



TUGAS AKHIR - RE 141581

# APLIKASI MODEL GAUSS TERMODIFIKASI PADA PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS DI WILAYAH SURABAYA TIMUR

ILHAM AKBAR WICAKSONO  
03211440000088

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es Ph.D

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

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



TUGAS AKHIR - RE 141581

# APLIKASI MODEL GAUSS TERMODIFIKASI PADA PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS DI WILAYAH SURABAYA TIMUR

ILHAM AKBAR WICAKSONO  
03211440000088

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es Ph.D

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

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



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

## **APPLICATION OF MODIFIED GAUSS MODEL ON NON-CONSERVATIVE POLLUTANT OF TRAFFIC ACTIVITIES IN EAST SURABAYA**

**ILHAM AKBAR WICAKSONO  
03211440000088**

**Supervisor  
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es Ph.D**

**Co-Supervisor  
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Environmental, and Earth Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**APLIKASI MODEL GAUSS TERMODIFIKASI PADA**  
**PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU**  
**LINTAS DI WILAYAH SURABAYA TIMUR**

**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 Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**ILHAM AKBAR WICAKSONO**  
NRP 03211440000088

Disetujui oleh Rembimbing Tugas Akhir



Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es Ph.D  
NIP 19600618 198803 1 002



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **APLIKASI MODEL GAUSS TERMODIFIKASI PADA PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS DI WILAYAH SURABAYA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Ilham Akbar Wicaksono  
NRP : 03211440000088  
Departemen : Teknik Lingkungan FTSLK ITS  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es. Ph.D.  
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.

### **ABSTRAK**

Perkembangan Kota Surabaya menyebabkan aktivitas transportasi yang semakin meningkat. Meningkatnya aktivitas transportasi ini dapat diikuti dengan peningkatan potensi pencemaran udara. Salah satu parameter penting adalah pencemar non-konservatif, termasuk di dalamnya adalah oksida nitrogen ( $\text{NO}_x$ ). Pencemar  $\text{NO}_x$  dipengaruhi adanya siklus reaksi fotokimia yang dapat berakibat buruk terhadap lingkungan. Sehingga perlu dilakukan pengelolaan untuk mengurangi dampak buruk dari pencemar tersebut. Dalam melakukan pengelolaan diperlukan informasi data kualitas udara yang cukup. Kota Surabaya memiliki 7 stasiun pemantau kualitas udara, akan tetapi hanya 3 stasiun yang masih aktif. Data yang didapatkan dari 3 stasiun kurang mencukupi untuk menggambarkan kualitas udara untuk Kota Surabaya secara menyeluruh. Maka dalam penelitian ini dilakukan pengembangan model dispersi pencemar udara dari sumber garis aitu aktivitas lalu lintas. Model dispersi pencemar udara dapat memberikan gambaran persebaran pencemar dan melengkapi data yang diperlukan dalam melakukan pengelolaan kualitas udara.

Pelaksanaan permodelan dispersi menggunakan pendekatan model Gauss yang telah dimodifikasi dengan menggunakan kinetika fotokimia untuk pencemar non-konservatif. Besaran sumber pencemar diestimasikan dari data histori volume lalu lintas di wilayah Surabaya Timur. Dari data volume lalu lintas akan dihitung beban emisi *line sources*

dengan pendekatan faktor emisi. Data pembanding untuk verifikasi model adalah data yang didapatkan dari SUF-6 di wilayah Surabaya Timur. Data lain yang digunakan adalah kondisi meteorologi berupa arah dan kecepatan angin rata-rata pada musim kemarau dan musim penghujan yang menghasilkan *windrose*. Model dispersi dinyatakan baik apabila memiliki nilai korelasi dengan data pengukuran sebesar 0,572 atau lebih menurut standar EPA. Dalam pelaksanaan perhitungan dan aplikasi model digunakan aplikasi Excel dan Matlab.

Hasil dari perhitungan beban emisi pada penelitian ini didapatkan nilai sebesar 6,44 g/s untuk Jalan Tol Waru Juanda. Untuk pola persebaran dispersi pada musim kemarau cenderung menuju ke arah Tenggara. Sedangkan pada musim penghujan pola persebaran dispersi cenderung menuju ke arah Barat Laut. Estimasi lokasi penerima akumulasi emisi terbesar berada pada area sekitar Jalan Kertajaya. Untuk rata rata jarak penerima emisi dari jalan adalah sebesar 4895 m pada musim kemarau dan 4860 m pada musim penghujan.

**Kata Kunci : Emisi, oksida nitrogen, ozon, persebaran, SUF-6**

## **APPLICATION OF MODIFIED GAUSS MODEL ON NON-CONSERVATIVE POLLUTANT OF TRAFFIC ACTIVITIES IN EAST SURABAYA**

Name of Student : Ilham Akbar Wicaksono

NRP : 03211440000088

Departement : Environmental Engineering

Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.  
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.

### **ABSTRACT**

The development of Surabaya City cause an increase of transportation activity. This increased transport activity can be responded by increasing the potential for air pollution. One important parameter is non-conservative pollutants, including the nitrogen oxide ( $\text{NO}_x$ ).  $\text{NO}_x$  contaminants are influenced by photochemical reaction cycles that can adversely affect the environment. So that management needs to be done to reduce the bad impact of the pollutant. In performing the necessary management of sufficient air quality data information. Surabaya city has 7 air quality monitoring stations, but only 3 stations are still active. Data obtained from 3 stations is insufficient to describe the air quality for Surabaya as a whole. So in this research use the model of air pollutant dispersion from the traffic line source. The air pollutant dispersion model can provide an idea of the distribution of pollutants and complement the data required for air quality management.

The implementation of dispersion modeling uses a modified Gauss model approach using photochemical kinetics for non-conservative pollutants. The amount of pollutant source is estimated from traffic volume data in East Surabaya . From traffic volume data will be calculated line source emission load with emission factor. Comparison data for model verification is data obtained from SUF-6 in East Surabaya. Another used data are meteorological conditions in the form of direction and average wind speed in the dry season and rainy season that produces windrose. The dispersion model is good

if it has a correlation value with the measurement data of 0.572 or more by EPA standards. In the implementation of the calculation and application of the model used Excel and Matlab applications.

The result of the calculation of emission load in this study obtained a value of 6.44 g / s for Waru Juanda Toll Road. For the dispersion dispersion pattern during the dry season it tends toward the Southeast. While in the rainy season dispersion dispersion pattern tends toward the Northwest. Estimated location of the largest accumulated emission recipient is in the area around Jalan Kertajaya. The average emission distance from the road is 4895 m in the dry season and 4860 m in the rainy season.

**Keywords:** Emission, nitrogen oxide, ozone, dispersion, SUF-6

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, petunjuk serta karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan ITS. Penggeraan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM., Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc. dan Bapak Dr. Ir. Ali Masduqi ST., MT., selaku dosen penguji. Saya mengucapkan terimakasih atas segala saran serta masukan yang telah diberikan.
3. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat dan motivasi selama masa perkuliahan.
4. Orang tua penulis yaitu Bapak Hartono dan Ibu Ririn Sri Wulandari yang telah memberikan dukungan penuh, baik doa maupun materi demi kelancaran studi dan penggeraan Tugas Akhir ini.
5. Rekan mahasiswa Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim.

Laporan kemajuan Tugas Akhir ini tentunya masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Saran dan kritik yang membangun diharapkan untuk mengembangkan penelitian ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	vixxi
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Studi .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat Studi .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pencemaran Udara .....	5
2.3 Gas Pencemar NO <sub>x</sub> .....	6
2.4 Efek Pencemaran NO <sub>x</sub> .....	7
2.5 Hubungan antara O <sub>3</sub> , NO dan NO <sub>2</sub> .....	8
2.6 Perhitungan Beban Emisi .....	9
2.7 Dispersi Pencemaran Udara .....	11
2.8 Model Gauss .....	12
2.8.1 Transformasi Koordinat .....	13
2.8.2 Faktor Kinetika Reaksi .....	15
2.8.3 Model Gauss Termodifikasi .....	15
2.8.4 Verifikasi Model .....	16
2.9 Windrose .....	17
2.10 Matlab .....	17

BAB III METODE PENELITIAN .....	19
3.1 Gambaran Umum .....	19
3.2 Kerangka Penelitian .....	19
3.3 Tahap Pendahuluan .....	21
3.4 Tahap Pengumpulan Data .....	21
3.5 Tahap Pengolahan Data.....	22
3.6 Tahap Pembahasan .....	23
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....	30
4.1 Karakteristik Reseptor .....	31
4.1.1 NO <sub>2</sub> .....	31
4.1.2 Kecepatan dan Arah Angin.....	33
4.1.3 GRAD .....	34
4.2 Karakteristik Sumber Emisi .....	35
4.2.1 Derajat Kejemuhan.....	36
4.2.2 Tipe Jalan .....	38
4.3 Beban Emisi.....	39
4.3.1 Perhitungan Beban Emisi pada Jalan yang Terukur...	39
4.3.2 Perhitungan Beban Emisi pada Jalan .....	41
4.3.3 Faktor Harian .....	42
4.3.4 Faktor Mingguan.....	43
4.4 Aplikasi Model.....	43
4.5 Hasil dari Penggunaan Script.....	45
4.6 Pembuatan Skenario .....	51
4.7 Penentuan Lokasi dan Konsentrasi Penerima Terburuk...	54
BAB V Kesimpulan dan Saran .....	61
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61

