyak, sehingga aktivitas diwilayah tersebut cenderung tinggi. Selain itu, jalan Urip Sumoharjo merupakan jalan yang terletak di perbatasan yang menghubungkan wilayah Surabaya Pusat dengan Surabaya Selatan.



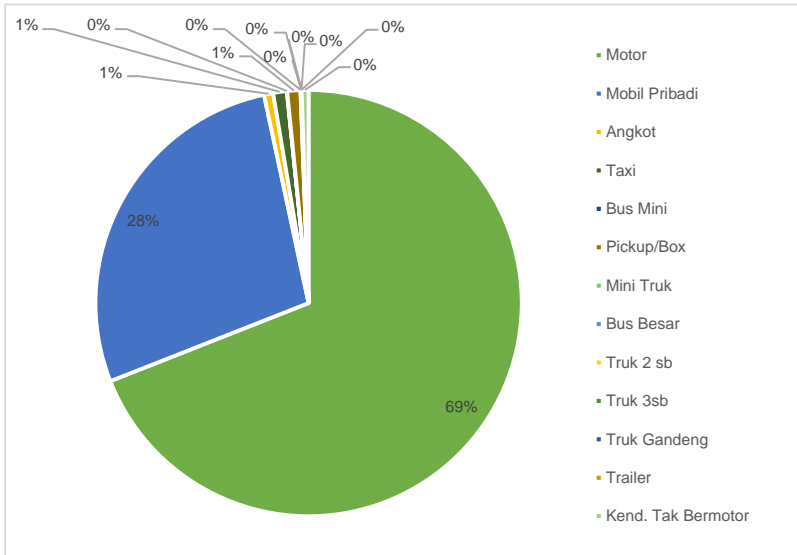
Gambar 4. 1 Perkembangan volume lalu lintas Surabaya Pusat

Sumber: Data survey Dishub

Dimana Surabaya Pusat merupakan salah satu Pusat perbelanjaan serta pusat perkantoran sehingga sering dilintasi oleh kendaraan. Hal ini tentu berbeda dengan jalan Bubutan, dimana bahu jalan diperuntukkan sesuai fungsinya sehingga lalu lintas diwilayah tersebut terbilang lancar.

4.1.4 Proporsi Kendaraan lalu lintas

Berdasarkan data survey dishub dapat diketahui proporsi kendaraan yang melintasi Jl. Urip Sumoharjo dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada jalan lainnya dapat diasumsikan sama, hal ini karena aktivitas transportasi di Surabaya memiliki pola yang khusus, dimana volume terbesar terjadi pada waktu puncak dihari kerja (Hermana, Wilujeng, Assomadi, dan Sudiby, 2013). Sehingga, kondisi tersebut menggambarkan pada ruas jalan yang sama yaitu arteri sekunder. Proporsi kendaraan yang terlihat pada Gambar 4.2, menjelaskan bahwa proporsi kendaraan terbesar adalah sepeda motor yaitu 69%. Kondisi ini relevan dengan jumlah kendaraan bermotor yang semakin signifikan (Surabaya dalam Angka, 2017).



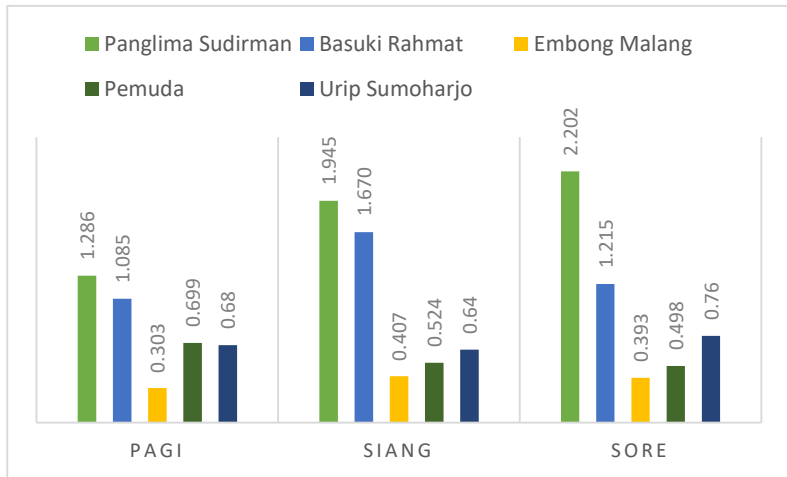
Gambar 4. 2 Proporsi kendaraan pada ruas jalan arteri sekunder
 Sumber: Data survey Dishub

4.1.5 Derajat Kejenuhan dan Kecepatan Kendaraan

Derajat kejenuhan (Dj) merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kualitas arus lalu lintas terhadap kapasitas jalannya. Nilai Dj berada pada rentang nol sampai satu. Nilai mendekati satu kondisi arus lalu terbilang padat. Berikut ini Dj diwilayah Surabaya Pusat dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diperoleh nilai Dj tertinggi terletak di Jalan Panglima Sudirman sebesar 2,202 yang terjadi pada puncak sore hari. Hal ini karena pengendara cenderung keluar dari pusat kota, pun jalan ini menghubungkan ke pusat perbelanjaan. Untuk menguraikan tingkat kepadatan di ruas jalan ini diperlukan suatu rekayasa lalu lintas.

Selain itu, Dj berkaitan dengan kecepatan yang dihasilkan dari tiap kendaraan. Nilai Dj semakin tinggi maka kecepatan laju kendaraan semakin rendah. Tabel 4.3 merupakan kecepatan kendaraan dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Derajat Kejenuhan di Surabaya Pusat

Sumber: Data survey Dishub

Tabel 4. 3 Kecepatan kendaraan beberapa jalan di wilayah Surabaya Pusat

Jalan	Kecepatan kendaraan rata-rata (km/jam)			Keterangan
	LV	HV	MC	
Panglima Sudirman	26	26	26	
Basuki Rahmat	26	26	26	LV = Lower Vehicle
Embong Malang	60,66	52,05	47,74	HV = Heavy Vehicle
Pemuda	45,86	39,10	36,09	MC = Motorcycle
Urip Sumoharjo	50,14	42,74	39,29	

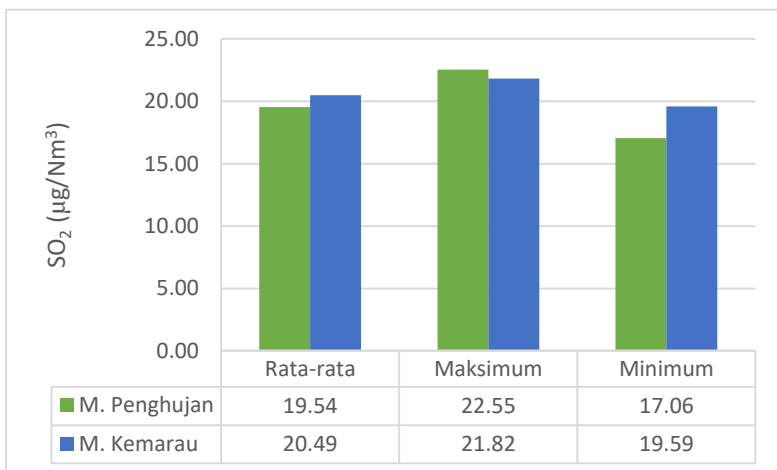
Sumber: Data survey Dishub

Berdasarkan Tabel 4.3 merupakan kecepatan rata-rata kendaraan pada waktu jam puncak. Jalan Panglima Sudirman

merupakan salah satu jalan dengan kecepatan kendaraan rata-rata rendah dengan nilai Dj lebih 2,2 pada sore hari.

4.2 Deskripsi Konsentrasi di SUF

Parameter konsentrasi data SUF-1 yang digunakan adalah SO₂. Data yang diperoleh dikelompokkan berdasarkan musim penghujan dan musim kemarau. Pembagian musim tersebut berdasarkan BMKG, dimana wilayah Surabaya termasuk kedalam daerah Monsunal (zona A). Daerah ini mengalami musim kemarau pada bulan April-September dan penghujan dibulan Oktober - Maret. Berikut ini perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau dapat dilihat pada Gambar 4.4.

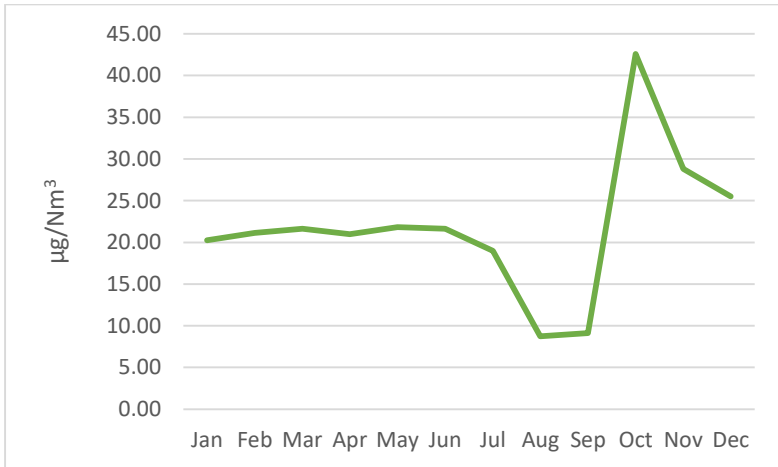


Gambar 4. 4 Perbandingan Konsentrasi SO₂ antara musim kemarau dan penghujan

Sumber: DLH, 2017

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 konsentrasi SO₂ terbesar pada musim kemarau dibulan April sampai September. Rata-rata konsentrasi SO₂ dimusim penghujan sebesar 19,54 sedangkan musim kemarau 20,49. Kondisi ini relevan pada kondisi ril, dimana pada musim hujan konsentrasi polutan udara cenderung lebih kecil karena terjadi proses *washing out* (Gusnita, 2016). Sehingga,

pencemar udara lebih mudah terikat oleh hujan serta kondisi ambien cenderung stabil atau konsentrasi pencemar rendah. Namun, untuk tren pada tahun 2017 musim penghujan cenderung lebih tinggi. Kondisi ini kurang menggambarkan kualitas udara di wilayah Surabaya Pusat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tren SO_2 dalam setahun pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Tren SO_2 Tahun 2017

Sumber: DLH, 2017

Gambar 4.5 Tren konsentrasi SO_2 di SUF-1 cenderung fluktuatif. Pada bulan Januari sampai Juli cenderung stabil, tetapi grafik ini mengalami penurunan dibulan Agustus dan September. Lonjakan tertinggi terjadi pada bulan Oktober yaitu mencapai $42 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Data diawal tahun lebih kecil jika dibandingkan dengan akhir tahun. Pada prinsipnya dibulan oktober mengalami musim penghujan sehingga konsentrasi pencemar terbilang kecil. Namun, kondisi ini kurang menggambarkan, hal ini mungkin rekaman data pada SUF-1 disebabkan oleh sensor alat yang belum terkalibrasi atau AC yang masih dalam kondisi belum beroperasi (mati) sehingga data tidak relevan dengan kondisi ril.

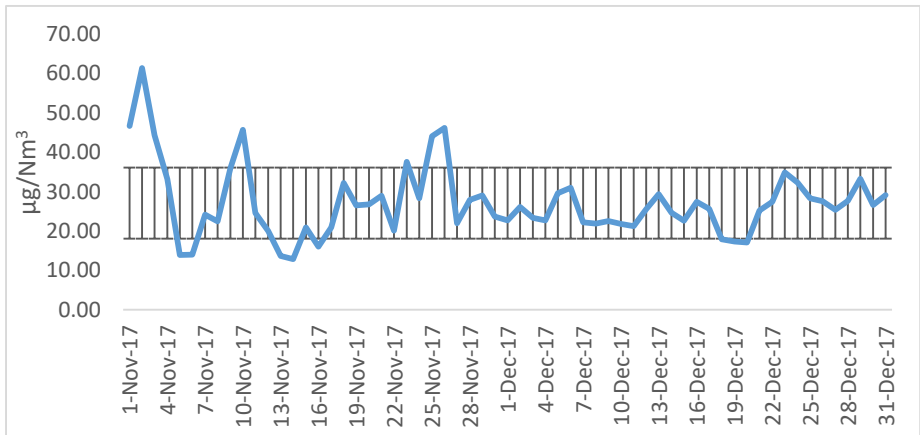
4.2.1. Pemilihan Data Kualitas Udara Untuk Verifikasi Model Terbangun

Dalam melakukan verifikasi model diperlukan data pengukuran kualitas udara yang telah diperoleh dari data pengukuran ISPU (SUF-1). Berikut ini langkah-langkah pemilihan data sebagai berikut:

Pertama, mengklasifikasikan data kualitas udara berdasarkan musim kemarau dan penghujan.

Kedua, melakukan kajian literatur yang dijadikan acuan dalam pemilihan data. Diketahui kondisi konsentrasi SO_2 di wilayah Surabaya, yang mengacu pada jurnal Kusminingrum dan Gunawan (2008) sebesar 25,844 – 1292,2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada kenyataannya, kondisi kualitas udara perkotaan di Surabaya berada pada rentang 16,16-37,28 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk musim hujan sedangkan dimusim kemarau sebesar 9,65-24,09 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Ketiga, menentukan standar deviasi pada data SUF-1. Melakukan pemilihan data dengan menetapkan bagian yang diluar dari *outlier* maka tidak dipilih untuk verifikasi model. Berikut ini data lihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 yang telah dikelompokkan berdasarkan musim.

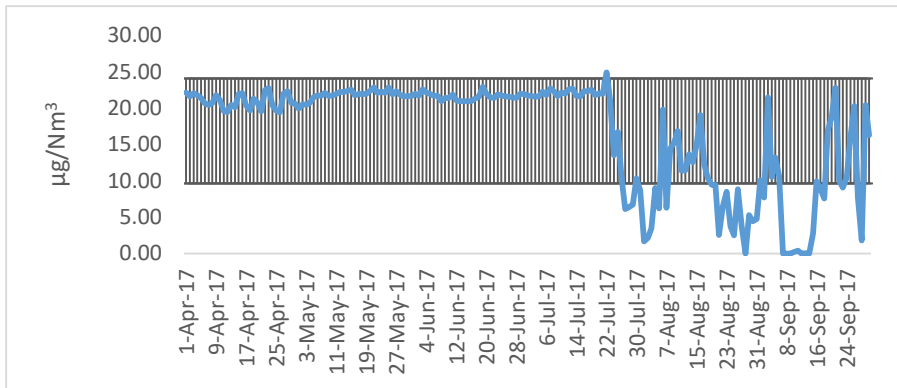


Gambar 4. 6 Konsentrasi SO_2 musim penghujan

Sumber: DLH, 2017

Gambar 4.6 menjelaskan bahwa kualitas udara yang termasuk dalam *outlier* pada musim penghujan antara lain pada tanggal:

- 17-23 November
- 26 November-1 Desember
- 4-10 Desember
- 11-17 Desember
- 18-24 Desember, dst



Gambar 4. 7 Konsentrasi SO₂ musim kemarau

Sumber: DLH, 2017

Pada Gambar 4.7 tanggal yang termasuk didalam *outlier* sebagai berikut:

- 1-7 April
- 8-14 April
- 15-21 April
- 22-28 April
- 29 April-3 Mei, dst

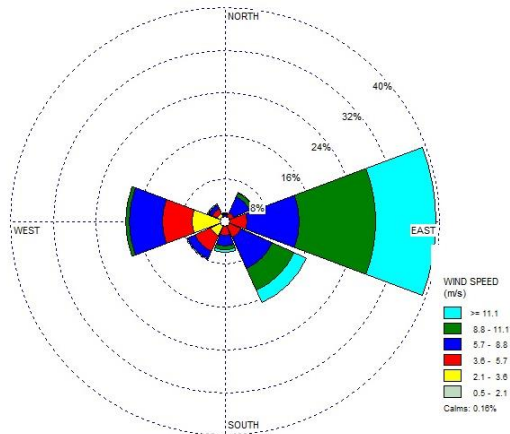
Keempat, melakukan rekap data pada tanggal termasuk kedalam *outlier* kemudian memilih tanggal dengan data pendukung yang terlengkap. Sehingga parameter kualitas udara yang dipilih kedalam 7 hari untuk musim kemarau 7-13 April dan musim kemarau pada tanggal 18-24 Desember.

4.3 Analisis Kondisi Data Meteorologi

Data meteorologi yang dihimpun dikelompokkan berdasarkan musim penghujan dan kemarau. Data meteorologi yang digunakan terdiri atas meteorologi kota Surabaya dan meteorologi lokal SUF. Indikator meteorologis dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin. Berikut ini akan dibahas lebih detail pada sub-bab 4.3.1 dan 4.3.2.

4.3.1 Pembahasan Kondisi Meteorologi Kota Surabaya

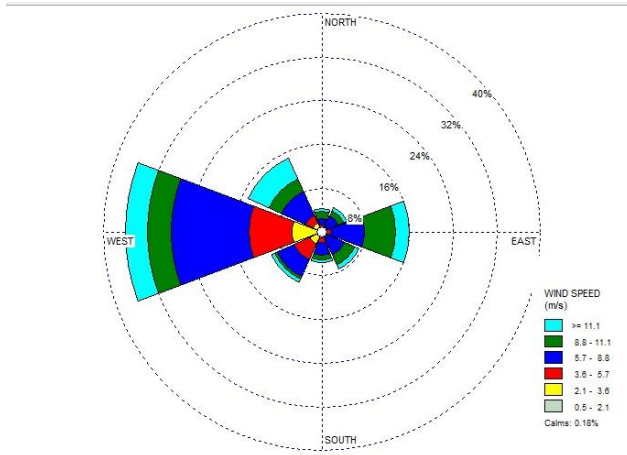
Data kondisi meteorologi yang digunakan berasal dari *National Climatic Data Center* (NCDC). Data meteorologi yang akan dianalisis berupa arah dan kecepatan angin. Data ini digunakan untuk menentukan skenario yang akan menghasilkan pola dispersi. Data yang akan diinput hanya data tahun 2017. Kemudian, data ini diolah menjadi windrose dengan menetapkan 8 arah mata angin secara umum. Kemudian digolongkan berdasarkan musim. Berikut ini windrose untuk musim kemarau dan penghujan dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4. 8 Windrose pada musim kemarau
Sumber: NCDC, 2017

Pada Gambar 4.8 pergerakan arah angin dominan pada musim kemarau menunjukkan arah dari timur menuju barat. Pada gambar tersebut kecepatan angin telah dikelompokkan dari

kecepatan rendah menuju kecepatan tinggi yang kemudian dalam penentuan skenario disesuaikan dengan skala Beaufort yang menggambarkan kondisi Surabaya.



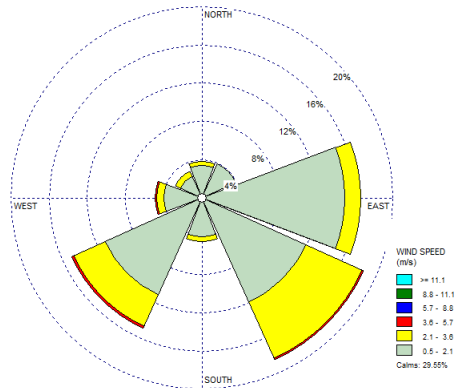
Gambar 4. 9 Windrose pada musim penghujan
Sumber: NCDC, 2017

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui arah angin bergerak dari arah barat menuju timur. Pada Gambar tersebut akan diperoleh arah dan kecepatan angin. Hal ini relevan dengan muson barat pada musim penghujan dan muson timur untuk musim kemarau. Data kecepatan angin tersebut digunakan dalam penentuan skenario yang didasarkan pada skala Beaufort yang mendeskripsikan kondisi Surabaya. Sedangkan, penentuan arah angin diambil berdasarkan arah angin dominan di Surabaya.

4.3.2 Pembahasan Kondisi Meteorologi Lokal SUF-1

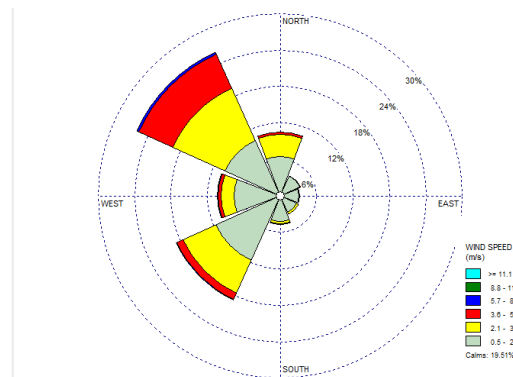
Data kondisi meteorologi bersumber dari DLH. Data ini digunakan untuk verifikasi model. Data yang akan diinput hanya data tahun 2017. Kemudian, data ini diolah menjadi windrose dengan menetapkan 8 arah mata angin secara umum. Kemudian digolongkan berdasarkan musim. Berikut ini windrose untuk musim

kemarau dan penghujan dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4. 10 Windrose pada musim kemarau
Sumber: DLH, 2017

Pada Gambar 4.10 dapat diketahui pergerakan arah angin dominan pada musim kemarau menunjukkan ke arah barat laut. Sedangkan, Gambar 4.11 untuk musim penghujan bergerak ke arah timur laut. Kondisi demikian, sesuai pembagian musim berdasarkan BMKG yaitu muson barat dan timur.



Gambar 4. 11 Windrose pada musim penghujan
Sumber: DLH, 2017

4.4 Perhitungan Beban Emisi

Dalam aplikasi model dispersi pencemar udara perkotaan dari sumber garis (*line sources*) dengan menggunakan modifikasi *gauss* salah satunya dipengaruhi oleh beban emisi. Beban emisi tiap jalan digunakan untuk memprediksikan besar konsentrasi emisi pada wilayah yang berdampak. Sehingga, untuk melakukan input data kedalam model diperlukan faktor emisi tiap kendaraan dan nilai estimasi dari data-data volume lalu lintas harian perkotaan.

Dengan menggunakan pemodelan pesebaran emisi semakin banyak jalan yang dimodelkan maka semakin baik modelnya. Hal ini, dapat diketahui besar konsentrasi pencemar di wilayah terpengaruh dari sumber. Namun, ketersediaan data jalan yang telah disurvei dari Dishub terbatas. Maka, perlu dilakukan ekstrapolasi data agar memperoleh beban emisi dari sumber garis yang tidak disurvei.

Perhitungan beban emisi yang berdasarkan persamaan (3.2), yang dapat dilihat sebagai berikut:

$$Q = n \times FE \times L \times FK \times fe$$

Dimana:

Q = beban emisi (g/jam)

n = jumlah kendaraan (ekr/jam)

FE = faktor emisi SO_2 (g/km)

L = panjang jalan (km)

FK = faktor koreksi

fe = faktor EKR

dibawah ini contoh perhitungan beban emisi di Jalan Basuki Rahmat pukul 06.50-07.00 WIB, yang diketahui sebagai berikut:

Volume TC	= 1223 unit kendaraan/10 menit
Faktor emisi	= 0,008 gr/km
Faktor koreksi	= 1,85
Faktor ekr	= 0,25 (jenis kendaraan ringan dengan tipe jalan 4/2 T)
Panjang jalan	= 1,34 km

$$\begin{aligned}
 Q &= n \times \text{ekr} \times \text{FE} \times L \times f \\
 &= 1223 \text{ kend}/10 \text{ mnt} \times 0,25 \times 0,008 \text{ gr/km} \times 1,34 \text{ km} \\
 &\quad 1,85 \\
 &= 6,063 \text{ g}/10 \text{ mnt} = 0,010 \text{ g/s}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan beban emisi Jalan Basuki Rahmat pukul 06.50-07.00

Klasifikasi	Jumlah kend	Faktor EKR	Faktor emisi (gr/km)	Faktor koreksi	Beban Emisi (gr/10 menit)
Motor	1223	0,25	0,008	1,85	0,0101061
Mobil Pribadi	139	1	0,11	1,85	0,0631731
Angkot	14	1	0,029	1,85	0,0016774
Taxi	21	1	0,025	1,85	0,0021691
Bus Mini	0	1	0,14	1,85	0,00
Pick Up/box	20	1	0,13	1,85	0,010742
Mini Truk	2	1	0,13	1,85	0,001074
Bus Besar	0	1,2	0,93	1,85	0,00
Truk 2 sb	0	1,2	0,82	1,85	0,00
Truk 3 sb	0	1,2	0,82	1,85	0,00
Truk Gandeng	0	1,2	0,82	1,85	0,00
Trailer	0	1,2	0,82	1,85	0,00

Contoh hasil perhitungan lainnya dapat dilihat pada lampiran

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh jumlah beban emisi per 10 menit sebesar 0,088 gr/10 mnt pada pukul 06.50-07.00 WIB.

4.5 Pembahasan Perbedaan antara Model dengan Data

Model yang telah dijalankan pada MATLAB perlu diverifikasi, hal ini untuk meyakinkan bahwa model tersebut dapat memberikan estimasi perhitungan dispersi yang sesuai dengan teori. Selain itu,

dalam proses verifikasi dapat menggunakan perhitungan matematis secara manual.

4.5.1 Aplikasi Model dengan menggunakan Modifikasi Gauss

Dalam melakukan pemodelan pada sumber garis terhadap reseptor SUF-1 diperlukan data teknis (parameter) untuk menghitung konsentrasi polutan. Berikut ini langkah awal untuk menghitung model, dengan memasukkan data ini kedalam excel yang telah dihubungkan dengan program MATLAB. Tabel 4.5 merupakan parameter yang digunakan dalam pemodelan.

Tabel 4. 5 Input parameter model

No	Paramater	Symbol	Value	Unit
1	Dispersion Coeffisien in horizontal direction	Dy	300	m ² /s
2	Dispersion Coeffisien in vertical (z) direction	Dz	600	m ² /s
3	Ambient Temperature	T ₀	30	°C
Model Setting				
1	Starting Date, time	04/07/2017 00:30		
2	Interval of Analysis		0,5	hour
3	Grid Number		200	n x n
4	Average length per grid (l, w), modelled	140	90	m
Determine the Grid Number				
1	Area length (rectangular assumption)		28,00	km
2	Area width (rectangular assumption)		18,00	km
Determine the Grid Number				
3	Area modelled per grid (rectangular assumption)		12600	m ²
4	Grid Number Aproximation		200,00	n x n
5	Average length per grid (l, w), approx	140	90	m

Determine of Modelling Area				
1	Lowest Lattitude; min_x	112,713		⁰ (E)
2	Highest Lattitude; max_x	112,767		⁰ (E)
3	Lowest Longitude; min_y	-7,290		⁰ (S)
4	Highest Longitude; max_y	-7,230		⁰ (S)
5	City	Surabaya		
6	Insert Administrative Map			

Input Data For Model				
1	Source Height	He	0,400	m
2	Receptor Height	Rec	5	m

Sumber: Hasil Analisis

4.6 Verifikasi Model

Hasil estimasi model yang dijalankan menggunakan MATLAB dilakukan dengan cara *trial and error*. Hal ini untuk memperoleh nilai yang sesuai atau mendekati standar US EPA. Secara prinsip, hasil yang diperoleh dinyatakan semakin baik (*verified*) jika selisih antara data pengukuran dengan hasil estimasi model semakin kecil. Berikut ini grafik hasil *running* untuk musim kemarau dapat dilihat pada Gambar 4.12. Pada Gambar 4.12 dapat diketahui model mengalami fluktuasi. Dari kedua gambar model dinotasikan dengan garis putus-putus sedangkan data dinotasikan dengan garis hitam. Dimana hasil estimasi model tertinggi mencapai sekitar 300 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Model menghasilkan konsentrasi ambien yang cukup jauh dari data pengukuran. Dimana kondisi ini model mengalami kenaikan yang signifikan, hal ini dikarenakan arah angin pencemar menuju SUF-1 sehingga konsentrasi ambien cenderung tinggi. Berdasarkan jurnal Kusminingrum dan Gunawan (2008) batas maksimum SO_2 sebesar 1292,2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Namun, data konsentrasi pada kondisi riil cenderung stabil. Kemungkinan data SUF-1 alat belum dilakukan kalibrasi atau alat dalam keadaan belum beroperasi. Dari Gambar 4.12 diperoleh nilai korelasi sebesar 0,067 sedangkan nilai RMSE sebesar 36,206. Kondisi ini, masih jauh dari target. Seharusnya

korelasi mendekati nilai 0,572 dan RMSE semakin mendekati nol maka tingkat *error* data semakin kecil. Dari Gambar 4.12 diketahui bahwa tren hasil estimasi model dan data pengukuran cenderung naik, sehingga korelasinya bernilai positif.

Selanjutnya, melakukan *running* pada musim penghujan selama seminggu sebagai pembandingan di tiap musimnya. Berikut ini hasil *running* pada musim penghujan dapat dilihat pada Gambar 4.13. Pada Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa model mengalami fluktuasi dan data cenderung konstan. Pada kenyataannya, model mengalami nilai yang signifikan mencapai $1200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dibawah batas maksimum yang mengacu pada Kusminingrum dan Gunawan (2008) SO_2 sebesar $1292,2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Lonjakan tersebut karena arah angin menuju SUF-1. Pada musim penghujan konsentrasi pencemarnya cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan musim kemarau. Konsentrasi ambien di musim penghujan lebih tinggi jika dibandingkan musim kemarau. Hal ini tentu tidak sesuai dengan kondisi riil, secara prinsip konsentrasi ambien di musim penghujan cenderung lebih kecil. Karena, pada musim hujan terjadi proses *washing out (flushing)* (Gusnita, 2016). Pola dispersi model termodifikasi gauss menghasilkan korelasi sebesar $R = -0,111$ kondisi ini masih dianggap jauh dari target US EPA sebesar 0,572. Korelasi bernilai negatif menunjukkan tren antara rekaman data dan hasil model yang terus menurun. Sedangkan, nilai *error* pada korelasi model dispersi dinyatakan dalam RMSE sebesar 130,328. Hal ini menyatakan *error* yang cukup tinggi.

Menurut Assomadi, 2018 untuk memastikan bahwa model konsisten memberikan hasil yang sesuai target, diperlukan pengujian hasil estimasi dengan rentang aplikasi yang lebih panjang. Aplikasi model yang digunakan dengan membuat rentang waktu selama 7 harian atau seminggu dengan interval 30 menit berdasarkan rekaman data yang diperoleh. Sehingga data pengukuran yang diestimasi sebanyak $48 \times 7 = 336$ data. Hasil yang diperoleh masih menunjukkan jauh dari target, sehingga beberapa kondisi yang mungkin menyebabkan model belum sesuai, antara lain:

1. Jika ditinjau dari nilai RMSE pada musim penghujan *error* data cenderung lebih besar dibandingkan pada musim kemarau. Hal ini, kemungkinan alat belum dilakukan kalibrasi atau AC masih dalam keadaan non-aktif sehingga rekaman data yang diperoleh pada tahun tersebut relatif tinggi dan tingkat variasi antar data yang kecil. Selain itu, faktor meteorologi seperti arah dan kecepatan angin mempengaruhi pola sebaran pencemar udara. Arah angin yang mengarah ke Stasiun Pemantau Kualitas Udara SUF-1 akan memberikan hasil yang dekat dengan target. Namun, hanya sebagian kecil yang mengarah ke SUF-1 sehingga selama menjalankan (*running*) model pola performa korelasi tidak jauh berbeda.

2. Faktor yang menentukan model cenderung tidak sesuai jika ditinjau dari sumber emisi. Target menurut US EPA 0,572 merupakan target yang mendeskripsikan seluruh beban emisi yang dihasilkan, seperti: beban emisi yang dihasilkan dari sumber titik, sumber area, dan sebagainya. Namun, model yang digunakan dalam penelitian ini hanya beban emisi yang bersumber dari jalan, seperti emisi kendaraan bermotor. Berdasarkan literatur yang diperoleh oleh Kusminingrum dan Gunawan, 2008 kontribusi pencemar transportasi sebesar 70% sehingga target korelasi yang harus dicapai sebesar 0,4004 yang diperoleh.

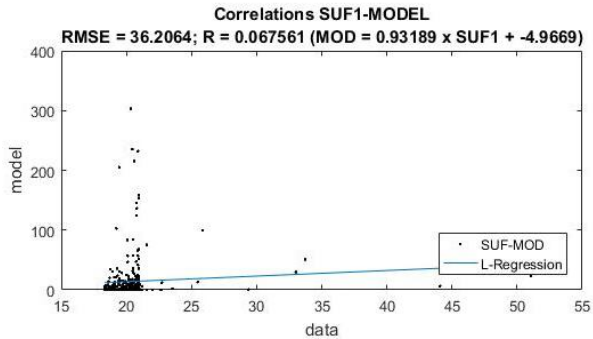
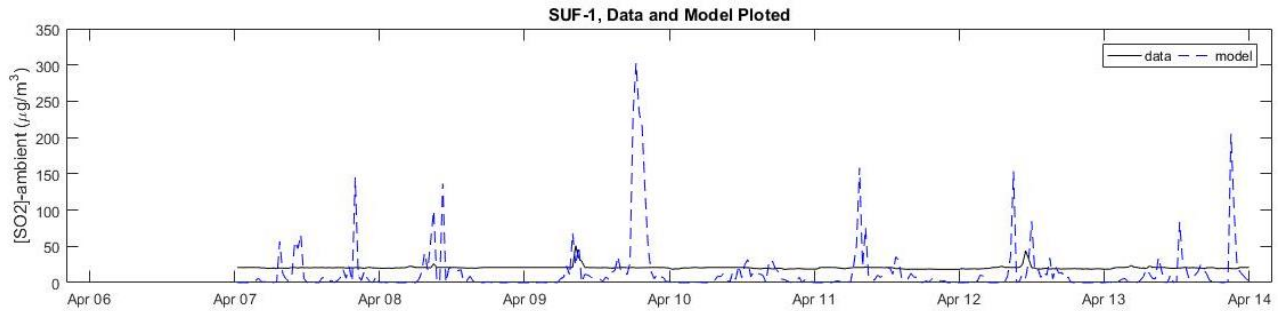
Agar memperoleh hasil estimasi model berupa korelasi (R) yang sesuai dengan target (*verified*). Maka diperlukan pemilahan data kualitas udara. Data kualitas udara yang akan digunakan dilakukan klasifikasi berdasarkan musim. Berikut ini kriteria pemilahan data, antara lain:

Pertama, melakukan kajian literatur yang terkait kesesuaian data

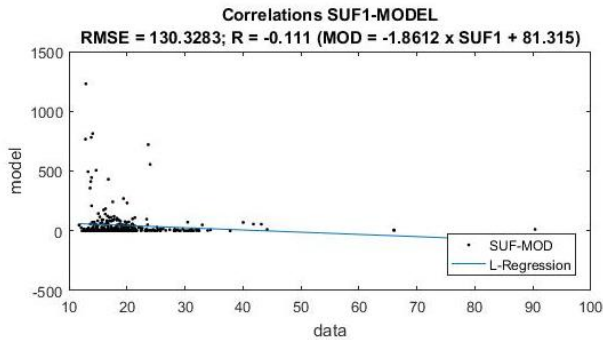
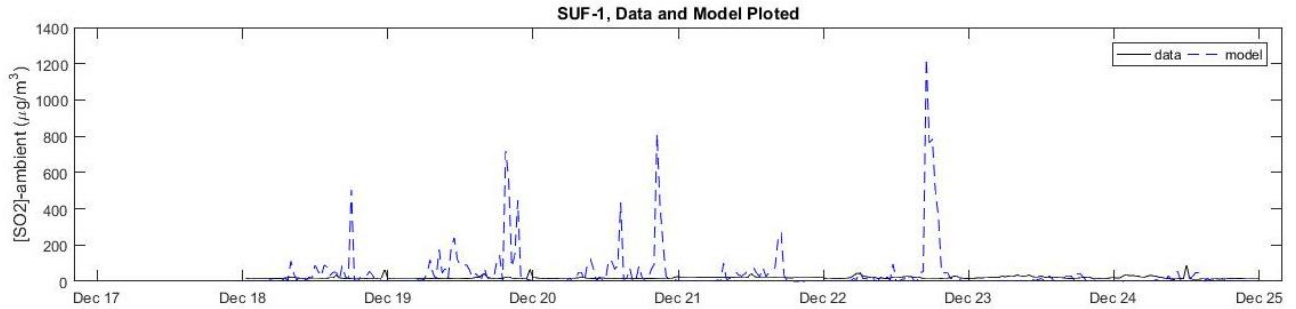
Kedua, memilih hasil nilai estimasi model yang mendekati data pengukuran.

Ketiga, menyesuaikan arah angin yang mengarah menuju SUF-1.