Daftar Pustaka .....	63
Lampiran .....	67
Biodata.....	101

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Sistem koordinat kartesius .....	14
Gambar 3 1 Lokasi dan Radius Jangkauan SUF-6.....	19
Gambar 3 2 Kerangka Penelitian .....	20
Gambar 4 1. Data NOx pada Musim Kemarau.....	32
Gambar 4 2 Data NOx pada Musim Penghujan .....	32
Gambar 4 3 Windrose SUF-6 pada musim kemarau .....	33
Gambar 4 4 Windrose SUF-6 pada musim penghujan .....	34
Gambar 4 5 Peningkatan jumlah volume kendaraan .....	36
Gambar 4 6 Grafik Hubungan Ds dan Kecepatan.....	37
Gambar 4 7 Peta sederhana Wilayah Surabaya Timur.....	45
Gambar 4 8 Contoh Pola Dispersi Hasil Permodelan .....	46
Gambar 4 9 Hasil Permodelan pada Musim Penghujan .....	48
Gambar 4 10 Nilai Korelasi dan RMSE pada Musim Penghujan	49
Gambar 4 11 Hasil Permodelan pada Musim Kemarau .....	49
Gambar 4 12 Nilai Korelasi dan RMSE pada Musim Kemarau...	50
Gambar 4 13 Pola Dispersi di musim penghujan .....	55
Gambar 4 14 Pola Dispersi di musim Kemarau .....	56
Gambar 4 15 Model Dispersi 8 arah pada musim Kemarau .....	57
Gambar 4 16 Model Dispersi 8 arah pada musim Penghujan ....	58

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Konversi Jenis Kendaraan Ke EKR .....	10
Tabel 2 2 Faktor Emisi Kendaraan .....	11
Tabel 3 1 Data yang digunakan.....	22
Tabel 3 2 Skala Beaufort .....	26
Tabel 3 3 Pengelompokan 8 arah mata angin .....	27
Tabel 4 1 Jalan yang memiliki data <i>Traffic Counting</i> .....	35
Tabel 4 2 Nilai Faktor Koreksi .....	37
Tabel 4 3 Nilai Faktor Koreksi dari Jalan Rungkut .....	38
Tabel 4 4 Nilai Faktor Koreksi dari Jalan Kertajaya .....	38
Tabel 4 5 Nilai konversi EKR .....	39
Tabel 4 6 Nilai Faktor Emisi NO <sub>x</sub> .....	39
Tabel 4 7 Nilai Beban Emisi dari Jalan Awal .....	41
Tabel 4 8 Nilai dari faktor Harian .....	42
Tabel 4 9 Nilai dari Faktor Mingguan.....	43
Tabel 4 10 Pengelompokan 8 arah mata angin .....	51
Tabel 4 11 Data Meteorologi dalam 8 Arah Mata Angin .....	52
Tabel 4 12 Skala Beaufort .....	53
Tabel 4 13 kecepatan angin di musim kemarau dan hujan....	53
Tabel 4 14 Hasil pengukuran jarak pada hasil model .....	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 konsentrasi NO <sub>2</sub> .....	67
Lampiran 2 Beban Emisi dari Jalan Rungkut .....	71
Lampiran 3 Beban Emisi dari Seluruh Jalan .....	84
Lampiran 4 <i>Script</i> MATLAB .....	85
Lampiran 5 Hasil Skenario.....	93

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan salah satu kota metropolitan memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi, maka tak heran jika para pengendara harus dihadapkan dengan kemacetan yang melanda beberapa daerah di Surabaya. Menurut Mbele dan Setiawan (2015) perkembangan suatu kota tidak dapat dihindari yang dapat berdampak pada berbagai aspek yaitu dari segi tata guna lahan, sistem transportasi, wilayah permukaan penduduk dan industri. Bila tidak ada pengelolaan lingkungan yang baik, maka dapat terjadi penurunan kualitas lingkungan dan turut memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Melalui hasil dari proses pembakaran bahan bakar yang digunakan untuk kegiatan tersebut.

Tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor menjadi salah satu faktor yang saling berpengaruh dengan pertumbuhan ekonomi. Akan tetapi di sisi lain juga memberikan dampak pada lingkungan. Dampak pada lingkungan yang terjadi antara lain adalah polusi udara, kebisingan serta kemacetan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60%, selebihnya sektor industri 25%, rumah tangga 10% dan sampah 5% (Saepudin dan Admono, 2005). Menurut Rivai et Al. (2016), emisi yang dihasilkan dari aktivitas manusia, asap kendaraan bermotor serta kegiatan industri merupakan penyebab terjadinya perubahan iklim global.

Gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah NO<sub>x</sub> yang merupakan pencemar primer. Gas tersebut merupakan jenis pencemar yang non-konservatif yang mudah bereaksi apabila dilepas di udara. Disebut pencemar non-konservatif karena senyawa penyusunnya mudah terurai dan berubah bentuk. Menurut Pohan (2002) Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali jika gas NO berada dalam konsentrasi tinggi.

Konsentrasi gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Sedangkan menurut Parameswari (2007). O<sub>3</sub> merupakan senyawa di udara selain oksigen yang memiliki sifat sebagai pengoksidasi. Ozon merupakan salah satu zat pengoksidasi yang sangat kuat setelah fluor, oksigen dan oksigen fluorida (OF<sub>2</sub>). Meskipun di alam terdapat dalam jumlah kecil tetapi lapisan lain dengan bahan pencemar udara Ozon sangat berguna untuk melindungi bumi dari radiasi ultraviolet (UV-B).

Udara yang diemisikan dari sumber tertentu, misalnya cerobong atau mesin apapun yang mengeluarkan gas sebagai hasil sampingan dari suatu proses akan mengalami persebaran gerak udara yang disebut dispersi. Dispersi merupakan suatu proses pergerakan udara dari suatu sumber emisi (source of emission) menyebar melalui suatu luas area wilayah tertentu. Pergerakan atau penyebaran udara terjadi secara vertikal maupun horizontal (Vesilind, 1994). Oleh karena itu, perlu adanya suatu metode untuk mengetahui konsentrasi persebaran emisi.

Model Gauss merupakan salah satu model dispersi. Keunggulan dari model ini adalah mudah, sederhana, dan efisien. Dimana pada model ini tidak dibutuhkan data yang banyak untuk selanjutnya dihitung dengan model matematis. Akurasi dari pemodelan ini cukup baik pada jarak kurang dari 10 km (Visscher, 2014). Melalui model dispersi, dapat diperkirakan konsentrasi polutan di berbagai titik sebagai fungsi ruang berdasarkan kondisi meteorologi menggunakan persamaan numeris (Hassan, 2000).

Dalam melakukan permodelan diperlukan data informasi tentang kualitas udara. Data tersebut didapatkan dari stasiun pemantau kualitas udara di Surabaya. Kota Surabaya memiliki 7 stasiun pemantau kualitas udara, akan tetapi menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017) stasiun pemantau yang masih aktif hanya 3. Stasiun yang masih aktif adalah SUF-1, SUF-6 dan SUF-7. Untuk menyediakan informasi data kualitas udara adalah dengan membangun modell dispersi udara perkotaan (Assomadi,

2016). Sehingga model dispersi yang dilakukan diharapkan dapat menjadi identifikasi sumber pencemar, penunjang kelengkapan data kualitas udara dan pemetaan persebaran pencemar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah dalam studi kali ini adalah:

1. Berapa besar emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan oleh sumber garis dari aktivitas transportasi di Wilayah Surabaya Timur ?
2. Bagaimana pola persebaran emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan oleh sumber garis dari aktivitas transportasi Wilayah Surabaya Timur, pada musim kemarau dan musim hujan?
3. Dimana lokasi penerima emisi terbesar dan berapa jarak rata-rata penerima emisi sepanjang musim?

## **1.3 Tujuan Studi**

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan studi dalam penelitian kali ini adalah:

1. Menentukan beban emisi NO<sub>x</sub> dari aktivitas transportasi di wilayah Surabaya Timur.
2. Memprediksi pola persebaran emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan oleh sumber garis dari aktivitas transportasi Wilayah Surabaya Timur, pada musim kemarau dan musim hujan.
3. Mengestimasi lokasi potensi penerima emisi terbesar dan rata rata jarak penerima emisi sepanjang musim dari aktivitas transportasi.