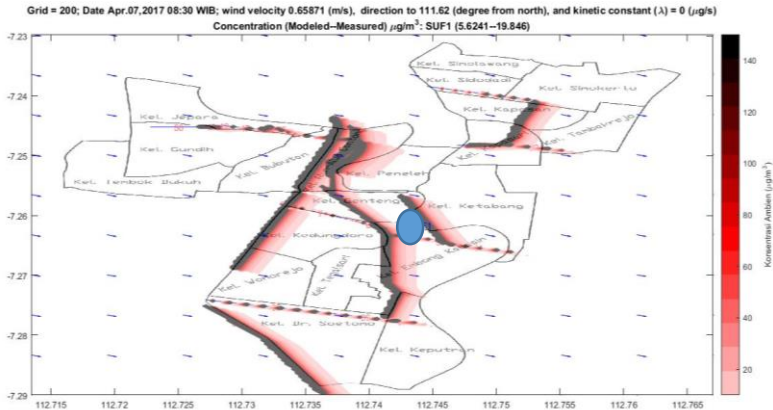
Keempat, data termasuk kedalam rentang standar deviasi.



Gambar 4. 12 Perbandingan data dan model pada musim kemarau
Sumber: MATLAB



Gambar 4. 13 Perbandingan data dan model pada musim pengujian
 Sumber: MATLAB



Gambar 4. 14 Lokasi SUF-1 dan jalan

Lokasi SUF-1 berada pada koordinat (x,y) yaitu (112,742; 7,261) yang terletak pada rentang sudut antara 0° - 90° . Sehingga arah angin yang mengarah SUF-1 berada pada rentang 0° - 270° . Hal ini ditentukan berdasarkan letak sumber pencemar berupa jalan yang berada disekitar SUF-1. Berikut ini posisi jalan dan SUF-1 dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Berikut ini, hasil seleksi data dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4. 6 Data yang terpilih pada musim kemarau

Date, time	Hasil estimasi model	Observasi	Arah angin
4/7/2017 15:00	29.8318	20.44	193.26
4/7/2017 7:30	12.33023	20.11	105.18
4/7/2017 8:00	16.80489	20.00	104.23
4/7/2017 8:30	7.912401	19.85	111.62
4/7/2017 15:00	29.8318	20.44	193.26
4/7/2017 15:30	26.9917	20.63	198.79
4/7/2017 16:00	19.11329	20.59	187.67
4/7/2017 17:00	12.14865	20.74	136.02

Date, time	Hasil estimasi model	Observasi	Arah angin
4/8/2017 6:00	9.729647	20.96	48.51
4/8/2017 7:00	5.15746	20.94	113.90
4/8/2017 7:30	10.60225	20.89	107.22
4/9/2017 16:00	11.52677	20.85	246.90
4/9/2017 18:30	24.21555	20.35	36.23
4/9/2017 19:30	25.46524	20.59	106.35
4/9/2017 20:00	13.80194	20.76	112.82
4/10/2017 7:30	19.65476	20.96	63.49
4/10/2017 17:30	10.38444	19.19	257.64
4/10/2017 18:30	19.09791	19.65	234.42
4/10/2017 20:30	10.30508	18.89	232.42
4/11/2017 8:00	11.58236	20.68	15.26
4/12/2017 5:30	13.36293	20.87	54.77
4/12/2017 7:00	23.09758	22.66	63.51
4/12/2017 7:30	21.0	20.96	101.99
4/12/2017 8:30	18.0	20.96	116.70
4/12/2017 9:30	13.0	20.96	212.34
4/12/2017 12:00	12.1	20.52	234.79
4/12/2017 15:30	30.6	19.26	253.57
4/13/2017 9:00	14.7	20.96	267.43
4/13/2017 9:30	19.0	20.96	269.66
4/13/2017 10:00	15.8	20.89	244.86
4/13/2017 10:30	25.8	20.11	244.76
4/13/2017 15:00	16.9	20.41	226.17
4/13/2017 22:30	33.4	20.96	47.97
Rata-rata	17.9	20.5	

Tabel 4. 7 Data yang terpilih pada musim pengujian

Date, time	Hasil estimasi model	Observasi	Arah angin
12/18/2017 4:30	7.113708	14.65	44.14
12/18/2017 5:00	5.488845	15.37	89.32
12/18/2017 6:00	6.927726	15.74	92.51
12/18/2017 7:00	18.19123	17.66	110.75
12/18/2017 10:00	24.47187	16.77	115.95
12/18/2017 11:30	18.98601	18.49	134.50
12/18/2017 13:00	25.27088	17.31	133.96
12/18/2017 17:00	24.53581	16.03	217.63
12/18/2017 17:30	16.83155	16.81	216.99
12/18/2017 18:30	8.199611	13.06	185.78
12/18/2017 19:30	22.64982	14.19	125.13
12/18/2017 20:00	13.18607	14.59	126.33
12/18/2017 22:00	6.98742	13.38	119.17
12/18/2017 22:30	8.561203	18.34	105.27
12/19/2017 5:00	7.546908	14.76	113.96
12/19/2017 6:00	9.047016	14.91	121.48
12/19/2017 8:00	11.33974	16.07	4.47
12/19/2017 10:00	19.55188	14.93	124.15
12/19/2017 14:00	17.19554	17.58	154.15
12/19/2017 15:00	27.69756	22.27	133.84
12/19/2017 16:30	16.71895	21.40	156.50
12/19/2017 17:00	18.64947	17.42	153.04
12/19/2017 17:30	14.09044	16.61	143.59
12/19/2017 19:00	5.209752	15.17	90.26
12/19/2017 22:00	17.4738	13.38	71.67
12/19/2017 22:30	23.67422	18.34	50.56

Date, time	Hasil estimasi model	Observasi	Arah angin
12/19/2017 23:00	11.6529	18.34	45.77
12/20/2017 6:00	16.68925	17.25	112.67
12/20/2017 11:00	23.4232	15.81	114.14
12/20/2017 11:30	10.26831	18.97	138.48
12/20/2017 12:00	11.09952	17.25	138.65
12/20/2017 15:30	17.13635	13.91	206.38
12/20/2017 18:00	23.96823	14.13	36.40
12/20/2017 22:30	16.90918	18.34	74.79
12/20/2017 23:00	10.52155	18.34	49.37
12/22/2017 7:00	16.48787	26.22	99.75
12/22/2017 9:30	23.88312	19.00	101.22
12/22/2017 10:30	25.11389	15.76	93.04
12/22/2017 13:30	15.13583	25.81	192.84
12/22/2017 14:30	29.47815	25.17	116.12
12/22/2017 21:00	15.41206	20.24	126.93
12/22/2017 21:30	13.14791	28.25	121.44
12/23/2017 13:00	30.47819	20.72	255.03
12/23/2017 16:00	28.88395	18.08	269.14
12/24/2017 12:30	17.59905	16.14	99.35
12/24/2017 14:30	14.06724	13.08	195.95
12/24/2017 15:30	16.07187	12.58	221.65
12/24/2017 16:30	5.445763	13.03	118.41
12/24/2017 18:00	15.64919	13.25	93.78
12/24/2017 18:30	5.016263	12.71	62.87
12/24/2017 20:00	4.712259	14.56	73.06
Rata-rata	15.95781	17.10149	

Selanjutnya, melakukan perhitungan secara matematis nilai (*Corr*) nilai R yang telah dikoreksi dan RMSE menggunakan peranti lunak Ms. Excel dengan rumus sebagai berikut:

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(obs_i - \overline{obs})^2}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2} \sqrt{(obs_i - \overline{obs})^2}} \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - obs_i)^2}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai R untuk musim kemarau dan penghujan berturut-turut sebesar 0,402 dan 0,855. Sedangkan, RMSE untuk musim kemarau dan penghujan sebesar 2,84 dan 2,30. Target menurut US EPA 0,572 merupakan target yang mendeskripsikan seluruh beban emisi yang dihasilkan. Berdasarkan literatur yang diperoleh kontribusi pencemar transportasi sebesar 70% (Kusminingrum dan Gunawan, 2008). Sehingga untuk memperoleh standar R maka persen kontribusi dikalikan standar US EPA 0,572 maka diperoleh 0,4004. Nilai R untuk tiap musim telah mencapai target. Berdasarkan hasil diatas model untuk musim penghujan lebih baik. Sehingga, kondisi ini dapat mempresentasikan kualitas udara diwilayah Surabaya Pusat.

4.7 Analisis Kualitas Udara Ambien Akibat Aktivitas Transportasi

Pembuatan skenario untuk mengidentifikasi area-area yang berpotensi menerima pencemar akibat aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Pusat. Pada analisis ini, skenario dispersi pencemar udara didasarkan pada variasi musim serta arah dan kecepatan angin. Dalam pembuatan skenario kecepatan angin yang digunakan menggunakan skala Beaufort pada musim penghujan dan musim kemarau. Selanjutnya, membuat *windrose* dengan menggunakan rekaman data NCDC yang telah direncanakan kedalam 8 arah mata angin. Dispersi merupakan pergerakan udara yang keluar dari suatu sumber dan tersebar di udara ambien dengan pengaruh meteorologi (Popescu *et al.*,

2011). Lebih jelasnya skenario dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan 4.9.

Tabel 4. 8 Skenario dispersi pencemar udara

Musim	Kecepatan Angin		
	Rendah (3)	Sedang (4)	Tinggi (5)
Kemarau (K)	K1	K2	K3
Penghujan (P)	P1	P2	P3

Klasifikasi kecepatan angin yang digunakan didasarkan pada skala *Beaufort* pada kondisi normal di Surabaya.

Tabel 4. 9 Skala Beaufort

Nomor Beaufort	Kekuatan Angin	Kecepatan rata-rata (m/s)
3	Sedikit tenang	1,5 – 3,3
4	Sedikit hembusan angin	3,3 – 5,5
5	Hembusan angin pelan	5,5 - 8

Sumber: *Beaufort scale*

Setelah melakukan rekapitulasi rekaman data diperoleh skenario yang telah digolongkan kedalam tiap musim, dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Skenario arah dan kecepatan angin pada tiap musim

Arah	Kecepatan Angin (m/det)					
	Kemarau			Hujan		
	3	4	5	3	4	5
Utara (0)	2,50	4,50	8,00	3,00	4,91	6,90
Timur Laut (45)	3,00	4,80	7,23	2,83	5,00	6,95
Timur (90)	2,89	4,86	7,10	3,00	4,77	7,14
Tenggara (135)	2,78	4,93	7,03	3,00	4,80	7,05
Selatan (180)	3,00	5,00	6,43	2,56	4,94	6,69
Barat Daya (225)	2,92	4,92	5,69	2,92	4,97	6,46
Barat (270)	2,90	4,99	6,58	2,84	4,97	6,83
Barat Laut (315)	2,75	5,00	6,80	2,82	4,95	6,88

Sumber: NCDC, 2017

4.8 Penentuan Skenario dan Overlay Menggunakan MATLAB

Penentuan skenario diolah menggunakan program MATLAB. *Script* yang digunakan dalam MATLAB telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan untuk *running script* hampir sama dengan script yang digunakan dalam pemodelan dispersi udara. Salah satu langkah awal menggunakan MATLAB dengan menginput data konsentrasi ambien yang diperlukan. *Script* lebih detailnya dapat dilihat pada lampiran. *Script* yang digunakan terdapat dua *file*. *File* pertama, berupa rumus yang akan digunakan dan *file* kedua untuk analisis dan input data.

4.8.1 Skenario Musim Kemarau

Skenario yang pertama ini menggunakan skala Beaufort nomor 3 untuk skenario K1, pada skala ini kecepatan angin relatif tenang. Berikut ini data meteorologi yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Data yang digunakan untuk *running* pada kecepatan rendah

Arah	Kecepatan Angin (m/det)
Utara (0)	2,50
Timur Laut (45)	3,00
Timur (90)	2,89
Tenggara (135)	2,78
Selatan (180)	3,00
Barat Daya (225)	2,92
Barat (270)	2,90
Barat Laut (315)	2,75

Sumber: NCDC, 2017

Dalam pembuatan skenario ini menggunakan program MATLAB, keluaran dari aplikasi ini berupa peta wilayah penelitian dengan pola sebarannya. Berikut ini, salah satu hasil *running* pola sebaran dapat dilihat pada Gambar 4.15. Berdasarkan Gambar 4.15 dapat diketahui pola sebarannya. Input data konsentrasi

ambien SO₂ yang dianalisis pada tanggal 10 April pukul 18.00 WIB. Rekaman data ambien pada hari itu tercatat 333,064 µg/Nm³. Dari Gambar tersebut, arah angin menunjukkan kearah utara dengan sudut yang terbentuk sebesar 0°. Pola dispersi yang terbentuk di Jl. Diponegoro cenderung pekat pada kecepatan angin rendah sebesar 3 m/s. Hal ini, dapat disebabkan pada pukul 18.00 merupakan salah satu jam puncak dari aktivitas transportasi.

Selanjutnya, skenario kedua yaitu K2 pada kecepatan angin yang sedang. Berikut ini data meteorologi yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 4.12.

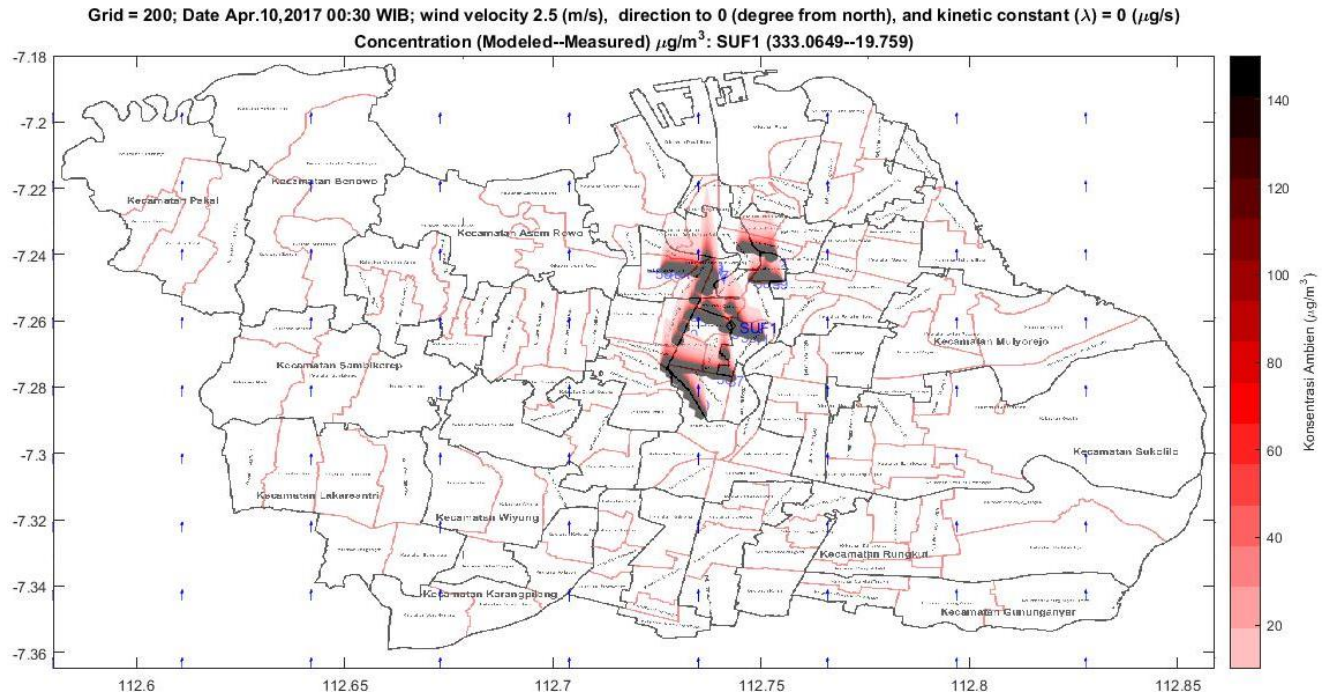
Dari Tabel 4.12 yang telah direkap bersumber NCDC selanjutnya memasukkan data kedalam MATLAB. Berikut ini hasil running pola sebaran dapat dilihat pada Gambar 4.16. Dari tampilan diatas dapat diketahui pola sebaran pada kecepatan angin sedang 4,83 m/s dan arah 90° terbentuk kontur yang relatif sama, hanya saja kontur terlihat pekat di Jl. Basuki Rahmat.

Tabel 4. 12 Data yang digunakan untuk *running* pada kecepatan sedang

Arah	Kecepatan Angin (m/det)
Utara (0)	4,50
Timur Laut (45)	4,80
Timur (90)	4,86
Tenggara (135)	4,93
Selatan (180)	5,00
Barat Daya (225)	4,92
Barat (270)	4,99
Barat Laut (315)	5,00

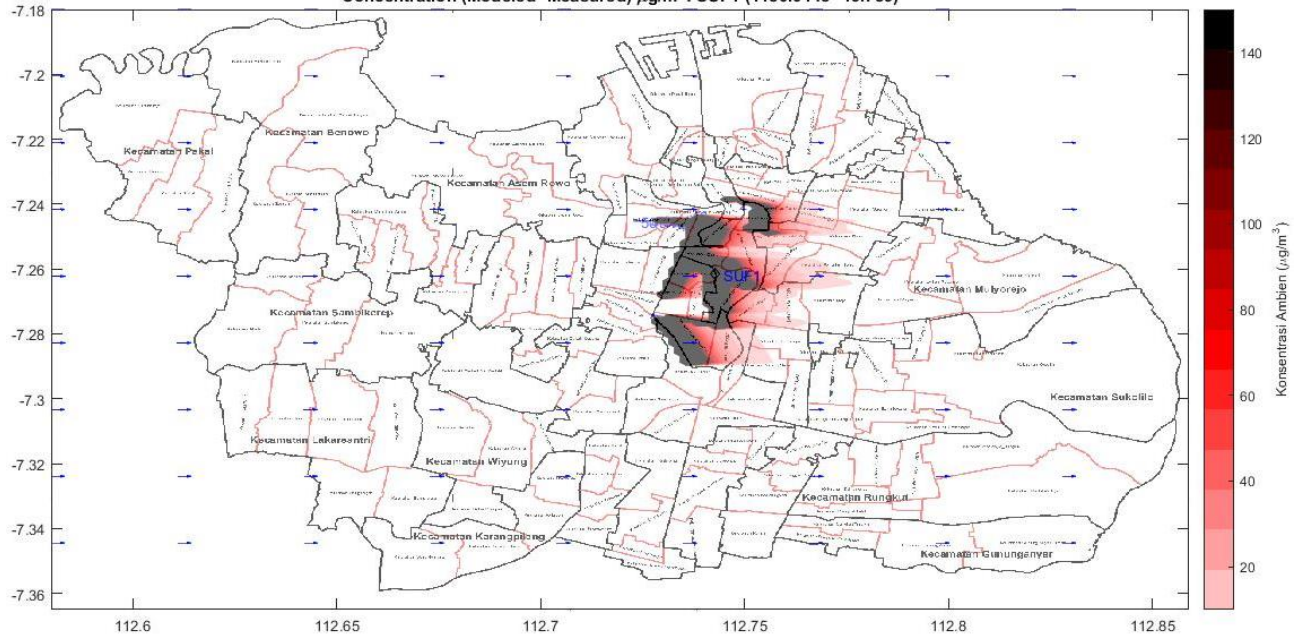
Sumber: NCDC, 2017

Hal ini dipengaruhi tingkat aktivitas yang cenderung padat di jalan tersebut. Mengingat Jl. Basuki Rahmat terdapat banyak gedung komersil, pusat perbelanjaan, sekolah, dan pusat pemerintahan.