## **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup pada studi ini adalah :

1. Parameter pencemar udara yang dikaji adalah pencemar non-konservatif, yaitu NO<sub>x</sub> sebagai pencemar primer.
2. Data yang digunakan adalah data dari staiun pemantau kualitas udara SUF-6 dan *traffic counting*.

3. Penelitian dilakukan pada radius 5 km dari stasiun pemantau kualitas udara SUF-6.
4. Aktivitas lalulintas yang dimaksud adalah aktivitas kendaraan bermotor pada jalan dalam radius SUF-6
5. Asumsi kepadatan lalu lintas adalah volume harian tanpa pengaruh dari kejadian luar biasa seperti hari libur nasional, kecelakaan lalu lintas dan lain-lain
6. Skenario dispersi pencemar udara dibuat berdasarkan variasi arah angin dan musim.
7. Model dispersi yang digunakan adalah Model Gauss yang dimodifikasi dengan penambahan kinetika  $\text{NO}_2$ .

### **1.5 Manfaat Studi**

Manfaat dari studi ini adalah :

1. Penunjang dan pelengkap data stasiun pemantau kualitas udara di Kota Surabaya, sehingga data kualitas udara akan masuk secara real time tanpa terpengaruh kondisi stasiun pemantau kualitas udara yang ada.
2. Bentuk pemetaan persebaran emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara amben turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak memenuhi fungsinya.

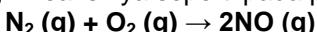
Pencemaran udara adalah adanya atau dimasukkannya zat atau bahan pencemar di udara dalam jumlah dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh tumbuhan dan atau benda (Rijaluzzaman, 1994).

Menurut Tugaswati (2007) Faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain:

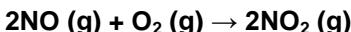
1. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial).
2. Tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada (misalnya jalan yang sempit).
3. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota.
4. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota.
5. Kesamaan waktu aliran lalu lintas.
6. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor .
7. Faktor perawatan kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan.
8. Jenis permukaan jalan dan struktur pembangunan jalan.
9. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*)

### **2.3 Gas Pencemar NO<sub>x</sub>**

Gas nitrogen monoksida (NO) memiliki sifat tidak berwarna, yang pada konsentrasi tinggi juga dapat menimbulkan keracunan. Di samping itu, gas oksida nitrogen juga dapat menjadi penyebab hujan asam. Keberadaan gas NO disebabkan karena gas nitrogen ikut terbakar bersama dengan oksigen (O<sub>2</sub>) pada proses pembakaran bahan bakar pada suhu tinggi. Reaksinya seperti pada persamaan berikut.



Pada saat kontak dengan udara, maka gas nitrogen monoksida (NO) akan membentuk gas NO<sub>2</sub> dengan reaksi seperti persamaan berikut.



Gas NO<sub>2</sub> merupakan gas yang beracun, berwarna merah cokelat, dan berbau seperti asam nitrat yang sangat menyengat dan merangsang. Keberadaan gas NO<sub>2</sub> lebih dari 1 ppm dapat menyebabkan terbentuknya zat yang bersifat karsinogen atau penyebab terjadinya kanker. Jika menghirup gas NO<sub>2</sub> dalam kadar 20 ppm akan dapat menyebabkan kematian. Sebagai pencegahan maka di pabrik atau motor, bagian pembuangan asap ditambahkan katalis logam nikel yang berfungsi sebagai konverter. Prinsip kerjanya adalah mengubah gas buang yang mencemari menjadi gas yang tidak berbahaya bagi lingkungan maupun kesehatan manusia.

Nitrogen oksida sering disebut dengan NO<sub>x</sub> karena oksida nitrogen mempunyai 2 bentuk yang sifatnya berbeda, yakni gas NO<sub>2</sub> dan gas NO<sub>x</sub>. Sifat gas NO<sub>2</sub> adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Warna gas NO<sub>2</sub> adalah merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung.

Konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara pada daerah perkotaan biasanya mencapai 0,5 ppm, atau 10-100 kali lebih tinggi daripada udara di daerah pedesaan (Prayudi, 2003). Keberadaan NO<sub>x</sub> diudara dapat dipengaruhi oleh sinar matahari yang mengikuti daur reaksi fotolitik NO<sub>2</sub> seperti pada persamaan berikut.



Ada dua cara untuk menghindari pembakaran tidak sempurna, maka dilakukan 2 proses pembakaran, yaitu:

- Bahan bakar dibakar pada temperatur tinggi dengan sejumlah udara sesuai dengan persamaan stoikiometri, misalnya dengan 90 -95% udara. Pembakaran NO dibatasi tidak dengan adanya kelebihan udara.
- Bahan bakar dibakar sempurna pada suhu relatif rendah dengan udara berlebih. Suhu rendah menghindarkan pembentukan NO.

Kedua proses ini menurunkan pembentukan NO sampai 90%. NO<sub>2</sub> pada manusia dapat meracuni paru-paru, kadar 100 ppm dapat menimbulkan kematian, 5 ppm setelah 5 menit menimbulkan sesak nafas.

#### 2.4 Efek Pencemaran NO<sub>x</sub>

Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen oksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO<sub>x</sub> pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun. Dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi sempurna sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis. Akibatnya tanaman tidak dapat berproduksi seperti yang diharapkan. Konsentrasi NO sebanyak 10 ppm sudah dapat menurunkan kemampuan fotosintesis daun sampai sekitar 60% hingga 70%.

Pencemaran udara oleh gas NO<sub>x</sub> juga dapat menyebabkan timbulnya *Peroxy Acetyl Nitrates* yang disingkat PAN. *Peroxy Acetyl Nitrates* dapat menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata terasa pedih dan berair. Campuran PAN bersama senyawa kimia lainnya yang ada di udara dapat menyebabkan terjadinya kabut foto kimia atau

*Photo Chemistry Smog* yang sangat mengganggu lingkungan (Wardhana, 2004).

Pencemaran NOx di udara mempunyai dampak terhadap lingkungan, baik langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung dari pencemaran udara ini adalah terjadinya hujan asam yang dapat menyebabkan berbagai kerugian dan kerusakan, baik pada tanaman, bangunan dan lain-lain. Disamping itu, polusi NOx ini dapat berdampak terhadap kesehatan manusia, seperti bronkitis dan asma (Prayudi, 2003)

## 2.5 Hubungan antara O<sub>3</sub>, NO dan NO<sub>2</sub>

Analisa mengenai hubungan antara O<sub>3</sub>, NO dan NO<sub>2</sub> terdapat pada studi yang dilakukan oleh Han (2011). Pola konsentrasi O<sub>3</sub> memiliki waktu puncak pada saat siang hari dan pada malam hari konsentrasinya rendah. Konsentrasi ozon perlahan naik setelah matahari terbit, puncaknya pada tengah hari dan kemudian perlahan turun sampai pagi hari selanjutnya. Hal tersebut disebabkan oleh O<sub>3</sub> fotokimia. Bentuk siklus ozon sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi dan tingkat yang berlaku prekursor (NO<sub>x</sub>). Siklus konsentrasi NO muncul dari emisi kendaraan dan dikonversikan menjadi NO<sub>2</sub>, yang memiliki dampak yang besar pada siklus ozon. NO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> berhubungan linear, begitu juga dengan NO dan NO<sub>x</sub>. Sedangkan antara O<sub>3</sub> dan NO<sub>2</sub>/NO memiliki hubungan polynomial.

Menurut Han (2009) NO sebagai kontaminan utama, dimana O<sub>3</sub> dan NO<sub>2</sub> merupakan kontaminan kedua. Pada pagi hari dimana cahaya matahari mulai ada dan menyebabkan reaksi fotokimia. NO dikonversi menjadi NO<sub>2</sub> melalui reaksi dengan O<sub>3</sub> dan selama siang hari NO<sub>2</sub> dikonversikan kembali menjadi NO sebagai hasil dari fotolisis, yang mengarah ke regenerasi O<sub>3</sub>.

Menurut Kenty (2007) konversi O<sub>3</sub>, NO dan NO<sub>2</sub> dalam keadaan atmosfer adalah sebagai berikut

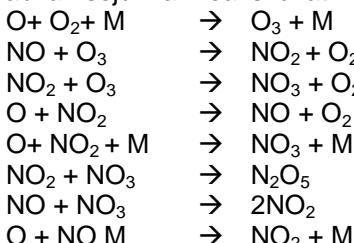


M (biasanya N<sub>2</sub> atau O<sub>2</sub>) merupakan molekul yang menyerap energi getaran berlebih sehingga menstabilkan terbentuknya molekul ozon. Hv merupakan energi foton dan O adalah molekul monoatomic Oxygen.