Gambar 4. 15 Pola sebaran ambient pada musim kemarau pada kecepatan angin rendah
 Sumber: MATLAB

Grid = 200; Date Apr.10,2017 00:30 WIB; wind velocity 4.86 (m/s), direction to 90 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
Concentration (Modeled–Measured) $\mu\text{g/m}^3$: SUF1 (1150.0148--19.759)



Gambar 4. 16 Pola sebaran ambien pada musim kemarau kecepatan angin sedang
Sumber: MATLAB

4.8.2 Skenario Musim Penghujan

Skenario pada musim hujan menggunakan data pada tanggal 18 Desember 2017 pukul 18.00 WIB dengan konsentrasi ambien sebesar $14,69 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Data tersebut dipilih berdasarkan data yang mendekati dengan kondisi riil. Pada musim penghujan konsentrasi ambien cenderung rendah, dibandingkan musim kemarau. Hal ini disebabkan pada musim hujan mengalami proses *flushing*, dimana air hujan mengikat polutan sehingga konsentrasi ambien relatif kecil. Pukul 18.00 WIB dipilih karena pada waktu tersebut merupakan waktu puncak aktivitas transportasi di sumber garis. Skenario pada musim hujan juga ditentukan berdasarkan arah dan kecepatan angin yang didasarkan pada skala Beaufort.

Skenario pertama pada musim penghujan yaitu skenario P3. Pada skenario ini direncanakan kecepatan angin rendah. Berikut ini data rekap meteorologi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Data yang digunakan untuk *running* pada kecepatan rendah

Arah	Kecepatan Angin (m/det)
Utara (0)	3,00
Timur Laut (45)	2,83
Timur (90)	3,00
Tenggara (135)	3,00
Selatan (180)	2,56
Barat Daya (225)	2,92
Barat (270)	2,84
Barat Laut (315)	2,82

Sumber: NCDC, 2017

Berdasarkan Tabel 4.13 yang telah direkap bersumber NCDC selanjutnya memasukkan data kedalam MATLAB. Berikut ini salah satu hasil *running* pola sebaran yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.17.

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat diketahui pada arah dan kecepatan angin yang ditentukan yaitu 225° dan $2,92 \text{ m/s}$. Pada Jl.

Blauran kontur yang terbentuk cenderung pekat. Hal ini disebabkan oleh beberapa kemungkinan, yaitu Jl. Blauran terdapat beberapa gedung komersil sehingga sering dilintasi kendaraan karena aktivitas padat. Kondisi ini pun turut menyumbang emisi yang dilepas ke udara relatif tinggi. Pada kecepatan angin yang relatif rendah, dispersi dari polutan terkonsentrasi hanya pada satu titik tertentu sehingga emisi di jalan tersebut cenderung tinggi.

Selanjutnya pada skenario kedua pada musim penghujan yaitu skenario P4. Pada skenario ini direncanakan kecepatan angin sedang. Berikut ini data rekap meteorologi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.14. Berdasarkan Tabel 4.14 yang telah direkap bersumber NCDC selanjutnya memasukkan data kedalam MATLAB. Berikut ini hasil running pola sebaran dapat dilihat pada Gambar 4.18.

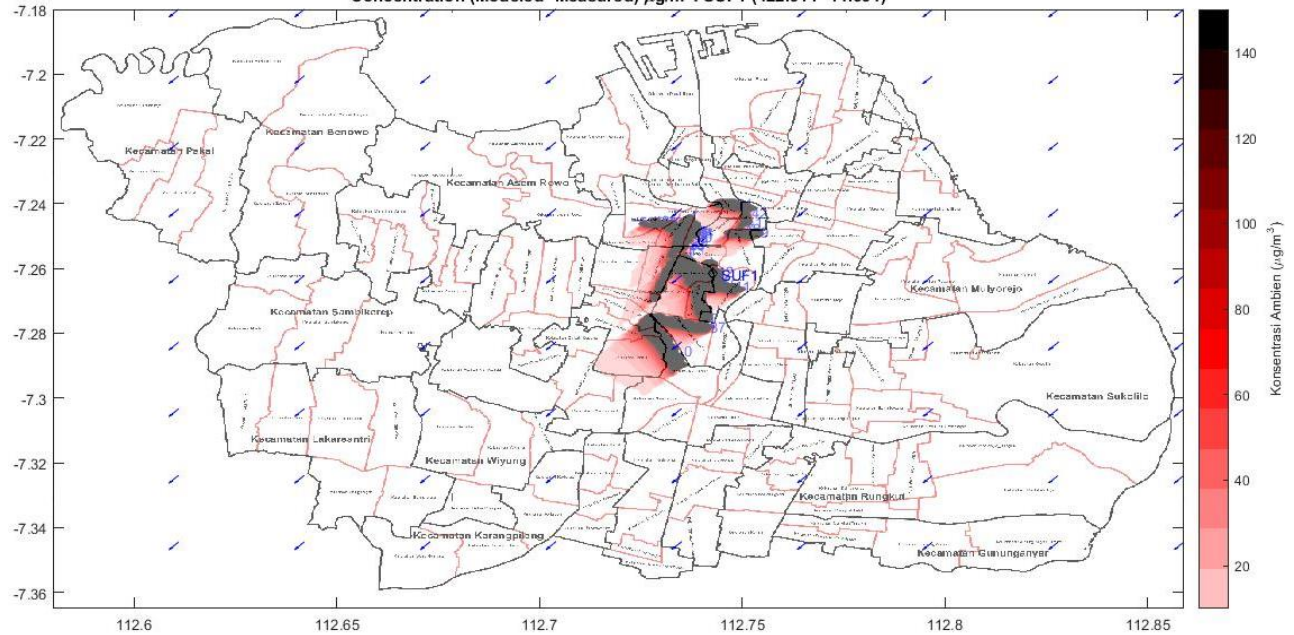
Tabel 4. 14 Data yang digunakan untuk *running* pada kecepatan sedang

Arah	Kecepatan Angin (m/det)
Utara (0)	4,91
Timur Laut (45)	5,00
Timur (90)	4,77
Tenggara (135)	4,80
Selatan (180)	4,94
Barat Daya (225)	4,97
Barat (270)	4,97
Barat Laut (315)	4,95

Sumber: NCDC, 2017

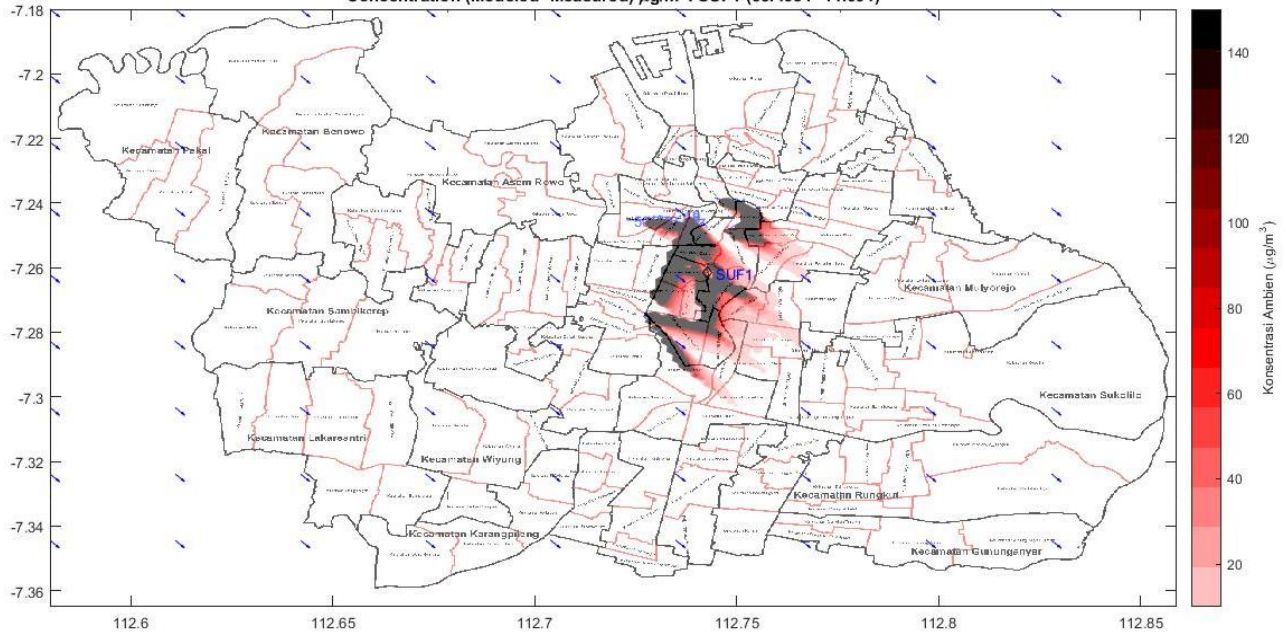
Dari Gambar 4.18 dapat diketahui pada arah dan kecepatan angin yang ditentukan yaitu 135° dan 4,8 m/s. Kontur terpekat di Jl. Basuki Rahmat. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat aktivitas yang cenderung padat di jalan tersebut. Mengingat Jl. Basuki Rahmat terdapat banyak gedung komersil, pusat perbelanjaan, sekolah, dan pusat pemerintahan.

Grid = 200; Date Dec.18,2017 00:30 WIB; wind velocity 2.92 (m/s), direction to 225 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
Concentration (Modeled–Measured) $\mu\text{g/m}^3$: SUF1 (422.911–14.694)



Gambar 4. 17 Pola sebaran ambien pada musim penghujan kecepatan angin rendah
Sumber: MATLAB

Grid = 200; Date Dec.18,2017 00:30 WIB; wind velocity 4.8 (m/s), direction to 135 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
Concentration (Modeled-Measured) $\mu\text{g/m}^3$: SUF1 (55.4951-14.694)



Gambar 4. 18 Pola sebaran ambien pada musim penghujan kecepatan angin sedang
Sumber: MATLAB

4.8.3 Overlay Hasil Skenario pada Kondisi Terburuk

Berikut ini hasil konsentrasi ambien yang terbentuk berdasarkan skenario pada kecepatan angin tinggi. Berdasarkan prinsipnya pada kecepatan angin tinggi konsentrasi pencemar cenderung rata disetiap titiknya dan menjauhi sumber pencemar. Berikut ini hasil konsentrasi ambien dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Hasil konsentrasi ambien berdasarkan skenario

Arah	Konsentrasi Ambien ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)					
	Kemarau			Hujan		
	3	4	5	3	4	5
Utara (0)	333,06	511,44	813,88	453,19	575,03	857,57
Timur Laut (45)	676,90	833,74	1223,08	614,21	879,27	1250,14
Timur (90)	522,06	695,49	1020,17	555,57	678,49	1017,07
Tenggara (135)	23,83	34,55	49,60	27,09	33,35	49,51
Selatan (180)	74,28	96,48	131,11	56,77	94,99	127,02
Barat Daya (225)	422,91	562,68	757,23	422,91	570,07	669,83
Barat (270)	423,32	580,17	799,48	408,77	577,19	778,09
Barat Laut (315)	109,93	165,22	228,73	114,70	163,10	226,93

Sumber: Hasil estimasi model MATLAB

Hasil dari *running* kemudian di overlay menjadi 8 arah mata angin. Dalam menjalankan fungsi overlay dalam Matlab, menggunakan hasil skenario pada kondisi terburuk. Hasil skenario tiap musim yang menunjukkan kondisi terburuk terdapat pada variasi kecepatan angin tinggi (5) pada rentang 5.5 – 8 m/s. Hal ini dikarenakan pada kecepatan angin tinggi mempengaruhi konsentrasi ambien. Semakin besar kecepatan angin, maka konsentrasi yang semakin besar dan pola dispersi luas. Sehingga perlu dilakukan overlay untuk mengetahui jarak sebaran dan wilayah yang menerima konsentrasi ambien SO_2 maksimum di Surabaya Pusat. Berikut Tabel 4.16 data yang dibutuhkan untuk overlay dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. 16 Data overlay pada musim kemarau

Arah	Kecepatan Angin (m/det)	Konsentrasi Ambien ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Utara (0)	8,00	813,88
Timur Laut (45)	7,23	1223,08
Timur (90)	7,10	1020,17
Tenggara (135)	7,03	49,60
Selatan (180)	6,43	131,11
Barat Daya (225)	5,69	757,23
Barat (270)	6,58	799,48
Barat Laut (315)	6,80	228,73
Rata-rata		627,91

Sumber: Hasil estimasi model MATLAB

Berdasarkan Tabel 4.16 menunjukkan rata-rata konsentrasi ambien pada musim kemarau mencapai 627,91 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hal ini melampaui baku mutu yang diacu berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim No. 10 tahun 2009 sebesar 262 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Kondisi ini berdampak pada wilayah disekitar yang berada disekitar jalan. Berikut ini Gambar 4.19 merupakan kontur dispersi yang terbentuk pada musim kemarau setelah dioverlay. Pada gambar ini diperoleh informasi berupa kontur dispersi yang terbentuk pekat pada tiap jalannya. Hal ini dipengaruhi tingkat aktivitas transportasi yang cenderung padat sehingga berdampak pada pertumbuhan jumlah kendaraan ditiap ruas jalannya. Konsentrasi emisi tertinggi terdapat pada ruas jalan primer dan sekunder yaitu jalan Diponegoro dan jalan Embong Malang, jalan Basuki Rahmat, jalan Pemuda, dan sebagainya. Hal ini dapat dilihat dari jumlah kendaraan yang melintasi jalan tersebut, terdapat pada lampiran.

Selanjutnya menentukan radius wilayah yang terpengaruh akibat aktivitas lalu lintas yang berada disekitar jalan. Penentuan radius ini menggunakan peranti lunak AutoCAD 2015. Sehingga diperoleh radius dari wilayah yang terpengaruh untuk jalan arteri

primer berada pada rentang 500-600 m sedangkan untuk arteri sekunder wilayah yang terkena dampak berada pada jarak 400-500.

Dalam menentukan wilayah yang terpengaruh dan luas sebarannya untuk musim penghujan. Berikut ini data yang diperlukan untuk melakukan overlay dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Data overlay pada musim penghujan

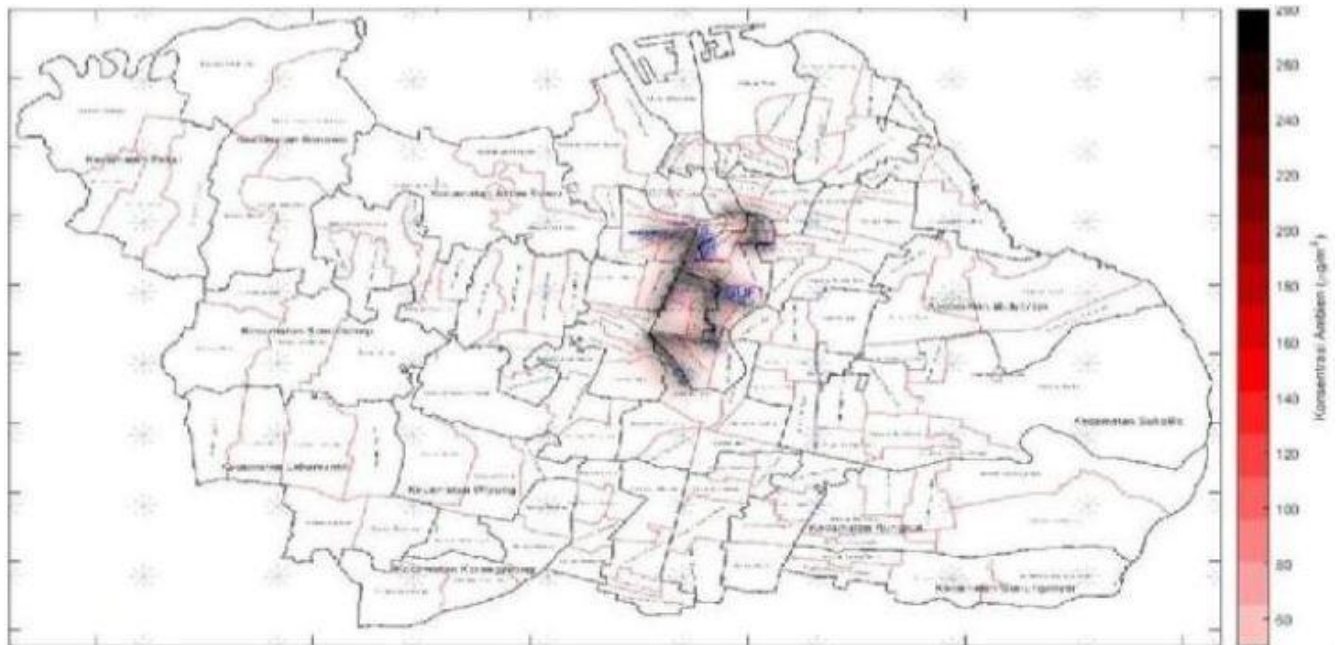
Arah	Kecepatan Angin (m/det)	Konsentrasi Ambien ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Utara (0)	6,90	857,57
Timur Laut (45)	6,95	1250,14
Timur (90)	7,14	1017,07
Tenggara (135)	7,05	49,51
Selatan (180)	6,69	127,02
Barat Daya (225)	6,46	669,83
Barat (270)	6,83	778,09
Barat Laut (315)	6,88	226,93
Rata-rata		622,02