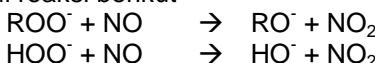
Menurut Manahan(2005) reaksi yang terjadi di udara dapat mengubah NO<sub>x</sub> menjadi asam nitrat, garam nitrat anorganik, nitrat organik dan *peroxyacetil nitrate* (PAN). Nitrogen dioksida bersifat sangat reaktif di atmosfer. Senyawa ini dapat menyerap cahaya ultraviolet yang menyebabkan terjadinya fotodisosiasi. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Fotodisosiasi NO<sub>2</sub> oleh cahaya matahari tersebut akan menyebabkan sejumlah reaksi di atmosfer.



M adalah energi. Disamping dengan bantuan O<sub>3</sub>, oksidasi NO juga terjadi melalui bantuan oksidator lain seperti gugus radikal peroksil (ROO<sup>-</sup>) atau radikal hidroperoksil (HOO<sup>-</sup>) melalui reaksi berikut



Reaksi reaksi tersebut dipengaruhi oleh sinar matahari. Sinar matahari menyebabkan senyawa-senyawa di udara menjadi reaktif. Selain sinar matahari, faktor meteorologis lain juga dapat memiliki peran yang besar dalam pembentukan senyawa-senyawa di udara, contohnya adalah kelembaban dan angin.

## 2.6 Perhitungan Beban Emisi

Beban pencemar adalah besarnya emisi yang masuk ke dalam udara ambien dari suatu kegiatan di suatu daerah selama satu kurun waktu tertentu (Kementerian Lingkungan

Hidup, 2010). Perhitungan beban pencemar menjadi dasar dalam perhitungan model dispersi pencemar udara dalam parameter tertentu. Perhitungan beban pencemar didasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.

Agar mampu menghitung beban emisi langkah pertama kita harus memahami sumber emisi dan beban emisi sehingga mampu mengestimasi bahan bakar campuran dari data masing – masing komponen dan bagaimana mengkonversi komposisi bahan bakar dari berat ke molar (Martono, 2012).

Emisi gas buang kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, umur kendaraan, ambang temperatur dan ketinggian. Kendaraan dengan usia dan jenis bahan bakar yang berbeda akan menghasilkan kadar emisi yang berbeda juga (Yuliastuti, 2008).

Perhitungan beban emisi dapat dengan menentukan jumlah kendaraan per jam (smp/jam), yang diketahui sebagai nilai konversi Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$n = m \times FK$$

Dimana:

$n$  = jumlah kendaraan (smp/jam)

$m$  = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)

$FK$  = faktor konversi (smp/kendaraan)

Untuk pedoman konversi jenis kendaraan ke dalam EKR dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2 1 Konversi Jenis Kendaraan Ke EKR**

No.	Jenis Kendaraan	Faktor konversi (smp)
1.	Kendaraan ringan (KR)	1
2.	Kendaraan berat (KB)	1,2
3.	Sepeda Motor (SM)	0,25

Sumber: MKJI, 2014

**Tabel 2 2 Faktor Emisi Kendaraan untuk Kota Metropolitan di Indonesia**

KATEGORI	NOx (g/km.kendaraan)
SEPEDA MOTOR	0,29
MOBIL	2,3
ANGKOT	2,1
TAKSI	2,8
MINIBUS	1,55
PICK UP	2
BIS	11,9
TRUK	17,7

Setelah mendapatkan nilai  $n$  yang merupakan jumlah kendaraan yang dinyatakan dengan satuan (smp/jam), beban emisi dapat diperoleh dengan mengalikan  $n$  dengan faktor emisi pencemar. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q = n \times FE$$

Dimana:

$Q$  = beban emisi (gram/jam)

$n$  = jumlah kendaraan (smp/jam)

$FE$  = faktor emisi (gram/km)

## 2.7 Dispersi Pencemaran Udara

Menurut Aggraeni (2012), Proses dispersi sendiri merupakan menipisnya atau atau menghilangnya suatu zat. Ketika keluar dari sumbernya, emisi polutan akan bergerak mengikuti arah angin, dan menyebar ke arah samping dan vertikal. Konsentrasi polutan akan besar pada garis searah dengan arah sebaran, dan rendah di bagian tepi.

Menurut Putut (2011), Permodelan kualitas udara sangat membantu dalam memprediksi dampak dari kegiatan yang mengemisikan polutan ke udara terhadap lingkungan. Suatu model kualitas udara dapat menyediakan gambaran mengenai persebaran polutan di udara dengan cepat dan murah, dibandingkan dengan pengamatan langsung di

lapangan. Permodelan ini dapat membantu ketika tersedia data yang dibutuhkan dalam permodelan. Maka dari itu, model – model kualitas udara adalah salah satu alat untuk pemantauan kualitas udara.

Kelas stabilitas atmosfer di perkotaan ditandai oleh kelas kestabilan Pasquill-gifford (tabel). Stabilitas atmosfer kemudian digunakan untuk menghitung nilai Dy dan Dz. Dy dan Dz adalah koefisien dispersi pencemar pada sumbu y dan sumbu z.

Tabel 2.1. Kelas stabilitas atmosfer Pasquill-gifford.

v (m/det)	Siang Hari			Malam	
	Radiasi Sinar Matahari			Tutupan Awan	
	Kuat	Sedang	Rendah	Berawan	Bersih
< 2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

## 2.8 Model Gauss

Salah satu alasan dalam penggunaan model Gauss dalam perhitungan konsentrasi polutan di berbagai sumber adalah karena tidak banyak data meteorologi yang dimasukkan dalam persamaan. Data meteorologi yang dibutuhkan antara lain terkait angin yaitu arah dan kecepatan angin pada sumber saja Rahmawati (2003).

Putut (2011) menjelaskan hubungan antara arah angin yang tegak lurus terhadap sumbu y atau arah dari sumber garis. Sesuai dengan prinsip dispersi yang terdispersi ke tiga arah yaitu x, y, dan z. Gaussian Finite Line Source dapat digunakan untuk memprediksikan emisi yang dihasilkan secara kontinu. Pada persamaan Gauss, banyaknya polutan yang dikeluarkan secara tetap dari sumber emisi (Q) kadarnya akan berkurang sesuai dengan bertambahnya jarak. Selanjutnya polutan akan terbawa angin dengan kecepatan u dalam arah horizontal. Namun karena turbulensi atmosfer, polutan yang terbawa ini akan tersebar kearah horizontal dan vertikal Nauli (2002).

Berikut adalah rumus dari Model Gauss:

$$C_{x,y,z} = \left( \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \right) \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \left\{ \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\}$$

Dimana,

C : konsentrasi polutan udara dalam massa per volume ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Q/L : laju emisi per unit panjang jalan raya (gr/det.m)

u : kecepatan angin dalam arah x atau tegak lurus sumbu jalan (m/det)

z : tinggi di titik konsentrasi yang ditinjau

: koefisien dispersi secara vertikal terhadap sumbu x (m)

: koefisien dispersi secara horizontal terhadap sumbu x (m)

Q : laju emisi polutan dalam massa per waktu (mg/detik)

H : tinggi efektif stack (cerobong) di pusat kepulan (m)

x : jarak dari titik emisi menurut arah angin (m)

Berikut beberapa catatan yang harus diperhatikan :

- Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan di tinggi efektif sumber, karena kecepatan angin dipengaruhi oleh ketinggian.

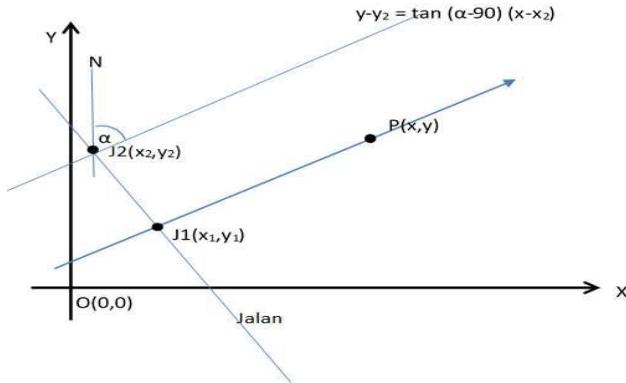
### 2.8.1 Transformasi Koordinat

Perhitungan koordinat diperlukan sebagai salah satu *input* dalam permodelan. Beberapa sistem yang digunakan untuk menyatakan besarnya sudut dalam perhitungan koordinat antara lain (Purwoharjo, 1986) :

1. Sistem seksagesimal, dimana keliling lingkaran dibagi dalam 360 bagian (derajat). Nilai  $1^\circ$  (derajat) setara dengan  $60'$  (menit) dan  $1'$  setara dengan  $60''$  (detik).
2. Sistem radial, dimana keliling lingkaran dibagi dalam bagian yang disebut satu radial.
3. Sistem waktu, dimana sistem waktu digunakan dalam pengukuran astronomi. Nilai  $360^\circ$  setara dengan 24 jam dan 1 jam setara dengan  $15^\circ$ .

Setelah diketahui koordinat dari masing-masing titik pengukuran yang diinginkan, maka terlebih dahulu dilakukan

transformasi koordinat kartesius. Transformasi koordinat kartesius dilakukan mengikuti perubahan arah angin. Perhitungan transformasi koordinat didasarkan pada Assomadi (2016). Transformasi koordinat digambarkan dalam diagram berikut.



**Gambar 2 1 Sistem koordinat kartesius dan kedudukan line source (J) dan penerima (P)**

(Sumber : Assomadi, 2016)

Pendekatan transformasi koordinat penerima dengan analisis geometri adalah sebagai berikut (Assomadi, 2016):

Gradien jalan  $m$

$$= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Sudut arah jalan dari sudut angin  $N$  ( $A$ )

$$= \tan(m)$$

Konstanta pada garis jalan ( $k$ )

$$= y_1 - mx_1$$

Selisih sudut jalan dengan arah angin ( $B$ )

$$= \alpha - 90 + A$$

Jarak penerima dengan jalan searah angin ( $d$ )

$$\left( (mx_1 + k - y) / \sqrt{(1+m^2)} \right)$$

$$\sin B$$

Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan  $J1$   $(x_1, y_1) = (x_e, y_e)$

$$x_e = \frac{m_a x - mx_1 - y + y_1}{m_a - m}$$

$$y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1$$

### 2.8.2 Faktor Kinetika Reaksi

Faktor kinetika reaksi menggambarkan hubungan antara konsentrasi  $O_3$ ,  $NO_2$ , dan radiasi matahari. Laju reaksi yang terjadi dapat digambarkan dalam perumusan sebagai berikut.

$$\frac{d[O]}{dt} = k_1 [NO_2]hv - k_2 [O][O_2]$$
$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_2 [O][O_2]$$

Dengan mempertimbangkan kondisi lapangan seperti perubahan fluks radiasi selama pembentukan ozon, keadaan reaksi di atmosfer perkotaan, dan nilai di lapangan, maka didapatkan persamaan reaksi sebagai berikut.

$$[O_3]_t = [O_3]_o + k_1 k_i \frac{hv_t}{[NO_2]r} = k \frac{hv_t}{[NO_2]r}$$

Berdasarkan aplikasi persamaan kinetika-matematika untuk data Kota Surabaya dalam penelitian Assomadi (2016), maka didapatkan nilai  $k$  untuk musim penghujan adalah  $1,1044 (\mu\text{g}/\text{m}^2)^2/\text{watt}$ . Sedangkan nilai  $k$  pada musim kemarau adalah  $0,9466 (\mu\text{g}/\text{m}^2)^2/\text{watt}$ . Hal ini dipengaruhi oleh faktor radiasi sinar matahari dan faktor konsentrasi  $NO_2$  di atmosfer.

### 2.8.3 Model Gauss Termodifikasi

Persamaan yang digunakan untuk memodelkan dispersi pencemaran udara dari sumber garis menggunakan pendekatan baru model Gauss termodifikasi berdasarkan Assomadi *et. al* (2016). Persamaan *infinite* yang dapat digunakan dalam memodelkan pencemar udara dari sumber garis adalah :

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

Dengan :

C	= Konsentrasi Pada Titik Tertentu (gr/m <sup>3</sup> )
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)
$\lambda$	= Konstanta laju reaksi
$D_z, D_y$	= Konstanta stabilitas atmosfer (m)

(m)

#### 2.8.4 Verifikasi Model

Menurut Assomadi (2016), model yang telah dibangun kemudian diverifikasi dengan data-data pemantauan kota Surabaya. Verifikasi dengan data pengukuran ISPU (iklim lokal dan konsentrasi pencemar). Parameter-parameter inputan yang relevan dimasukkan ke dalam model terbangun untuk mengestimasi *mixing height* dan konsentrasi pencemar di ambien kota. Hasil perhitungan ini, yang dilakukan berulang-ulang dengan seri data kota, dibandingkan dengan data estimasi lapisan inversi dan konsentrasi ambien (ISPU) pada kondisi yang relevan. Kedua hasil ini kemudian ditentukan korelasi dan simpangannya. Model terbangun dinyatakan *verified* jika simpangan yang dihasilkan dengan hasil pengukuran lapangan kurang dari atau mendekati standar US-EPA.

Verifikasi model ini dimaksudkan untuk mengukur seberapa dekat, hasil yang dihitung dengan model terbangun/terverifikasi dengan kondisi lapangan yang teruku. Makin dekat hasil model dengan data terukur di setiap titik yang dikaji maka semakin baik model ini untuk diaplikasikan. Kedekatan data dengan hasil model ini akan dihitung berdasarkan simpangan/korelasi keduanya.

## 2.9 Windrose

Menurut Fadholi (2013), arah dan kecepatan angin merupakan data yang diperlukan dalam perencanaan maupun pengembangan landas pacu (runway) di seluruh bandar udara, Sebagai salah satu dasar pertimbangan dalam perencanaan maupun pengembangan landas pacu, data angin tersebut harus terlebih dahulu diolah dan dianalisa sehingga menjadi informasi yang berguna, salah satu hasilnya adalah dalam bentuk diagram windrose. Namun, untuk mengolah dan menganalisa data angin dalam jumlah besar diperlukan aplikasi yang dapat melakukan perhitungan dan penyajian hasil analisa yang cepat dan informatif. Lakes Environmental sebuah perusahaan penghasil perangkat lunak menawarkan aplikasi WRPLOT (Wind Rose Plot) yang dapat melakukan perhitungan dalam menghasilkan diagram wind rose serta distribusi frekuensi data angin dengan cepat dan dapat dioverlaykan ke dalam peta google earth sehingga informasi hasil analisa arah dan kecepatan angin landas pacu (runway) bandar udara menjadi lebih informatif dan interaktif.

WRPLOT View adalah windrose program untuk data meteorologi. Software ini menyediakan tampilan diagram windrose, analisis frekuensi, dan diagram untuk beberapa format data meteorologi. Windrose menggambarkan frekuensi kejadian dari angin untuk setiap sektor angin spesifik dan kelas-kelas kecepatan angin untuk setiap tempat pada periode tertentu (Lakes Environmental, 2013).

## 2.10 Matlab

Matlab adalah sebuah program yang memanfaatkan bahasa dengan performa tinggi untuk komputasi teknis. Matlab

mengintegrasikan perhitungan, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu tampilan antar muka. Matlab dapat memecahkan permasalahan dalam 0 dan 1 dimensi. Selain itu, persoalan 2 dan 3 dimensi dapat diselesaikan dengan pendekatan analitik (Holzbecher, 2012).

Sistem Matlab terdiri dari 5 bagian, antara lain:

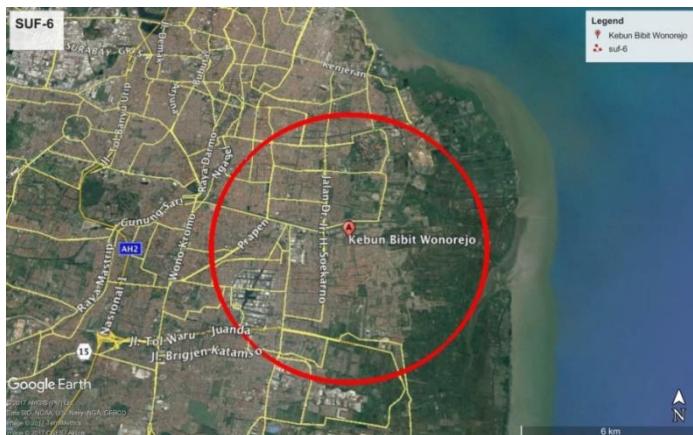
1. *Development environment*, adalah seperangkat alat dan fasilitas untuk menggunakan *file* dan fungsi Matlab.
2. Perpustakaan fungsi matematika pada Matlab, yaitu kumpulan algoritma komputasi untuk berbagai jenis persamaan.
3. Bahasa Matlab, yaitu bahasa *matrix/array* tingkat tinggi dengan kontrol aliran *statement*, fungsi, struktur data, input/output, dan fitur pemrograman berorientasi pada objek.
4. Grafik, dimana Matlab memiliki berbagai fasilitas untuk menampilkan vektor dan matriks sebagai grafik. Termasuk juga fungsi untuk visualisasi data 2 dan 3 dimensi, pemrosesan gambar, animasi, dan sebagainya.
5. Tampilan antar muka eksternal, fungsi ini memungkinkan Matlab untuk berinteraksi dengan program lain, antara lain C dan Fortran.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Gambaran Umum