Sumber: Hasil estimasi model MATLAB

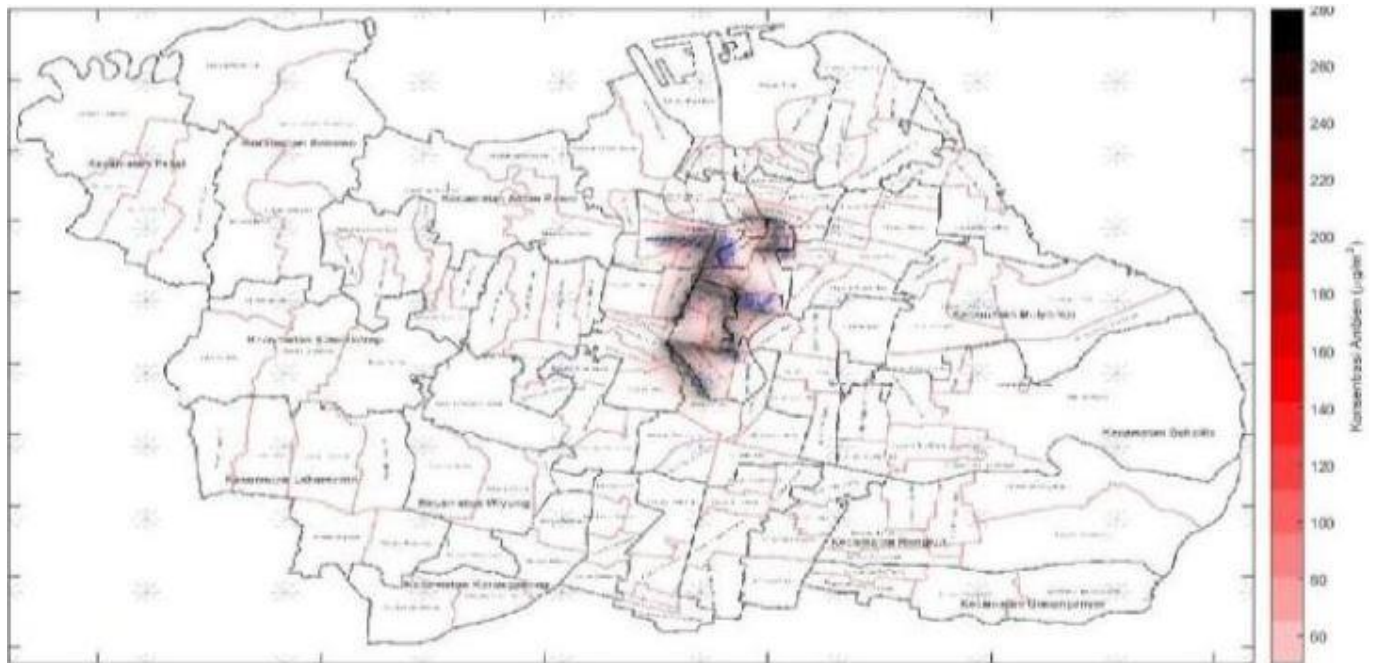
Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui rata-rata konsentrasi ambien sebesar 622,02 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ melebihi baku mutu yang telah ditetapkan dengan mengacu Peraturan Gubernur Jatim No. 10 tahun 2009 sebesar 262 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada Tabel 4.23 konsentrasi tertinggi terjadi pada saat angin mengarah ke timur laut. Kondisi ini dikarenakan terdapat banyak sumber pencemar yang mengarah ke SUF-1 sehingga konsentrasi pencemarnya cenderung tinggi. Berikut ini kontur yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.21.

Berdasarkan Gambar 4.20 diperoleh pola kontur sebaran konsentrasi pencemarnya. Dimana pola yang terbentuk dominan mengarah dari barat daya menuju timur laut. Selain itu kontur pola sebaran yang terbentuk hampir sama dengan pola di musim

kemarau. Dimana pada jalan arteri primer dan arteri sekunder cenderung pekat. Hal ini karena pada jalan tunjungan sebagai jalan arteri sekunder merupakan pusat kegiatan sehingga memicu jumlah pertumbuhan kendaraan. Berdasarkan hasil pola sebaran yang terbentuk dapat diperoleh radius sebaran untuk tiap ruas jalannya. Untuk jalan arteri primer berada pada rentang jarak 500-600 m dan untuk arteri sekunder pada rentang 400-500 m. Ruas jalan arteri primer adalah jalan Diponegoro dan ruas arteri sekunder di jalan Embong Malang, Pemuda, Basuki Rahmat, Gubernur Suryo, dan sebagainya.



Gambar 4. 19 Hasil *overlay* musim kemarau pada kecepatan angin tinggi
Sumber: MATLAB



Gambar 4. 20 Hasil overlay musim penghujan pada kecepatan angin tinggi
 Sumber: MATLAB

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Model pesebaran konsentrasi SO₂ mengikuti arah angin dominan yang dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer. Nilai R untuk model pesebaran emisi SO₂ yang dihasilkan untuk musim kemarau dan musim penghujan 0,402 dan 0,855, sedangkan nilai RMSE sebesar 2,84 dan 2,30. Sehingga hasil model pada musim penghujan lebih baik.
2. Wilayah yang berpotensi menerima pencemar terbesar akibat aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Pusat terletak di sekitar ruas jalan arteri primer pada radius 500-600 m, sedangkan di ruas jalan arteri sekunder pada radius 400-500 m.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian lanjutan adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait faktor koreksi model dengan memperhatikan koreksi angin pada ketinggian.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait perhitungan beban emisi yang dihasilkan dari sumber titik, sumber area, dan sumber garis (semua sumber) agar memperoleh hasil estimasi model yang mendekati data pengukuran SUF.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- Alsahli, M. M., Al-Harbi, M. 2017. Allocating optimum sites for air quality monitoring stations using GIS suitability analysis. *Urban Climate*. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095517300949>
- Aldrian, Edwin., Karmini, Mimin., Budiman (BMKG). 2011. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. Jakarta. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputusan Bidang Klimatologi BMKG.
- Armas, O., Garcia-Contreras, R., Ramos, A. 2016. On-line thermodynamic diagnosis of diesel combustion process with paraffinic fuels in a vehicle tested under NEDC. *Research on Sustainable Cleaner Production and Sustainable Energy Options*, 138(Part 1), 94–102.
- Assomadi A. F., (2016). Pendekatan Baru Model Distribusi Pencemar di Atmosfer Perkotaan. Disertasi. Surabaya: ITS
- Badan Perencanaan Pemba ngunan. Penyusunan Review Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya 2013. Pemerintah Kota Surabaya. Surabaya
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya. 2017. Kota Surabaya dalam Angka.
- Bappeda Provinsi Jawa Timur. 2013. *Potensi dan Produk Unggulan Jawa Timur*. Surabaya
- BPH Migas Nasional. 2017. Konsumsi BBM Nasional per Tahun. <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional>. (diakses pada tanggal 5 Januari, 2018)
- Brusca, S., Famoso, F., Lanzafame, R., Mauro, S., Garrano, A. M. C., Monforte, P. 2016. Theoretical and Experimental Study of Gaussian Plume Model in Small Scale System. *ATI 2016 - 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association*, 101(Supplement C), 58–65.
- Budyono Afif. 2001. Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Berita Dirgantara* Vol. 2 (1)

- Dinas Lingkungan Hidup. 2016. Laporan Harian Kualitas Udara untuk Parameter (*Daily Air Quality Report for Parameters*). Data Center Surabaya: Surabaya
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2017). Data Kualitas Udara di Surabaya. Surabaya
- Dinas Perhubungan Kota Surabaya. (2017). Data Volume Lalu Lintas Rata-Rata Dan Ruas Jalan di Surabaya. Surabaya
- Environment Protection Agency. 2012. *EPA-452/F-03-034 Flue Gas Desulphurization*. US: EPA-CICA Fact Sheet
- Environmental Protection Agency (EPA), 2017. Sulfur dioxide, Basic Information, <https://www.epa.gov/so2-pollution>. (diakses pada tanggal 10 Januari 2018.)
- Fahrisa, T. R., (2017). *Studi Kualitas Udara (Karbon Monoksida, Sulfur Dioksida Dan PM10) Dengan Stasiun Pemantau Di Kota Surabaya*. Surabaya: ITS.
- Fardiaz, Srikandi .1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius, Yogyakarta
- Garg, A., Shukla, P. R., Bhattacharya, S., & Dadhwal, V. K. (2001). Sub-region (district) and sector level SO₂ and NO_x emissions for India: assessment of inventories and mitigation flexibility. *Atmospheric Environment*, 35, 703–713.
- Gong, M., Yin, S., Gu, X., Xu, Y., Jiang, N., Zhang, R. 2017. Refined 2013-based vehicle emission inventory and its spatial and temporal characteristics in Zhengzhou, China. *Science of The Total Environment*, 599–600(Supplement C), 1149–1159.
- González, C. M., Gómez, C. D., Rojas, N. Y., Acevedo, H., Aristizábal, B. H. 2017. Relative impact of on-road vehicular and point-source industrial emissions of air pollutants in a medium-sized Andean city. *Atmospheric Environment*, 152(Supplement C), 279–289.
- Gusnita, D. 2016. Karakteristik Temporal Pencemar Udara Ambien di Kota Surabaya. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JIKPK)*, 1(3), 174-179.
- Hassan, H., dkk. 2000. Application of line source air quality model to the of traffic carbon monoxide in Brunei Darussalam.

- ASEAN Journal on Science and Technology for Development, Vol. 17 No. 1
- Holmes NS, Morawska L. A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: an overview of different dispersion models available. *Atmos Environ* 2006;40:5902–28.
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2003. POLLUTION STANDARD INDEX (PSI) Air Quality Report Main Air Quality Center BAPEDAL. <http://www.menlh.go.id> (diakses pada tanggal 5 Januari 2018)
- Keputusan Menteri Kesehatan republik Indonesia Nomor 424/MENKES/SK/IV/2003 Tentang Penetapan Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) Sebagai Penyakit yang dapat Menimbulkan Wabah dan Pedoman Penanggulangannya. 2003. Jakarta
- Khaniabadi, Y. O., Daryanoosh, S. M., Hopke, P. K., Ferrante, M., De Marco, A., Sicard, P., ... Keishams, F. 2017. Acute myocardial infarction and COPD attributed to ambient SO₂ in Iran. *Environmental Research*, 156(Supplement C), 683–687.
- Kukkonen J, Härkönen J, Walden J, Karppinen A, Lusa K. Validation of the dispersion model CAR-FMI against measurements near a major road. *Int J Environ Pollut* 2001; 16:1–6.
- Kusminingrum, N., dan Gunawan, G. 2008. Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali. Bandung: Pusat Litbang Jalan dan jembatan
- Liao, X., Tu, H., Maddock, J. E., Fan, S., Lan, G., Wu, Y.,... Lu, Y. 2015. Residents' perception of air quality, pollution sources, and air pollution control in Nanchang, China. *Atmospheric Pollution Research*, 6(5), 835–841.
- Mallik, C. Lal, S. 2013. Seasonal characteristics of SO₂, NO₂, and CO emissions in and around the Indo-Gangetic Plain. *Environ Monit Assess* (2014) 186:1295-1310
- Manktelow, P. T., Mann, G.W., Carslaw, K. S., Spracklen, D.V., & Chipperfield, M. P. (2007). Regional and global trends in

- sulfate aerosol since the 1980s. *Geophysical Research Letters*, 34(14), L14803. doi:10.1029/2006gl028668.
- Mathew, T. V. (2014). Fuel Consumption and Emission Studies. In *Lecture note in Traffic Engineering and Management*. NPTEL.
- MathWork, (2016). MATLAB Primer, 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098: The MathWorks, Inc.
- Ni'am, A. G., 2009. Simulasi Dispersi Gas Polutan SO₂, H₂S, dan CO Dengan Menggunakan Program *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Pahlavani, P., Sheikhan, H., Bigdeli, B. 2017. Assessment of an air pollution monitoring network to generate urban air pollution maps using Shannon information index, fuzzy overlay, and Dempster-Shafer theory, A case study: Tehran, Iran. *Atmospheric Environment*, 167(Supplement C), 254–269.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah
- Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07 tahun 2003 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Kotamadya Daerah Tingkat II Surabaya No. 14 Tahun 1999 Tentang Retribusi Penggantian Biaya Cetak Peta
- Peraturan Guberrnur Jawa Timur Nomor 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur.
- Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Polisi Lalu Lintas Kota Besar Surabaya. (2015). Jumlah kendaraan di Surabaya.
- Popescu, F., I. Ionel, N. Lontis, L. Callin, I.L Dungan. 2011. Air Quality Monitoring in an Urban Agglomeration. Timisoara : University "Politehnica"
- Putut L.E., B. W. 2011. Simulasi Model Dispersi Polutan Karbon Monoksida di Pintu Masuk Tol (Studi Kasus Line Source di Ruas Tol Dupak, Surabaya). *Prosiding Seminar Nasional*

- Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, UNY*, (p. 285-286). Yogyakarta.
- Qu, Y., An, J., He, Y., Zheng, J. 2016. An overview of emissions of SO₂ and NO_x and the long-range transport of oxidized sulfur and nitrogen pollutants in East Asia. *Journal of Environmental Sciences*, 44, 13–25.
- Rosario, L., Francesco, S. P. 2016. Analysis and Characterization of the Predominant Pollutants in the Catania's Air Quality Monitoring Stations. *ATI 2016 - 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association*, 101, 337–344.
- Sejati, Kuncoro. 2011. *Global Warming, Food, and Water Problems, Solutions, and The Changes of World Geopolitical Constellation*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Siagian, A., dan Silaban, M., 2008. Performa dan Karakteristik Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Ganda. Tangerang Selatan: Balai Besar Teknologi Energi (B2TE), BPPT PUSPITEK
- Sihombing, Adolf Leopold SM. 2008. *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan CH₄) dari Sektor Transportasi dengan Pendekatan Jarak Tempuh Kendaraan dan Konsumsi Bahan Bakar dalam Upaya Pengelolaan Kualitas Udara di Kota dan Kabupaten Bandung*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Soedomo, Moestikahadi. (2001). *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB
- Stein, A.F., Draxler, R.R., Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., Ngan, F., 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 96, 2059e2077.
- Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001. PT. Grasindo. Jakarta
- Tiarani, V. L., Sutrisno, E., Huboyo, H, S. (2016). Kajian Beban Emisi Pencemar Udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta Dengan Metode TIER 1 dan TIER 2. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol 5 (1)

- Undang-undang Republik Indonesia No. 38 tahun 2004 tentang Jalan
- Vayda (1986), dalam Ismiyati. Marlita, D. Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*. Vol. 01 (03), November 2014: ISSN 2355-4721
- Vinayagam, A., Kavitha, C., Thangadurai, K. 2016. Multi Model Air Pollution Estimation for Environmental Planning Using Data Mining. *International Journal of Science and Research*, 3, 332-335.
- Visscher, A., 2014. *Air Dispersion Modeling*. New Jersey: John Wiley & sons, Inc.
- World Health Organization (1979), dalam Ismiyati. Marlita, D. Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*. Vol. 01 (03), November 2014: ISSN 2355-4721
- World Health Organization (2005) dalam Mallik, C. Lal, S. 2013. Seasonal characteristics of SO₂, NO₂, and CO emissions in and around the Indo-Gangetic Plain. *Environ Monit Assess* (2014) 186:1295-1310
- Wisi, W. N., (2012). *Pemodelan Dispersi SO₂ dari Sumber Garis Majemuk (Multiple Sources) dengan Modifikasi Model Gauss di Jalan Mastrip Raya dan jalan Pagesangan Surabaya Selatan*. Surabaya: ITS.

LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS UDARA

Tabel L. 1 Data SO₂ pada Tanggal Terpilih Musim Kemarau

Waktu	7-Apr	8-Apr	9-Apr	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr
00:30	20.96	19.74	20.96	18.41	18.93	19.43	18.69
01:00	20.94	19.76	20.96	19.08	20.89	18.82	18.49
01:30	20.68	20.17	20.96	18.84	20.85	18.78	19.83
02:00	20.96	19.52	20.94	19.80	20.96	18.97	20.96
02:30	20.89	20.22	20.89	20.24	20.96	19.30	20.96
03:00	20.94	20.26	20.96	20.15	20.96	18.60	20.96
03:30	20.96	20.39	20.94	20.26	20.83	19.13	20.96
04:00	20.83	20.41	20.87	20.96	20.20	19.04	21.55
04:30	20.24	20.96	20.96	20.78	19.74	19.65	23.54
05:00	20.22	22.64	20.96	20.41	19.17	19.43	21.05
05:30	19.45	22.01	20.96	20.31	19.89	20.87	20.96
06:00	19.87	20.96	20.96	20.72	20.24	20.96	19.87
06:30	20.07	20.96	20.96	20.96	20.96	21.18	20.07
07:00	19.48	20.94	20.96	20.96	20.96	22.66	19.48
07:30	20.11	20.89	20.96	20.96	20.96	20.96	22.73
08:00	20.00	20.65	20.96	20.96	20.68	21.02	21.20
08:30	19.85	20.52	51.05	20.96	21.57	20.96	20.96
09:00	19.94	25.87	33.73	20.96	20.87	20.96	20.96
09:30	20.96	20.96	29.39	20.96	20.76	20.96	20.96
10:00	20.89	20.96	20.96	20.92	20.96	20.96	20.89
10:30	20.11	20.81	20.81	20.96	20.96	25.48	20.11
11:00	20.87	20.96	20.74	20.96	20.96	44.08	19.93
11:30	20.55	20.96	20.76	20.87	20.46	33.01	19.67

Waktu	7-Apr	8-Apr	9-Apr	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr
12:00	20.68	20.96	20.48	20.83	20.85	20.52	19.96
12:30	20.28	20.81	20.46	20.85	20.76	20.20	20.09
13:00	20.72	20.76	20.63	20.48	20.50	18.71	20.55
13:30	20.65	20.44	20.68	20.26	19.30	18.91	20.96
14:00	20.63	20.33	20.31	19.52	19.45	19.41	20.26
14:30	20.81	19.91	19.93	19.41	19.08	19.76	20.65
15:00	20.44	20.20	20.33	19.08	18.49	18.78	20.41
15:30	20.63	20.00	20.52	19.41	18.34	19.26	20.22
16:00	20.59	19.89	20.85	19.87	18.60	19.08	20.02
16:30	20.48	20.35	20.87	19.65	18.60	19.13	19.48
17:00	20.74	20.76	20.57	18.93	18.43	18.67	20.35
17:30	20.70	20.96	20.61	19.19	18.45	19.00	20.74
18:00	20.72	20.96	20.89	19.76	18.45	19.10	20.74
18:30	20.02	20.96	20.35	19.65	18.43	19.13	19.58
19:00	20.15	20.96	20.46	18.34	18.91	19.28	19.32
19:30	20.39	20.96	20.59	18.56	18.67	19.19	19.65
20:00	20.78	20.96	20.76	19.00	18.34	19.21	19.39
20:30	20.78	20.96	20.74	18.89	18.41	18.54	19.91
21:00	20.24	20.94	20.83	19.26	18.34	19.08	19.45
21:30	19.61	20.89	20.81	19.50	18.34	18.78	19.24
22:00	20.81	20.96	20.87	18.95	18.34	18.58	19.32
22:30	20.89	20.89	20.76	18.80	18.41	19.00	20.96
23:00	20.20	20.85	20.96	18.69	18.34	19.19	20.96
23:30	20.07	20.89	20.35	18.67	18.34	18.95	20.85
24:00	19.87	20.94	20.00	18.65	18.34	18.38	20.92