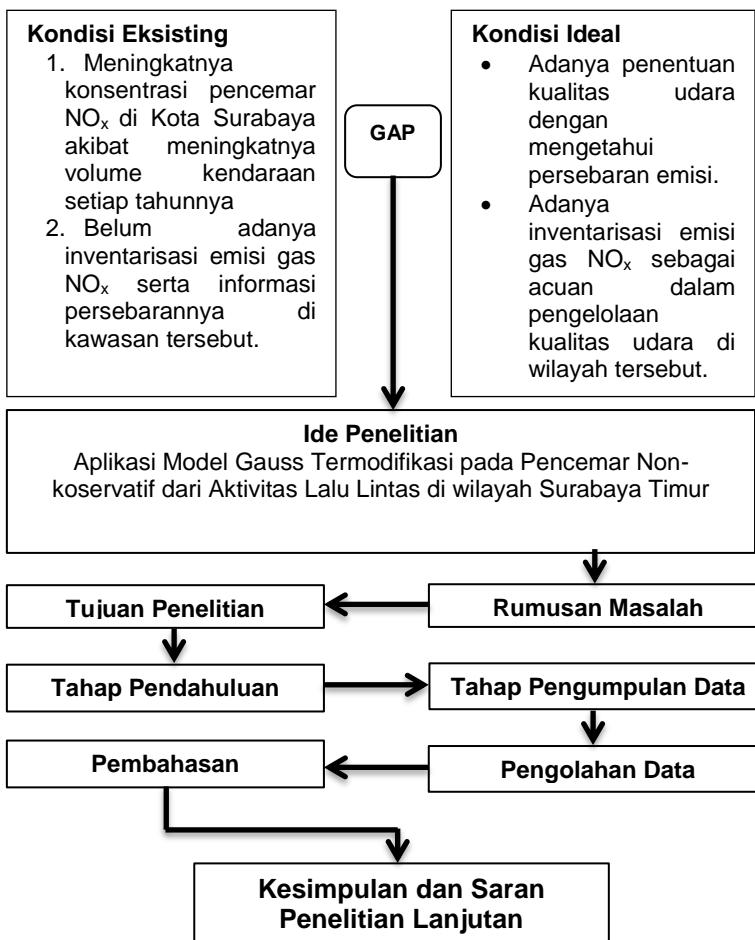
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran gas NO<sub>x</sub> yang dihasilkan pada sumber garis di sekitar stasiun pemantau kualitas udara SUF-6 di Wonorejo, Surabaya. SUF-6 mulai beroperasi pada tahun 2013 dengan peruntukan lahan di sekitarnya untuk pemukiman dan ruang terbuka hijau (gambar 2.1). Pada penelitian ini, sumber garis yang digunakan adalah jalan raya yang berada pada radius 5 km dari SUF-6.



Gambar 3 1 Lokasi dan Radius Jangkauan SUF-6

#### 3.2 Kerangka Penelitian

Pelaksanaan pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap kegiatan. Tahapan yang dilakukan berupa kegiatan pengumpulan data, pengolahan data sekunder serta pembahasan. Selengkapnya disajikan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3 2 Kerangka Penelitian**

### **3.3 Tahap Pendahuluan**

Tahap pendahuluan pada penelitian ini terdiri atas :

1. Kajian literatur yang dilakukan antara lain terhadap :
  - Karakteristik dan persebaran NO<sub>x</sub>
  - Penentuan beban emisi NO<sub>x</sub> dari kendaraan bermotor
  - Model dispersi pencemar udara yang dapat memodelkan persebaran NO<sub>x</sub> dari sumber garis (*line source*)
2. Melakukan perizinan untuk kepentingan pengumpulan data pada instansi pemerintah dan penyedia data, antara lain :
  - Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kota Surabaya, sebagai perizinan permulaan untuk pengambilan data pada instansi pemerintah.
  - Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), untuk kepentingan data meteorologis.
  - Dinas Perhubungan (Dishub), untuk kepentingan data terkait jalan raya dan lalu lintas.
  - Dinas Lingkungan Hidup (DLH), untuk kepentingan data tren kualitas udara di Kota Surabaya.

### **3.4 Tahap Pengumpulan Data**

Tahap pengumpulan data untuk penelitian ini menggunakan:

1. Data tren kadar NO<sub>2</sub> SUF-6  
Data kadar NO<sub>2</sub> diambil dari stasiun pemantau SUF-6 di daerah Kebun Bibit Wonorejo. Data ini adalah data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya
2. Data volume lalu lintas di wilayah Surabaya Timur  
Data volume lalu lintas digunakan untuk perhitungan beban emisi. Data ini didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Apabila data

- dirasa kurang mencukupi maka dilakukan perhitungan volume lalu lintas secara mandiri.
3. Data meteorologis Kota Surabaya  
Data meteorologis yang digunakan meliputi kecepatan dan arah angin. Data ini didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika pada Stasiun Tanjung Perak dan/atau Stasiun Juanda.

**Tabel 3. 1 Data yang digunakan**

No	Jenis Data	Durasi	Sumber Data	Metode Pengambilan Data
1	Konsentrasi NO <sub>2</sub> di wilayah Surabaya Timur (SUF-6)	Tahun 2017	Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya	Data Sekunder
2	Data meteorologi s meliputi arah dan kecepatan angin	Tahun 2017	BMKG (Stasiun Juanda) ; Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya	Data Sekunder
3	Data volume kendaraan yang melalui jalan arteri di wilayah Surabaya Timur.	Tahun 2017	Dinas perhubungan Kota Surabaya ; Data Penelitian terdahulu	Data Sekunder

### **3.5 Tahap Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan dalam rangka membangun model dan verifikasi model. Pengolahan data yang akan dilakukan meliputi :

1. Analisis kondisi meteorologis Kota Surabaya, dimana analisis ini adalah pembuatan *windrose*. Pembuatan *windrose* berdasarkan pada data arah dan kecepatan angin dibagi dalam 2 musim. Data tersebut diolah menjadi *windrose* yang merupakan gambaran dari arah dan kecepatan angin yang dominan. Arah angin yang digunakan sejumlah 8 buah. Pembuatan *windrose* menggunakan piranti lunak WRPLOT.
2. Peritungan beban emisi dilakukan dengan menggunakan data dari volume lalu lintas untuk parameter NO<sub>x</sub>. Untuk beban Emisi O<sub>3</sub> digunakan perkiraan yang berasal dari kinetika reaksi. Hasil dari beban emisi ini kemudian dijadikan dasar membangun model dispersi pencemar NO<sub>x</sub>.
3. Perhitungan persebaran emisi NO<sub>x</sub> dengan menggunakan persamaan *Gaussian*, dengan memasukkan hasil dari analisis data meteorologis dan data beban emisi. Kemudian persebaran ini dituangkan dalam pemetaan persebaran emisi NO<sub>x</sub> dari sumber garis.
4. Verifikasi data, langkah ini bertujuan untuk memverifikasi hasil permodelan yang telah dilakukan pada langkah sebelumnya. Verifikasi data dilakukan dengan menggunakan data parameter pencemar pada SUF-6 yang telah dikumpulkan, kemudian dibandingkan secara statistik.

### **3.6 Tahap Pembahasan**

Hal-hal yang akan dibahas mencakup :

1. Beban emisi NO<sub>x</sub> pada jalan raya di sekitar SUF-6.

Metode perhitungan beban emisi NO<sub>x</sub> didasarkan pada persamaan berikut:

$$n = m \times FK$$

Dimana:

$n$  = jumlah kendaraan (smp/jam)

$m$  = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)

$FK$  = faktor konversi (smp/kendaraan)

$$Q = n \times FE$$

Dimana:

$Q$  = beban emisi

$n$  = jumlah kendaraan

$FE$  = faktor emisi

2. Pemetaan persebaran emisi  $\text{NO}_x$  yang dihasilkan dari jalan raya di sekitar SUF-6

Pemetaan ini dilakukan dengan dengan melakukan permodelan terhadap pencemar dari lalu lintas Surabaya Timur. Persamaan yang digunakan adalah

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

Dengan :

$C$  = Konsentrasi Pada Titik Tertentu ( $\text{gr}/\text{m}^3$ )

$Q$  = Beban emisi ( $\text{gr}/\text{det}$ )

$x$  = Jarak searah angin (m)

$z$  = Ketinggian reseptor (m)

$H$  = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)

$v$  = Kecepatan angin ( $\text{m}/\text{det}$ )

$\lambda$  = Konstanta laju reaksi

$D_z, D_y$  = Konstanta stabilitas atmosfer (m)

Model persebaran emisi dilakukan dengan bantuan piranti lunak Microsoft Excel sebagai penyimpan data dan Matlab sebagai sarana untuk melakukan permodelan secara matematis. Langkah yang dilakukan untuk membuat model persebaran adalah:

- a) Membagi *grid* persebaran emisi.

Pembagian *grid* digunakan untuk memudahkan dalam membaca persebaran emisi dari aktivitas jalan raya. Sehingga, pembagian *grid* dilakukan pada wilayah Surabaya Timur dengan pusat emisi ada di jalan arteri sekunder yang telah ditetapkan. *Grid* dibagi menjadi 300 titik dikarenakan pada jumlah *grid* ini, dihasilkan pemetaan persebaran yang cukup baik.

- b) Menghitung transformasi koordinat.