Tabel L. 2 Data SO₂ pada Tanggal Terpilih Musim Penghujan

Waktu	18-Dec	19-Dec	20-Dec	21-Dec	22-Dec	23-Dec	24-Dec
00:30	18.34	13.23	19.45	20.61	13.34	17.68	17.58
01:00	13.86	13.99	17.64	20.28	12.62	16.90	19.21
01:30	13.73	13.38	16.29	20.04	14.69	19.19	28.97
02:00	14.02	13.45	17.47	20.09	14.93	18.58	37.79
02:30	13.84	13.41	15.96	19.87	14.67	19.00	30.55
03:00	14.34	13.34	15.24	20.96	16.72	19.28	32.44
03:30	14.28	13.49	14.32	20.96	17.75	21.27	30.22
04:00	14.06	13.65	15.96	20.96	18.14	21.16	28.41
04:30	14.65	13.67	18.14	20.96	21.11	21.44	25.20
05:00	15.37	14.76	17.29	20.96	32.33	21.68	23.17
05:30	15.98	15.02	18.45	20.96	44.17	29.89	28.12
06:00	15.74	14.91	17.25	20.96	41.81	24.74	32.01
06:30	16.61	14.96	17.75	20.96	31.13	28.32	31.02
07:00	17.66	15.33	18.32	20.96	26.22	31.26	27.38
07:30	20.85	16.64	19.32	20.96	23.45	29.19	22.42
08:00	21.38	16.07	23.56	20.96	19.43	33.93	20.50
08:30	20.83	15.98	19.63	20.96	21.64	31.46	17.66
09:00	19.06	14.67	17.79	20.96	15.92	26.68	14.89
09:30	17.23	14.37	16.66	20.87	19.00	30.78	14.30
10:00	16.77	14.93	15.72	20.81	16.27	34.41	13.32
10:30	17.73	16.31	16.70	19.91	15.76	25.37	13.69
11:00	17.90	17.55	15.81	19.35	16.75	24.21	15.44
11:30	18.49	17.77	18.97	20.96	23.41	24.52	16.44
12:00	18.60	16.96	17.25	43.16	24.87	29.63	90.37
12:30	18.62	16.51	16.94	30.48	23.82	23.32	16.14
13:00	17.31	15.85	17.23	20.28	23.30	20.72	12.12

Waktu	18-Dec	19-Dec	20-Dec	21-Dec	22-Dec	23-Dec	24-Dec
13:30	18.27	16.75	16.48	20.20	25.81	22.01	11.79
14:00	17.31	17.58	17.62	19.69	25.74	20.59	11.75
14:30	19.50	21.33	16.79	19.43	25.17	21.40	13.08
15:00	19.08	22.27	15.92	19.76	22.51	19.63	12.86
15:30	32.99	31.94	13.91	19.96	24.34	19.91	12.58
16:00	19.50	40.04	14.06	20.33	20.83	18.08	12.27
16:30	17.47	21.40	16.44	20.02	14.67	15.63	13.03
17:00	16.03	17.42	16.18	19.41	12.93	15.74	13.45
17:30	16.81	16.61	14.96	19.83	12.86	18.14	12.47
18:00	14.69	18.27	14.13	19.58	13.84	18.21	13.25
18:30	13.06	16.27	15.24	18.71	13.30	19.30	12.71
19:00	13.08	15.17	15.63	19.37	13.65	22.64	17.42
19:30	14.19	23.67	15.44	20.15	16.16	23.43	15.20
20:00	14.59	24.00	15.70	19.76	18.82	23.93	14.56
20:30	14.72	18.89	14.10	20.04	18.32	14.19	15.70
21:00	14.28	15.06	13.76	19.93	20.24	14.45	15.85
21:30	14.15	13.91	13.91	19.61	28.25	14.48	14.06
22:00	13.38	13.38	13.38	19.85	28.73	18.03	12.84
22:30	18.34	18.34	18.34	20.52	19.39	16.99	13.21
23:00	18.34	18.34	18.34	20.13	17.58	16.85	13.36
23:30	66.05	66.05	23.32	20.57	16.11	19.37	12.77
24:00	18.34	20.46	25.81	20.94	15.57	20.48	14.67

LAMPIRAN 2 DATA METEOROLOGI (ANGIN) LOKAL

Tabel L. 3 Contoh Data arah & kecepatan angin dimusim penghujan

Waktu	Arah	Kecepatan	Kec \pm 180
12/15/2017 0:30	296.18	1.09	116.18
12/15/2017 1:00	205.19	0.90	25.19
12/15/2017 1:30	294.86	0.80	114.86
12/15/2017 2:00	253.17	0.49	73.17
12/15/2017 2:30	223.29	0.57	43.29
12/15/2017 3:00	252.73	0.52	72.73
12/15/2017 3:30	257.34	0.37	77.34
12/15/2017 4:00	285.87	0.78	105.87
12/15/2017 4:30	222.00	1.39	42.00
12/15/2017 5:00	280.47	0.57	100.47
12/15/2017 5:30	232.60	0.93	52.60
12/15/2017 6:00	262.80	0.24	82.80
12/15/2017 6:30	233.41	1.56	53.41
12/15/2017 7:00	224.61	2.55	44.61
12/15/2017 7:30	213.23	1.36	33.23
12/15/2017 8:00	248.09	0.61	68.09
12/15/2017 8:30	303.64	0.33	123.64
12/15/2017 9:00	288.79	0.52	108.79
12/15/2017 9:30	320.34	0.87	140.34
12/15/2017 10:00	299.38	1.04	119.38
12/15/2017 10:30	349.48	0.81	169.48
12/15/2017 11:00	298.14	0.90	118.14
12/15/2017 11:30	279.13	2.05	99.13
12/15/2017 12:00	355.16	0.61	175.16
12/15/2017 12:30	311.29	1.25	131.29

12/15/2017 13:00	349.60	1.06	169.60
12/15/2017 13:30	355.00	1.16	175.00
12/15/2017 14:00	14.67	1.22	194.67
12/15/2017 14:30	16.55	1.37	196.55
12/15/2017 15:00	11.82	1.94	191.82
12/15/2017 15:30	28.88	1.96	208.88
12/15/2017 16:00	4.49	1.74	184.49
12/15/2017 16:30	8.14	2.18	188.14
12/15/2017 17:00	23.38	2.05	203.38
12/15/2017 17:30	24.34	1.81	204.34
12/15/2017 18:00	358.11	2.15	178.11
12/15/2017 18:30	346.39	1.74	166.39
12/15/2017 19:00	321.91	2.21	141.91
12/15/2017 19:30	260.11	5.38	80.11
12/15/2017 20:00	234.78	3.52	54.78
12/15/2017 20:30	178.12	0.45	358.12
12/15/2017 21:00	211.00	1.13	31.00
12/15/2017 21:30	248.56	2.58	68.56
12/15/2017 22:00	282.01	0.80	102.01
12/15/2017 22:30	284.70	0.68	104.70
12/15/2017 23:00	299.49	1.62	119.49
12/15/2017 23:30	244.47	1.32	64.47
12/16/2017 0:00	231.79	1.15	51.79
12/16/2017 0:30	239.64	1.86	59.64
12/16/2017 1:00	299.13	1.25	119.13
12/16/2017 1:30	203.41	0.66	23.41
12/16/2017 2:00	237.72	2.90	57.72
12/16/2017 2:30	224.31	1.84	44.31
12/16/2017 3:00	222.50	2.19	42.50

Tabel L. 4 Contoh Data arah & kecepatan angin dimusim Kemarau

Waktu	Arah	Kecepatan	Kec ± 180
4/21/2017 0:30	9.64	0.08	189.64
4/21/2017 1:00	52.16	0.16	232.16
4/21/2017 1:30	171.75	1.84	351.75
4/21/2017 2:00	229.88	1.50	49.88
4/21/2017 2:30	204.19	0.56	24.19
4/21/2017 3:00	131.18	0.22	311.18
4/21/2017 3:30	187.33	1.27	7.33
4/21/2017 4:00	247.29	1.83	67.29
4/21/2017 4:30	236.28	1.44	56.28
4/21/2017 5:00	133.77	1.35	313.77
4/21/2017 5:30	170.59	0.49	350.59
4/21/2017 6:00	195.01	0.14	15.01
4/21/2017 6:30	211.14	0.02	31.14
4/21/2017 7:00	198.65	0.02	18.65
4/21/2017 7:30	286.34	0.18	106.34
4/21/2017 8:00	0.00	0.00	180.00
4/21/2017 8:30	292.76	0.66	112.76
4/21/2017 9:00	162.88	0.50	342.88
4/21/2017 9:30	307.35	0.12	127.35
4/21/2017 10:00	114.21	0.38	294.21
4/21/2017 10:30	105.86	0.19	285.86
4/21/2017 11:00	64.92	0.19	244.92
4/21/2017 11:30	28.14	0.35	208.14
4/21/2017 12:00	23.86	0.70	203.86
4/21/2017 12:30	4.60	0.65	184.60
4/21/2017 13:00	348.00	0.63	528.00
4/21/2017 13:30	0.71	0.45	180.71

4/21/2017 14:00	23.45	1.71	203.45
4/21/2017 14:30	15.51	1.55	195.51
4/21/2017 15:00	31.94	0.58	211.94
4/21/2017 15:30	53.80	0.83	233.80
4/21/2017 16:00	22.85	0.60	202.85
4/21/2017 16:30	359.19	0.46	179.19
4/21/2017 17:00	200.45	1.40	20.45
4/21/2017 17:30	175.28	3.01	355.280
4/21/2017 18:00	156.62	0.63	336.620
4/21/2017 18:30	134.29	0.23	314.290
4/21/2017 19:00	237.33	0.01	57.33
4/21/2017 19:30	0.00	0.00	180.00
4/21/2017 20:00	207.83	0.01	27.83
4/21/2017 20:30	0.00	0.00	180.00
4/21/2017 21:00	295.18	0.84	115.18
4/21/2017 21:30	240.18	1.74	60.18
4/21/2017 22:00	226.55	0.40	46.55
4/21/2017 22:30	212.34	0.33	32.34
4/21/2017 23:00	0.00	0.00	180.00
4/21/2017 23:30	233.53	0.42	53.53
4/22/2017 0:00	241.53	1.47	61.53
4/22/2017 0:30	241.32	2.67	61.32
4/22/2017 1:00	230.62	1.49	50.62
4/22/2017 1:30	241.97	2.06	61.97
4/22/2017 2:00	215.47	0.76	35.47
4/22/2017 2:30	213.27	0.67	33.27
4/22/2017 3:00	147.07	0.22	327.07
4/22/2017 3:30	0.00	0.00	180.00
4/22/2017 4:00	0.00	0.00	180.00

LAMPIRAN 3

HASIL SURVEY TRAFFIC COUNTING DISHUB

Tabel L. 5 Contoh Hasil survey traffic counting di Jl. Urip Sumoharjo

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taxi	Bus Mini	Pickup/Box	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3sb	Truk Gandeng	Trailer	Kend. Tak Bermotor
05.00-05.10	205	230	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1
05.10-05.20	359	210	7	7	1	5	0	0	0	0	0	0	3
05.20-05.30	593	199	5	4	0	3	0	0	0	0	0	0	2
05.30-05.40	499	217	8	5	0	2	0	0	0	0	0	0	4
05.40-05.50	650	230	9	6	0	6	0	1	1	0	0	0	1
05.50-06.00	991	250	6	7	0	7	1	1	1	0	0	0	1
06.00-06.10	1112	591	7	10	0	10	1	0	1	0	0	0	5
06.10-06.20	1135	583	8	12	0	8	0	0	0	0	0	0	3
06.20-06.30	2549	573	8	9	0	13	0	1	0	0	0	0	6
06.30-06.40	2015	597	9	11	0	8	1	1	0	0	0	0	7

09.30-09.40	963	342	9	10	1	8	0	0	0	0	0	0	3
09.40-09.50	954	339	12	8	1	13	0	1	1	0	0	0	1
09.50-10.00	946	321	8	13	0	14	0	0	0	0	0	0	1
10.00-10.10	982	342	12	10	0	14	1	0	0	0	0	0	1
10.10-10.20	965	334	10	8	1	9	0	0	0	0	0	0	2
10.20-10.30	975	356	8	12	0	12	0	1	0	0	0	0	1
10.30-10.40	942	362	13	15	1	10	0	0	1	0	0	0	3
10.40-10.50	935	322	11	13	0	13	0	0	0	0	0	0	2
10.50-11.00	922	338	9	11	1	16	0	0	0	0	0	0	1
11.00-11.10	917	349	10	10	1	13	0	0	0	0	0	0	3
11.10-11.20	935	331	9	8	1	17	0	1	0	0	0	0	1
11.20-11.30	949	352	8	13	2	10	1	0	1	0	0	0	2
11.30-11.40	921	367	13	12	1	14	2	0	0	0	0	0	4
11.40-11.50	902	342	12	11	3	9	0	0	0	0	0	0	1
11.50-12.00	921	359	15	8	0	13	0	0	1	0	0	0	1
12.00-12.10	936	367	9	10	0	11	2	1	0	0	0	0	2
Jumlah	109732	45926	713	1033	26	1082	34	46	34	3	0	0	123

Tabel L. 6 Contoh Hasil survey traffic counting di Jl. Pemuda

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taxi	Bus Mini	Pickup/Box	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3sb	Truk Gandeng	Trailer	Kend. Tak Bermotor
05.00-05.10	867	241	9	8	0	5	0	0	0	0	0	0	4
05.10-05.20	893	253	12	7	0	4	0	1	0	0	0	0	3
05.20-05.30	915	309	15	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
05.30-05.40	910	314	14	5	0	6	0	1	0	0	0	0	4
05.40-05.50	924	305	10	7	0	3	0	0	0	0	0	0	7
05.50-06.00	985	319	10	6	0	4	0	0	0	0	0	0	2
06.00-06.10	1573	454	17	15	0	17	0	0	0	0	0	0	7
06.10-06.20	1489	463	15	9	0	15	1	1	0	0	0	0	5
06.20-06.30	1547	450	10	12	0	18	1	0	0	0	0	0	4
06.30-06.40	1560	473	14	9	0	15	2	0	0	0	0	0	2
06.40-06.50	1573	457	13	10	0	16	0	0	0	0	0	0	1
06.50-07.00	1462	467	15	16	0	9	0	0	0	0	0	0	3
Jumlah	103305	50500	1072	1144	0	1135	62	15	1	0	0	0	690

Tabel L. 7 Contoh Hasil survey traffic counting di Jl. Embong Malang

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taxi	Bus Mini	Pickup/Box	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3sb	Truk Gandeng	Trailer	Kend. Tak Bermotor
05.00-05.10	638	238	5	12	0	18	1	1	1	2	0	0	2
05.10-05.20	621	273	6	13	0	22	0	0	0	0	0	0	1
05.20-05.30	689	303	4	10	0	19	1	2	2	1	0	0	3
05.30-05.40	597	283	4	9	0	24	0	0	0	0	0	0	1
05.40-05.50	679	263	5	14	0	22	2	1	0	2	0	0	2
05.50-06.00	634	269	4	15	0	20	0	1	1	0	0	0	1
06.00-06.10	611	302	6	15	0	15	2	1	0	1	0	0	1
06.10-06.20	632	287	7	17	0	16	1	0	0	0	0	0	0
06.20-06.30	598	321	5	14	0	13	0	3	1	0	0	0	1
06.30-06.40	675	287	5	16	0	12	1	1	0	0	0	0	2
06.40-06.50	587	289	4	12	0	10	0	0	0	0	0	0	3
06.50-07.00	632	312	5	13	0	16	0	0	0	0	0	0	1

07.00-07.10	589	281	6	15	0	15	0	1	0	0	0	0	1
07.10-07.20	631	272	4	12	0	16	0	1	0	0	0	0	0
07.20-07.30	622	262	5	13	0	17	0	0	0	1	0	0	3
07.30-07.40	608	271	4	13	0	12	1	2	0	0	0	0	0
07.40-07.50	628	282	3	14	0	11	0	0	1	0	0	0	4
07.50-08.00	615	303	6	14	0	15	0	2	0	0	0	0	2
08.00-08.10	569	251	7	12	0	18	1	1	0	0	0	0	1
08.10-08.20	578	243	6	11	0	15	0	1	1	0	0	0	0
08.20-08.30	605	232	6	15	0	14	1	1	0	1	0	0	2
08.30-08.40	598	243	4	13	0	16	0	0	0	1	0	0	1
08.40-08.50	610	261	5	14	0	15	0	1	1	0	0	0	0
08.50-09.00	617	239	5	12	0	13	0	1	0	0	0	0	0
09.00-09.10	638	233	7	20	0	18	1	1	0	0	0	0	5
09.10-09.20	621	242	6	21	0	19	0	1	0	0	0	0	2
09.20-09.30	587	245	6	21	0	20	2	0	1	0	0	0	3
09.30-09.40	598	268	5	17	0	21	1	1	0	0	0	0	1
Jumlah	79916	30189	919	1912	46	1673	66	64	44	13	0	0	974

LAMPIRAN 4

HASIL PERHITUNGAN BEBAN EMISI

Tabel L. 8 Contoh Rata-rata beban emisi tiap jalan

Waktu (jam)	Rata-rata beban emisi tiap jalan					rata-rata BE
	Jl. Basuki Rahmat	Jl. Diponegoro	Jl. Gemblongan	Jl. Bubutan	Jl. Kedungdoro	
0:30	0.006096173	0.002769056	0.00041567	0.0019171	0.000617408	0.002246895
1:00	0.003657704	0.001661433	0.000249402	0.0011503	0.000370445	0.001348137
1:30	0.002438469	0.001107622	0.000166268	0.0007668	0.000246963	0.000898758
2:00	0.006096173	0.002769056	0.00041567	0.0019171	0.000617408	0.002246895
2:30	0.014630816	0.006645734	0.000997608	0.004601	0.001481779	0.005392549
3:00	0.022970381	0.010433802	0.001566245	0.0072236	0.002326392	0.008466302
3:30	0.033163182	0.015063663	0.002261245	0.010429	0.003358698	0.012223111
4:00	0.053890171	0.024478452	0.003674523	0.0169471	0.005457884	0.019862555
4:30	0.063400202	0.028798179	0.004322968	0.0199377	0.00642104	0.023367711
5:00	0.073154079	0.033228668	0.00498804	0.0230051	0.007408893	0.026962744
5:30	0.23334827	0.530979546	0.044246663	0.3163807	0.292802177	0.247163948

6:00	0.250721928	0.60458446	0.051074451	0.3720899	0.29932534	0.269172185
6:30	0.243867493	0.52853357	0.056026233	0.376579	0.38762695	0.289874556
7:00	0.271595108	0.554765505	0.052793222	0.4023141	0.423056756	0.30395036
7:30	0.266513158	0.681338443	0.058268218	0.3789787	0.406294533	0.304009034
8:00	0.324901872	0.523408871	0.062756533	0.4242755	0.388042336	0.288005549
8:30	0.331148952	0.494320148	0.068838047	0.4158607	0.48103825	0.291858696
9:00	0.29874429	0.652685126	0.068034124	0.3883749	0.410742932	0.29114676
9:30	0.268306302	0.533663981	0.01342885	0.3752874	0.190350806	0.216469164
10:00	0.260274342	0.425246193	0.013666375	0.3985974	0.186706796	0.209090382
10:30	0.284159507	0.458038038	0.014668672	0.485642	0.227148797	0.234657657
11:00	0.303636183	0.460418785	0.019723367	0.4978178	0.230335037	0.246695676
11:30	0.315679992	0.464415489	0.02046117	0.4963951	0.315413719	0.259425689
12:00	0.328091518	0.420751882	0.020774219	0.5253126	0.298905012	0.256941382
12:30	0.30489221	0.508832183	0.019752313	0.4868767	0.285590631	0.254811429
13:00	0.300909283	0.511975875	0.021132989	0.4516441	0.233160255	0.247198207
14:00	0.088058212	0.313356574	0.100871322	0.1500288	0.306383043	0.17881283

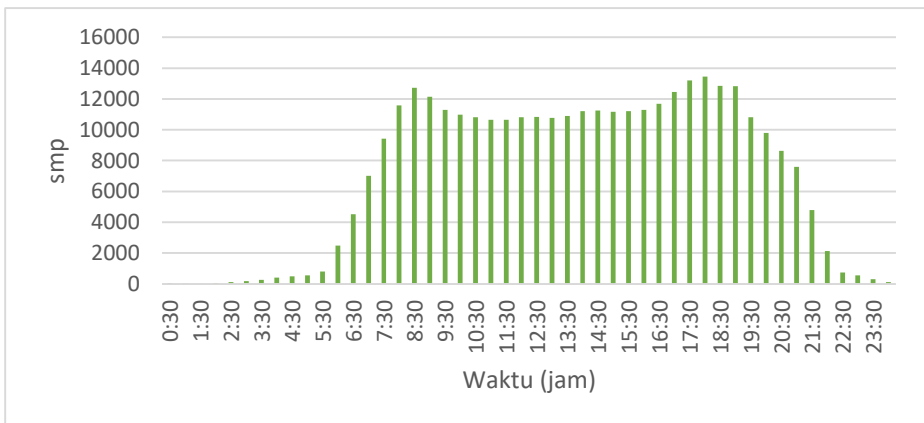
LAMPIRAN 5 FAKTOR HARIAN DAN FAKTOR MINGGUAN

Penentuan Faktor Harian dan Mingguan

Dalam penentuan faktor pengali beban emisi terdiri atas faktor harian dan faktor mingguan. Dimana, kondisi tersebut menggambarkan Kota Surabaya. Faktor harian yang digunakan ditentukan dari perubahan volume lalu lintas tiap 30 menit. Perhitungan ini mengacu pada rata-rata volume lalu lintas jalan di Surabaya, dengan menetapkan nilai faktor = 1. Maka faktor harian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_h = \frac{VT_t}{VT_{rt}} \times 1$$

Berikut ini contoh perhitungan faktor harian di Surabaya berdasarkan ketersediaan data hasil survey Dishub pukul 05.00 – 21.00 selama 16 jam. Kemudian dilakukan ekstrapolasi data pukul 21.00 – 05.00. Perubahan volume trafik dapat dilihat pada Gambar L.1.



Gambar L. 1 Tren volume lalu lintas harian rata-rata Kota Surabaya dan ekstrapolasi

Sumber: Assomadi, 2016

Berdasarkan Gambar L.1 rata-rata lalu lintas sebesar 7032 smp/30 menit. Maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

- VTmax, pada saat volume trafik maksimum pada pukul 18.00 WIB, dengan nilai VT sebesar 13448 sehingga nilai Fh dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_h = \frac{13448}{7032} \times 1 = 1,91$$

- VTmin, pada saat volume trafik minimum pada pukul 01.00 WIB, dengan nilai VT sebesar 27, maka nilai Fh sebagai berikut:

$$F_h = \frac{27}{7032} \times 1 = 0,004$$

Perhitungan faktor harian lainnya dalam satu hari dapat dilihat pada Tabel L.9.

Tabel L. 9 Faktor harian (*Fh*) beban emisi di Surabaya

Waktu	VT (smp/30 menit)	Fh	Waktu	VT (smp/30 menit)	Fh
0:30	46.41	0.007	12:30	10838.58	1.541
1:00	27.85	0.004	13:00	10781.25	1.533
1:30	18.57	0.003	13:30	10895.23	1.549
2:00	46.41	0.007	14:00	11204.88	1.594
2:30	111.39	0.016	14:30	11249.08	1.600
3:00	174.89	0.025	15:00	11155.79	1.587
3:30	252.49	0.036	15:30	11213.11	1.595
4:00	410.3	0.058	16:00	11295.17	1.606
4:30	482.71	0.069	16:30	11676.71	1.661
5:00	556.97	0.079	17:00	12457.11	1.772
5:30	798.25	0.114	17:30	13197.65	1.877
6:00	2493.18	0.355	18:00	13447.57	1.912
6:30	4509.58	0.641	18:30	12852.46	1.828
7:00	7020.75	0.998	19:00	12829.43	1.682
7:30	9417.39	1.339	19:30	10817.06	1.538

Waktu	VT (smp/30 menit)	Fh	Waktu	VT (smp/30 menit)	Fh
8:00	11576.06	1.646	20:00	9785.65	1.392
8:30	12717.59	1.809	20:30	8629.45	1.227
9:00	12144.76	1.727	21:00	7587.65	1.079
9:30	11298.46	1.607	21:30	4781	0.680
10:00	10972.78	1.561	22:00	2124.54	0.302
10:30	10815.59	1.538	22:30	742.62	0.106
11:00	10638.25	1.513	23:00	556.97	0.079
11:30	10642.9	1.514	23:30	297.05	0.042
12:00	10811.59	1.538	0:00	111.39	0.016

Sumber: Assomadi, 2016

Selanjutnya menentukan faktor mingguan, dengan cara memperpanjang waktu tertentu menjadi rata-rata volume lalu lintas harian dalam seminggu. Perhitungan faktor mingguan ini menjadikan data rata-rata volume lalu lintas (VT_{rtm}) sebagai acuannya. Penentuan faktor mingguan pada volume trafik hari tertentu dapat dirumuskan sebagai berikut:

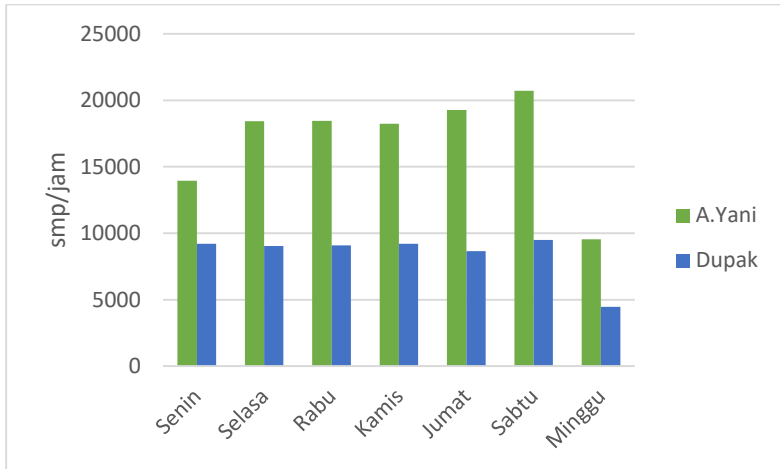
$$F_h = \frac{VT_{th}}{VT_{rtm}} \times 1$$

Tabel L. 10 Lalu lintas rata-rata mingguan di Surabaya

Hari	Lalu lintas harian rata-rata (smp/jam)		Hari	Lalu lintas harian rata-rata (smp/jam)	
	A. Yani	Dupak		A. Yani	Dupak
Senin	13940	9206	Kamis	18237	9203
Selasa	18432	9050	Jumat	19266	8645
Rabu	18461	9082	Sabtu	20719	9489
			Rata-rata	18176	9113

Sumber: Utomo 2016 dalam Assomadi, 2016

Berikut ini contoh perhitungan faktor mingguan (F_m) di Surabaya dari hasil survey terdahulu. Lalu lintas rata-rata mingguan di Surabaya dapat dilihat pada Tabel L.10. Penentuan jalan ini dipilih mewakili kelas ruas jalan di Surabaya. Jalan Ahmad yani untuk tipe jalan arteri primer sedangkan dupak untuk arteri sekunder.



Gambar L. 2 perubahan volume trafik mingguan di Surabaya diolah dari Utomo, 2016

Sumber: Assomadi, 2016

Gambar L.2 menjelaskan rata-rata trafik sebesar 14175 smp/jam, maka untuk menghitung sebagian waktu lain dihitung sebagai berikut:

- VTmax, merupakan kondisi volume lalu lintas maksimum pada hari sabtu, dengan nilai VT rata-rata sebesar 15306 sehingga nilai F_m dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_m = \frac{15306}{14175} \times 1 = 1,08$$

- VTmin, dalam kondisi volume lalu lintas minimum pada hari minggu, dengan nilai VT rata-rata sebesar 7235, maka nilai F_h sebagai berikut:

$$F_m = \frac{7235}{14175} \times 1 = 0,51$$

Perhitungan faktor mingguan dapat lihat pada Tabel L.11.

Tabel L. 11 Faktor mingguan (F_m) beban emisi di Surabaya

Hari	VT rata-rata (smp/jam)	Fm
Minggu	7325	0.510
Senin	12607	0.889
Selasa	14116	0.995
Rabu	13713	0.967
Kamis	14507	1.023
Jumat	14802	1.044
Sabtu	15306	1.079
Rata-rata	14175	0.930

Sumber: Assomadi, 2016

Faktor total merupakan hasil kali antara faktor mingguan dengan faktor harian. Maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_T = F_h \times F_m$$

LAMPIRAN 6 FORM INPUT MODEL

Tabel L. 12 Contoh Form inputan data kecepatan angin

Date, time	Speed (m/s)						
	SUF1	SUF2	SUF3	SUF3-B	SUF4	SUF5	SUF6
4/21/2017 0:30	0.14						
4/21/2017 1:00	0.35						
4/21/2017 1:30	1.48						
4/21/2017 2:00	0.10						
4/21/2017 2:30	0.09						
4/21/2017 3:00	1.42						
4/21/2017 3:30	2.06						
4/21/2017 4:00	2.66						
4/21/2017 4:30	0.73						
4/21/2017 5:00	1.54						
4/21/2017 5:30	0.39						
4/21/2017 6:00	0.08						
4/21/2017 6:30	0.08						
4/21/2017 7:00	0.16						
4/21/2017 7:30	1.84						
4/21/2017 8:00	1.50						
4/21/2017 8:30	0.56						
4/21/2017 9:00	0.22						
4/21/2017 9:30	1.27						
4/21/2017 10:00	1.83						
4/21/2017 10:30	1.44						

LAMPIRAN 7 HASIL MENJALANKAN MODEL

Tabel L. 13 Contoh Form Inputan Model Arah angin lokal

Date, time	Direction (^o , N)						
	SUF1	SUF2	SUF3	SUF3-B	SUF4	SUF5	SUF6
4/21/2017 0:30	189.64						
4/21/2017 1:00	232.16						
4/21/2017 1:30	351.75						
4/21/2017 2:00	49.88						
4/21/2017 2:30	24.19						
4/21/2017 3:00	311.18						
4/21/2017 3:30	7.33						
4/21/2017 4:00	67.29						
4/21/2017 4:30	56.28						
4/21/2017 5:00	313.77						
4/21/2017 5:30	350.59						
4/21/2017 6:00	15.01						
4/21/2017 6:30	31.14						
4/21/2017 7:00	18.65						
4/21/2017 7:30	106.34						
4/21/2017 8:00	180.00						
4/21/2017 8:30	112.76						
4/21/2017 9:00	342.88						
4/21/2017 9:30	127.35						
4/21/2017 10:00	294.21						
4/21/2017 10:30	285.86						

LAMPIRAN 8 HASIL MENJALANKAN MODEL

Tabel L. 14 Contoh Form Input Data Faktor total

Daily Factor	Weekly Factor	Totally Factor	Kinetic Factor
Transportation			
0.007	1	0.007	0
0.004	1	0.004	0
0.003	1	0.003	0
0.002	1	0.002	0
0.016	1	0.016	0
0.017	1	0.017	0
0.026	1	0.026	0
0.030	1	0.030	0
0.050	1	0.050	0
0.079	1	0.079	0
0.114	1	0.114	0
0.355	1	0.355	0
0.641	1	0.641	0
0.998	1	0.998	0
1.339	1	1.339	0
1.646	1	1.646	0
1.809	1	1.809	0
1.727	1	1.727	0
1.607	1	1.607	0
1.561	1	1.561	0
1.538	1	1.538	0

LAMPIRAN 9 FORM DATA TEKNIS JALAN

Tabel L. 15 Contoh Input Data teknis jalan

Input the Line Sources technical data							
No.	Street Identity	Street Coordinate of Straight Segment (min_x, min_y, max_x, max_y) E, S				category (street class)	normalized average load (g/s)
		y-in	y-fin	x-in	x-fin		
1	Urip Sumoahrjo	-7.2770	-7.2730	112.7410	112.7420	Scondary Artery	0.143967407
2	Basuki Rahmat	-7.2730	-7.2710	112.7420	112.7410	Scondary Artery	0.265627151
		-7.2710	-7.2650	112.7410	112.7409	Scondary Artery	0.265627151
		-7.2650	-7.2630	112.7409	112.7410	Scondary Artery	0.265627151
		-7.2630	-7.2620	112.7410	112.7405	Scondary Artery	0.265627151
		-7.2620	-7.2610	112.7405	112.7390	Scondary Artery	0.265627151
3	Embong Malang	-7.2610	-7.2580	112.7390	112.7330	Scondary Artery	0.111151053
		-7.2580	-7.2582	112.7330	112.7330	Scondary Artery	0.111151053
4	Diponegoro	-7.2750	-7.2807	112.7269	112.7316	Primary Artery	0.33415561

		-7.2807	-7.2896	112.7316	112.7360	Primary Artery	0.33415561
5	Pemuda	-7.2660	-7.2646	112.7509	112.7455	Scoundary Artery	0.177517399
6	Panglima Sudirman	-7.2646	-7.2566	112.7456	112.7423	Scoundary Artery	0.226086662
7	Gemblongan	-7.2558	-7.2525	112.7370	112.7368	Scoundary Artery	0.049921696
8	Bubutan	-7.2556	-7.2550	112.7342	112.7342	Scoundary Artery	0.243750928
		-7.2550	-7.2485	112.7342	112.7364	Scoundary Artery	0.243750928
		-7.2485	-7.2455	112.7364	112.7372	Scoundary Artery	0.243750928
		-7.2455	-7.2448	112.7372	112.7372	Scoundary Artery	0.243750928
		-7.2448	-7.2437	112.7372	112.7369	Scoundary Artery	0.243750928
		-7.2437	-7.2435	112.7369	112.7371	Scoundary Artery	0.243750928
9	Kedungdoro	-7.2689	-7.2586	112.7291	112.7331	Scoundary Artery	0.190860757
10	Kapasan	-7.2408	-7.2384	112.7529	112.7445	Scoundary Artery	0.176110382
11	Pahlawan	-7.2525	-7.2511	112.7368	112.7367	Scoundary Artery	0.176110382
		-7.2511	-7.2502	112.7367	112.7373	Scoundary Artery	0.176110382
		-7.2502	-7.2483	112.7373	112.7383	Scoundary Artery	0.176110382
		-7.2483	-7.2474	112.7383	112.7386	Scoundary Artery	0.176110382

LAMPIRAN 10 FORM HASIL MENJALANKAN MODEL

Tabel L. 16 Contoh Hasil *running* model

SO2	Air Quality Data						
Date, time	Ambient Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	SUF1	SUF2	SUF3	SUF3-B	SUF4	SUF5	SUF6
4/21/2017 0:30	19.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 1:00	19.65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 1:30	22.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 2:00	20.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 2:30	20.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 3:00	20.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 3:30	20.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 4:00	20.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 4:30	20.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 5:00	20.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 5:30	19.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 6:00	18.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 6:30	18.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4/21/2017 7:00	18.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

LAMPIRAN 11

SCRIPT MODEL DISPERSI PENCEMAR UDARA DI MATLAB

```

%% Insert Peta Administratif
img = imread('SbyPst11.jpg');
min_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C31');
max_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C32');
min_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C33');
max_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C34');
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y], flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447; %skala
rata-rata m/degree
%% Konstanta Difusivitas hggfvu8
Dify = 200; Difz = 400;

% difusivitas horizontal dan vertical (m2/s)
Dy = Dify; Dz = Difz; % difusifitas
dalam m

%% Resolusi (GRID)
[x,y] = meshgrid
(linspace(min_x,max_x,grid),linspace(min_y,max_y,grid)
);
cP = zeros(size(x));
e = ones(size(x));
aa = (90-a)*pi/180; % a = arah angin ke ...
dengan acuan utara (N = 0) searah jarum jam
%% 2. Lines Sources
%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
QJ = Factor*xlsread('UPDM_V11','LineS','K4:K58');
%input beban (g/s)

%% 2.2. LS_Data teknis sumber rata-rata
HE = 0.4; % input tinggi sumber (m)
Hs = HE; % tinggi dalam m