Pada tahap ini koordinat dikonversi dalam bentuk koordinat kartesius. Kemudian, koordinat reseptor ditransformasi terhadap koordinat jalan raya yang dimodelkan. Selain itu, sudut angin juga dikoreksi terhadap sudut jalan raya.

$$\text{Gradien jalan } m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$\text{Sudut arah jalan dari sudut angin } N(A) = \tan(m)$$

$$\text{Konstanta pada garis jalan (k)} = y_1 - mx_1$$

$$\text{Selisih sudut jalan dengan arah angin (B)} = \alpha - 90 + A$$

$$\text{Jarak penerima dengan jalan searah angin (d)} = \sqrt{(mx_1 + k - y)^2 / (1 + m^2)}$$

Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan J1  $(x_1, y_1) = (x_e, y_e)$

$$x_e = \frac{m_a x - mx_1 - y + y_1}{m_a - m}$$

$$y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1$$

Setelah dilakukan pembuatan model persebaran NO<sub>x</sub>, selanjutnya adalah memverifikasi hasil permodelan yang dibuat. Hasil permodelan yang dibuat diverifikasi dengan menggunakan rumus Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{RMSE : } \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - obs_i)^2}$$

Dan

$$\text{Kolerasi : } \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(obs_i - \bar{obs})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2} \sqrt{(obs_i - \bar{obs})^2}}$$

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil dari titik terdekat dengan SUF-6. Data yang diverifikasi hanya 1 titik akan tetapi dilakukan secara temporal mengikuti data yang didapatkan pada SUF-6. Satu titik dapat membuktikan bahwa hasilnya telah baik dengan catatan hasil dari verifikasi tersebut memenuhi batas untuk metode korelasi yaitu 0,572.

Apabila data telah terverifikasi dan dapat dinyatakan baik, maka langkah selanjutnya adalah mencari konsentrasi tertinggi yang dilakukan dengan model dispersi. Untuk skenario yang digunakan adalah 8 arah mata angin dan 3 skala kecepatan.

**Tabel 3. 2 Skala Beaufort**

Skala Beaufort	Deskripsi	Kecepatan Angin (M/S)	Tinggi Gelombang (M)
1	Tenang	0-0,3	0
2	Sedikit tenang	0,3-1,5	0-0,2
3	Sedikit hembusan angin	1,5-3,3	0,2-0,5
4	Hembusan angin pelan	3,3-5,5	0,5-1
5	Hembusan angin sedang	5,5-8	1-2
6	sejuk	8-10,8	2-3
7	Hembusan angin kuat	10,8-13,9	3-4
8	Mendekati kencang	13,9-17,2	4-5,5

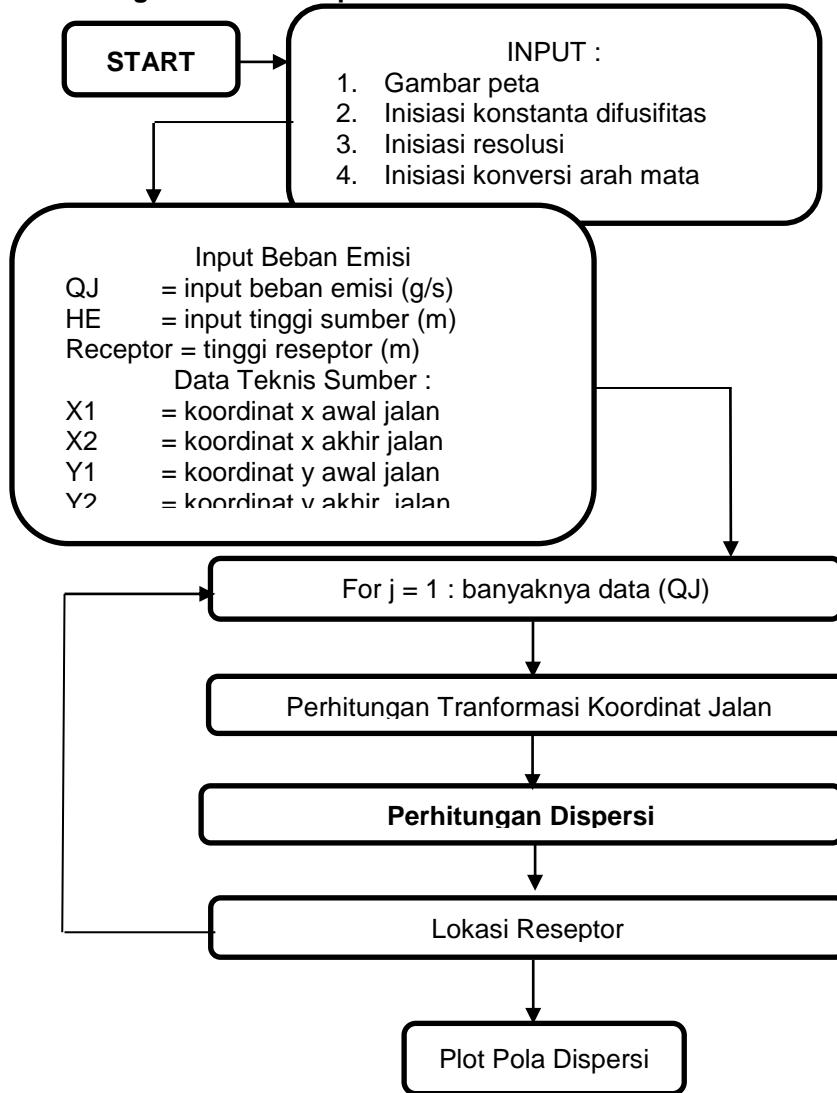
<b>9</b>	Kencang	17,2-20,7	5,5-7,5
<b>10</b>	Kencang sekali	20,7-24,5	7,5-10
<b>11</b>	Badai	24,5-28,4	10-12,5
<b>12</b>	Badai dahsyat	28,4-32,6	12,5-16
<b>13</b>	Badai topan	>32,6	>16

**Tabel 3. 3 Pengelompokan 8 arah mata angin**

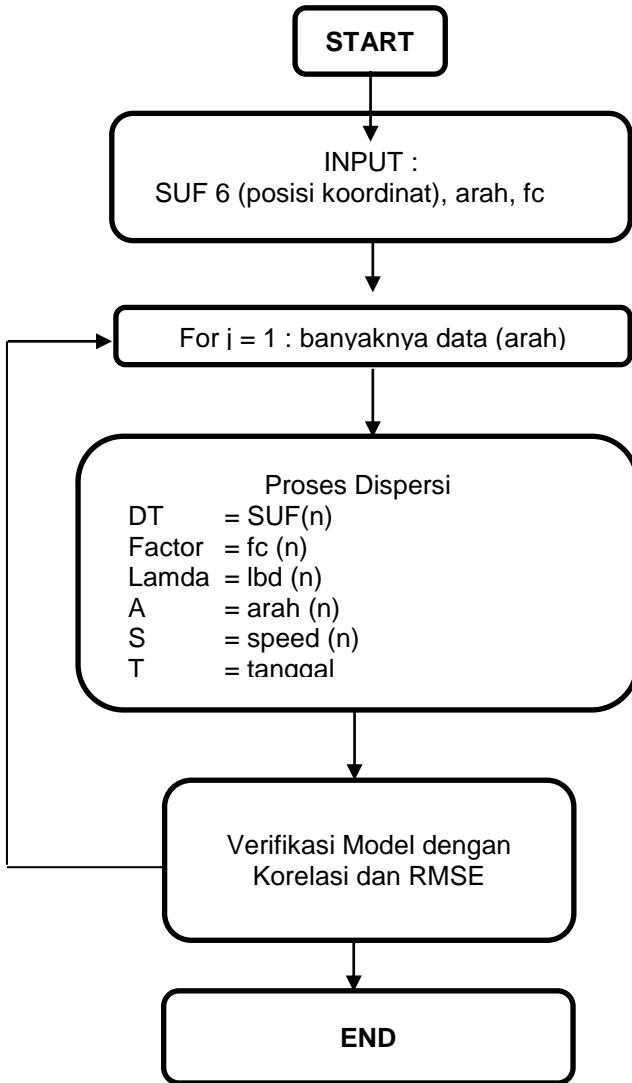
<b>Arah</b>	<b>°N</b>
Utara	337,5-22,5
Timur Laut	22,5-67,5
Timur	67,5-112,5
Tenggara	112,5-157,5
Selatan	157,5-202,5
Barat Daya	202,4-247,5
Barat	247,5-292,5
Barat Laut	292,5-337,5

Dari skenario tersebut daerah yang berpotensi menerima konsentrasi maksimum. Pembahasan selanjutnya adalah melakukan *overlay* pada keseluruhan arah mata angin pada kondisi kecepatan terburuk. Dari hasil *overlay* tersebut ditentukan lokasi penerima emisi terbesar dan rata rata jarak penerima emisi di wilayah Surabaya Timur.