```

```

receptor = 1.5;
v = s;
z = receptor;
%posisi jalan
x1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','E4:E58'); % input
koordinat x awal jalan
x2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','F4:F58'); % input
koordinat x akhir jalan
y1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','C4:C58'); % input
koordinat y awal jalan
y2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','D4:D58'); % input
koordinat y akhir jalan
%Efektif plume dalam deg
cLS = zeros(size(x));
dz = Dz/100;
ma = tan((90-a)*pi/180); % gradient arah
angin terhadap reference (east)
%% 2.3. Perhitungan konsentrasi Dispersi
for j=1:length(QJ)
    str = num2str(j);
    plot([x1(j) x2(j)], [y1(j) y2(j)], 'LineStyle', '-
', 'LineWidth', 1, 'color'...
, 'm'); text((x1(j)+x2(j))/2, (y1(j)+y2(j))/2, str,
'color', 'r');
    m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j)) ;
    k = y1(j) - m*x1(j);
    A = atan(m)*180/pi;
    B = (a-90) + A;
    d = ((-y+m*x+k)/(1+m^2)^0.5)/(sin(B.*pi/180))*sc;
    xe = (ma*x - m*x2(j) - y + y2(j))./(ma-m);
    ye = m*(xe-x2(j))+y2(j);
    Le = abs(y2(j) - y1(j));
    EF = 0.5*Le - abs(ye - 0.5*(y2(j)+y1(j)));
    E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
    COR(isnan(COR))=0;
    %if d==0

```



```

        %cJ =
1000000*(QJ(j)*e./(sqrt(2*pi)*dz)).*sc^(-3);
        %else
        cJ = ((39.2-
3.25*v).*(v^2)./(d>0).*d)).*(1000000*QJ(j)*e./(sqrt(2
*pi)*(d>0).*d.*dz)).*...
        (exp(-v*(z-Hs)*(z-
Hs)*e./(4*dz*(d>0).*d))+exp(-v*(z+Hs)*(z+Hs)*e./...
        (4*dz*(d>0).*d))).*exp(-lambda*(d>0).*d./v);
        % end
        cJ(isinf(cJ))=0; cJ(isnan(cJ))=0; cLS1 = cJ.*COR;
        cLS = cLS + cLS1;
end

c=cLS;
%% ISPU Location
xI1 = 112.742806; yI1 = -7.261611;
I1=c(round(grid*(yI1-min_y)/(max_y -
min_y),0),round(grid*(xI1-min_x)/(max_x - min_x),0));
D1 = Dt1;
%% Plot Pola Dispersi
conts=10:10:150;
ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on'); clabel(ch,[]);
map = [0,0,0
0.122,0,0
0.25,0,0
0.375,0,0
0.5,0,0
0.625,0,0
0.75,0,0
0.875,0,0
1,0,0
1,0.125,0.125
1,0.25,0.25
1,0.375,0.375
1,0.5,0.5
1,0.625,0.625

```

```

    1,0.75,0.75];
colormap(flipud(map)); c = colorbar; c.Label.String =
'Konsentrasi Ambien (\mug/m^3)';
%% Insert Peta Administratif

img = imread('SbyPst11.jpg');

imagesc([min_x max_x], [min_y max_y], flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; alpha(0.4)
%% Plot Angin vektor
[x,y] = meshgrid
(linspace(min_x,max_x,10),linspace(min_y,max_y,10));
vel = v*0.00000907;
u = vel*cos((90-a)*pi/180)*ones(size(x));
w = vel*sin((90-a)*pi/180)*ones(size(y));
wind_speed = sqrt(u.^2 + w.^2 );
quiver(x,y,u,w,0.1,'b');
axis([min_x max_x min_y max_y]);
%% title and SUF Plot
title({'Grid = ',num2str(grid),'; Date ',t, ' WIB;
wind velocity ', num2str(s), ' (m/s), ', ' direction
to ', num2str(a), ' (degree from north), and kinetic
constant (\lambda) = ', num2str(lambda),'
(\mug/s)'});...
    ['Concentration (Modeled--Measured) \mug/m^3: SUF1
(',num2str(I1),'--',num2str(D1),' )'];
plot(xI1,yI1,'dk');text(xI1, yI1,' SUF1','color','b')
clc

```

LAMPIRAN 12

SCRIPT SKENARIO DAN OVERLAY DI MATLAB

```
clear;
clc;
grid = xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','C21');
% resolusi perhitungan (membagi area perhitungan
menjadi n x n grid), 18562 s
SUF1 = xlsread('UPDM_V11.xlsx','AQ_Data','B376');
arah = input ('arah=');
speed = input ('kecepatan angin=');
fc = 2.295;
lbd = 0.000002*0;
DateNumber = 737036; formatOut = 'mmm.dd,yyyy HH:MM';
time = datestr(DateNumber,formatOut);
%% dispersi

for n=1:length(arah);
    Dt1 = SUF1(n);
    Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
    a=arah(n); s=speed(n);
    t =
datestr(DateNumber+(n)*0.02083333333334,formatOut);
cla;
    PSL_S_Loop2_Skenario;
    drawnow
    MOD = I1;
    my_cell = sprintf('B%s',num2str(n+377));

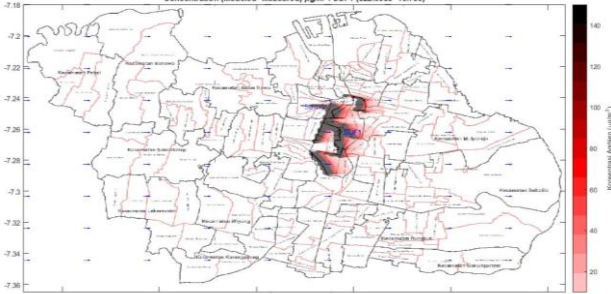
A=xlswrite('UPDM_V11',MOD,'Hasil_Skenario',my_cell);
end

OVERLAY
A = imread ('H0.jpg');
B = imread ('H45.jpg');
C = imfuse (A,B,'blend','Scaling','joint');
imshow(C)
```

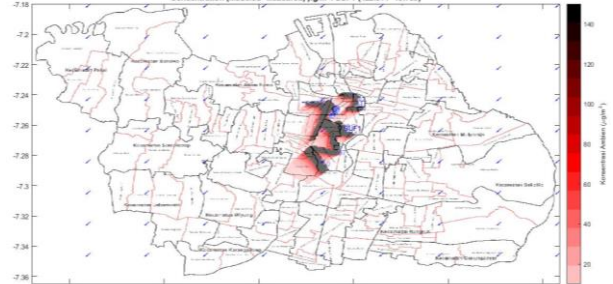
LAMPIRAN 13

HASIL MENJALANKAN MODEL SKENARIO MUSIM KEMARAU

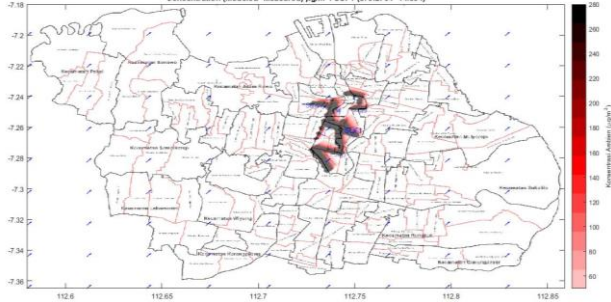
Grid = 200; Date Apr.10.2017 00:30 WIB; wind velocity 2.89 (m/s), direction to 90 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
 Concentration (Modeled-Measured) $\mu\text{g}/\text{m}^3$; SUF1 (522.0688-19.759)



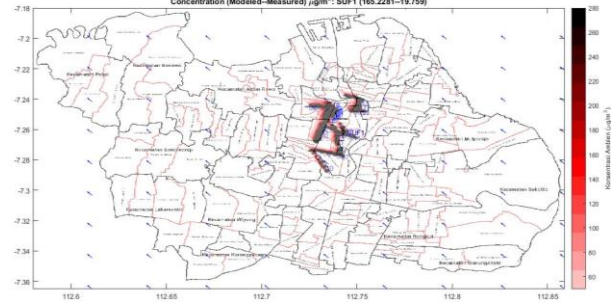
Grid = 200; Date Apr.10.2017 00:30 WIB; wind velocity 2.92 (m/s), direction to 225 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
 Concentration (Modeled-Measured) $\mu\text{g}/\text{m}^3$; SUF1 (422.911-19.759)

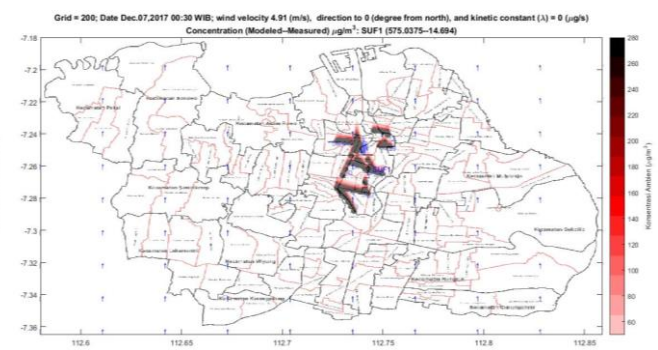
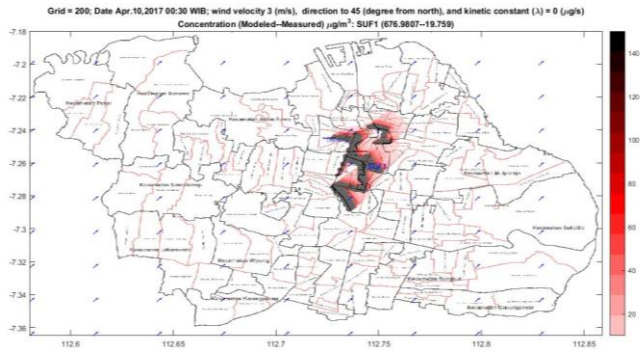
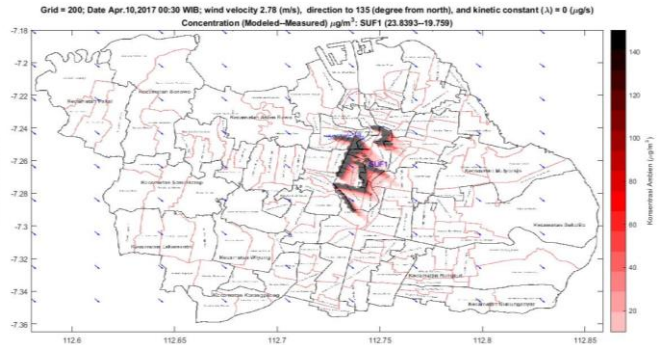
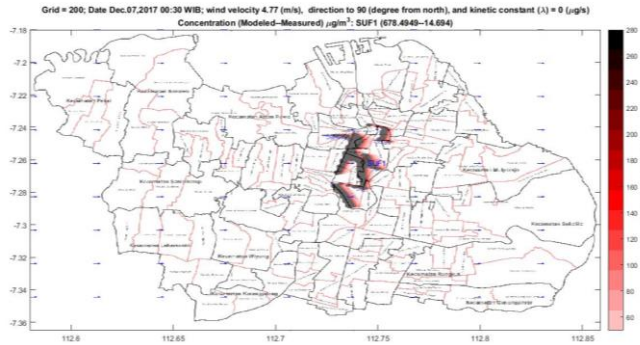


Grid = 200; Date Dec.07.2017 00:30 WIB; wind velocity 5 (m/s), direction to 45 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
 Concentration (Modeled-Measured) $\mu\text{g}/\text{m}^3$; SUF1 (879.2794-14.694)



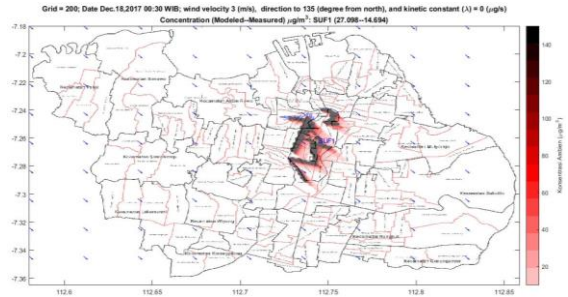
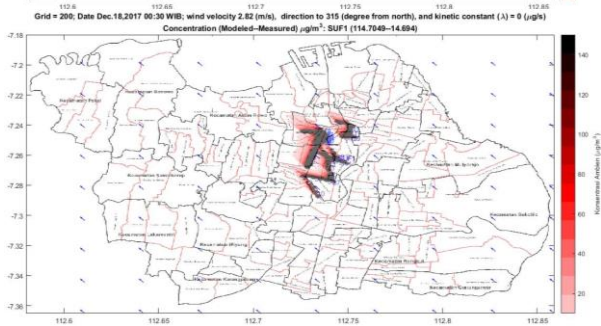
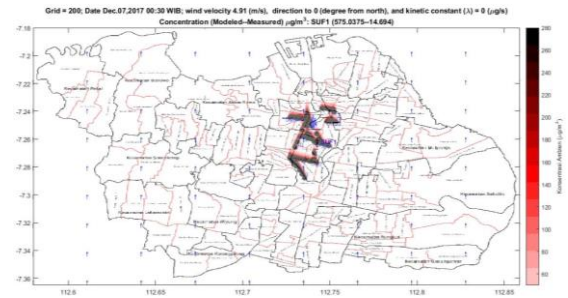
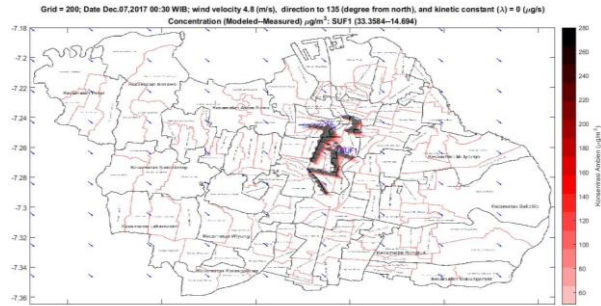
Grid = 200; Date Apr.10.2017 00:30 WIB; wind velocity 5 (m/s), direction to 315 (degree from north), and kinetic constant (λ) = 0 ($\mu\text{g/s}$)
 Concentration (Modeled-Measured) $\mu\text{g}/\text{m}^3$; SUF1 (165.2281-19.759)

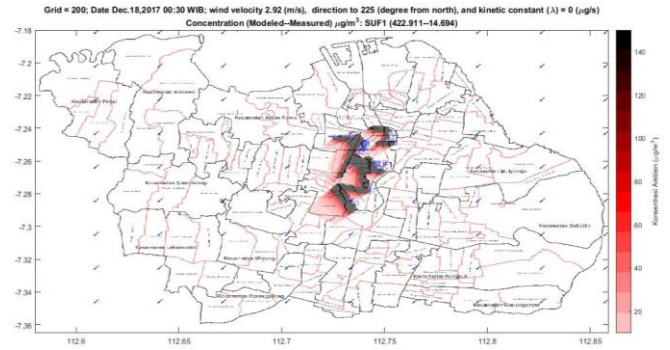
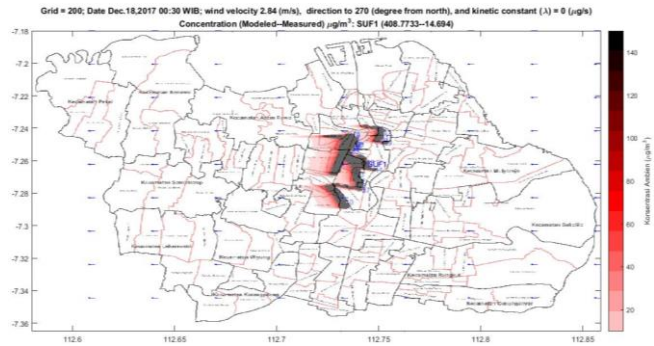
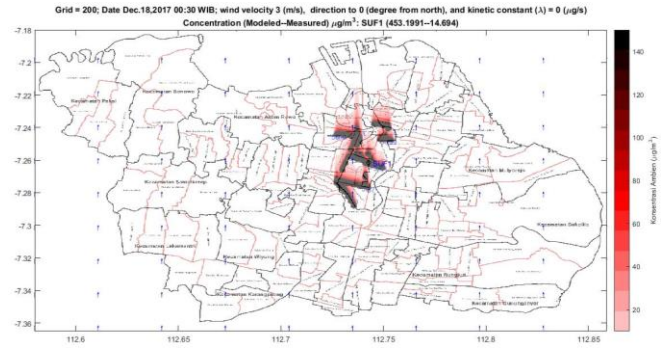
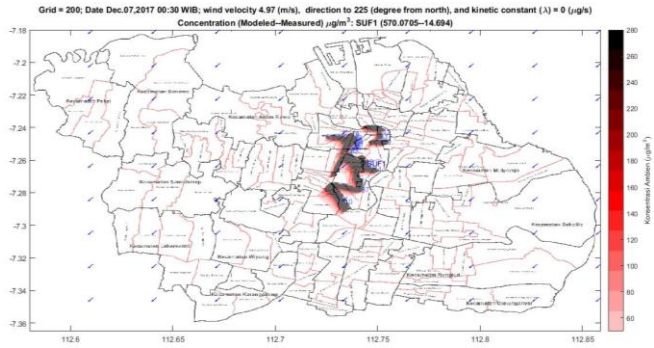




LAMPIRAN 14

HASIL MENJALANKAN MODEL SKENARIO MUSIM PENGHUJAN





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Sita Oktaviani Putri, lahir di Kota Jakarta pada tanggal 26 Oktober 1996. Penulis mengenyam pendidikan dasar di SDN Cinanggung (2002-2008). Kemudian dilanjutkan di SMPN 7 Kota Serang (2008-2011), sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Kota Serang (2011-2014). Penulis kemudian melanjutkan studi S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan ITS dengan nomor registrasi pokok 03211440000020.

Selama kuliah, penulis aktif di Departemen Komunikasi dan Informasi HMTL ITS dan anggota kerohanian Al-Kaun. Beberapa prestasi yang pernah diraih adalah PKMK periode 2014/2015 terdantai DIKTI dan Delegasi Pendamping Keilmiah FTSP (2015/2016). Penulis melaksanakan kerja praktik di Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Bandung dengan topik Studi Perbandingan Hasil Analisis Pemantauan Lingkungan dengan Rona Lingkungan Awal. Penulis dapat dihubungi via email sitaoktaviani@gmail.com