### 3.7 Algoritma Plot Dispersi



### 3.8 Algoritma Verifikasi



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB IV**

### **Hasil dan Pembahasan**

#### **4.1 Karakteristik Reseptor**

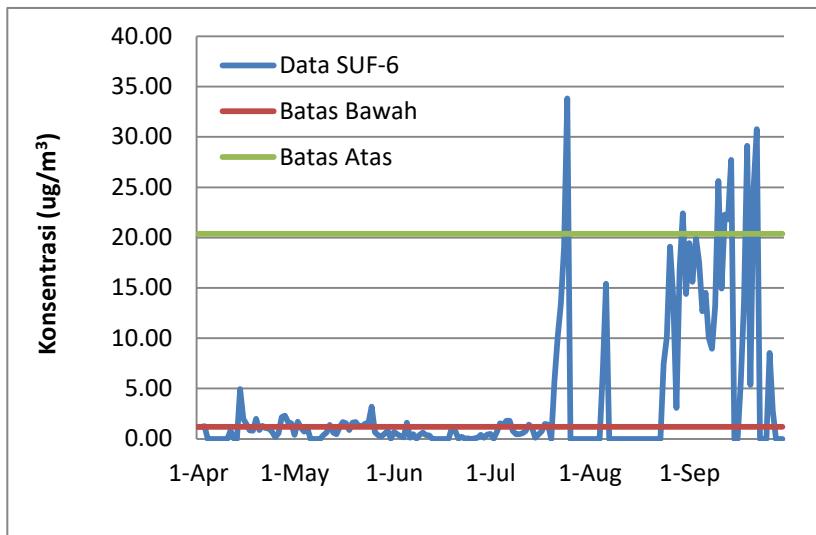
Pada Penelitian ini digunakan stasiun pemantau kualitas udara yang ada di Kebun Bibit Wonorejo dengan kode SUF-6. Stasiun ini merupakan reseptor dari model yang akan terbentuk. Koordinat dari SUF-6 berada pada 112,789055 BT dan 7.312331 LS. Data SUF yang digunakan adalah pada tahun 2017. Parameter yang digunakan dalam melakukan verifikasi model adalah NO<sub>2</sub>, kecepatan angin, arah angin dan GRAD. Masing masing parameter dimasukkan ke dalam pembentukan model.

##### **4.1.1 NO<sub>2</sub>**

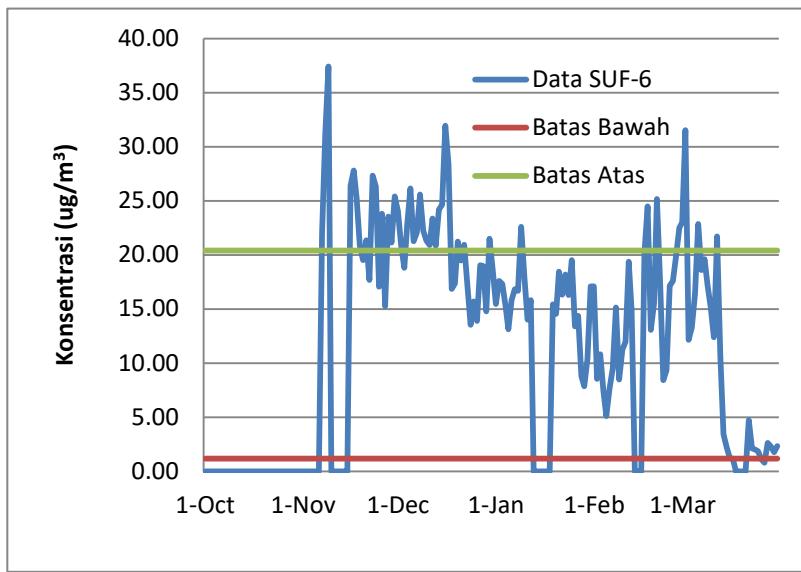
Parameter NO<sub>2</sub> menjadi penentu dalam pemilihan data yang akan dilakukan dalam pembuatan model ini. Data yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup adalah data kualitas udara yang telah terukur pada SUF-6 pada tahun 2017. Data tersebut berupa konsentrasi NO<sub>2</sub> yang terukur tiap 30 menit. Dari seluruh data pada tahun 2017, dibuat standar deviasi yang bertujuan untuk memilih data yang dapat digunakan dalam mengaplikasikan model. Hasil dari pembuatan standar deviasi pada data NO<sub>2</sub> dapat dilihat Gambar 4.1.

Pada gambar tersebut menunjukkan persebaran dari rata rata data NO<sub>2</sub> harian yang ada pada SUF-6. Nilai dari Standar deviasi data tersebut adalah sebesar 9,60. Rata rata dari keseluruhan data sebesar 10,79. Maka didapatkan nilai batas atas sebesar 20,39 dan nilai batas bawah sebesar 1,18. Data yang berada dalam rentang batas atas dan bawah menjadi data yang dapat digunakan dalam penelitian ini.

Data tersebut dipilih kembali berdasarkan 2 musim yang masing masing musim berisi 7 hari dari data yang terpilih. Musim Kemarau antara April-September dan musim hujan antara Oktober – Maret. Data dari masing masing musim tersebut yang akan digunakan dalam permodelan. Data yang digunakan pada musim kemarau adalah pada tanggal 1 September – 7 September 2017 dan untuk musim penghujan adalah tanggal 23 Desember – 29 Desember 2017.



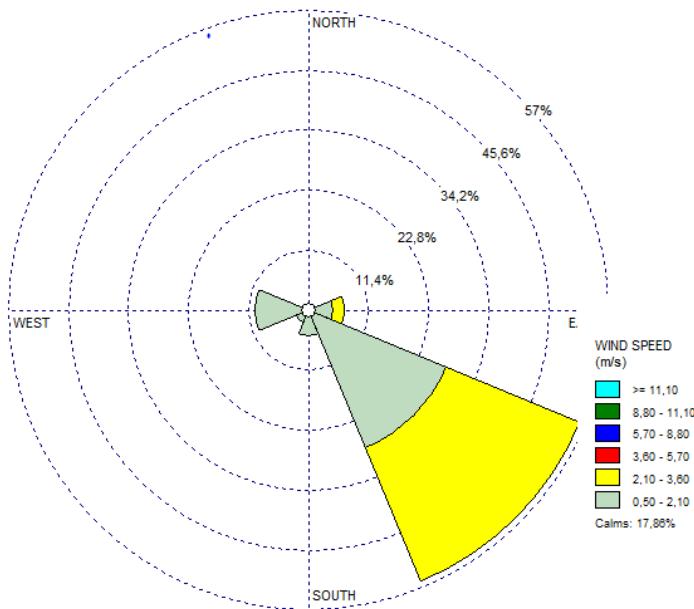
Gambar 4 1. Data NOx pada Musim Kemarau



Gambar 4 2 Data NOx pada Musim Penghujan

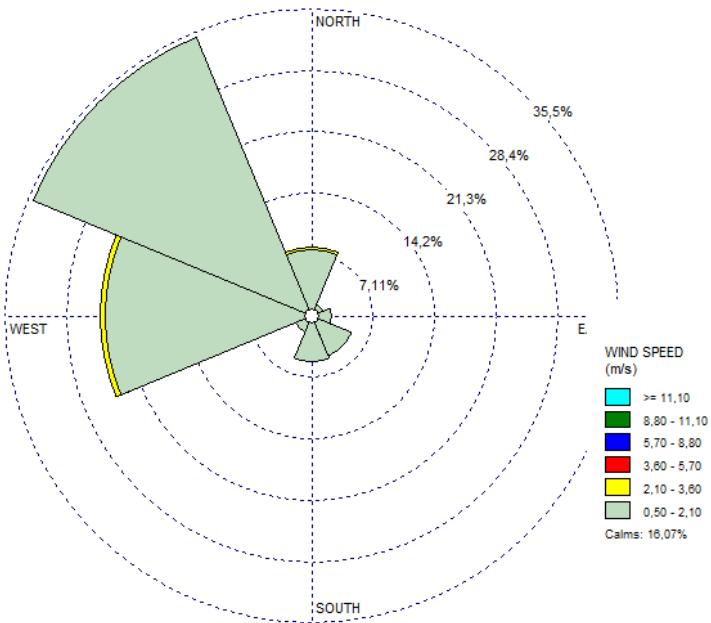
#### 4.1.2 Kecepatan dan Arah Angin

Kecepatan dan arah angin yang digunakan berdasarkan pada tanggal yang telah ditentukan sebelumnya. Data dari kecepatan dan arah angin didapatkan bersamaan dengan data SUF-6. Data tersebut berupa kecepatan dan arah angin tiap 30 menit. Data ini diperlukan dalam perhitungan model dimana arah angin menentukan arah persebaran pola dispersi menuju reseptor. Apabila arah angin menuju ke arah reseptor maka konsentrasiannya akan lebih besar dibandingkan dengan menjauhi arah reseptor. Kecepatan angin mempengaruhi jarak persebaran pola dispersi. Kecepatan angin yang lebih besar akan menggeser konsentrasi maksimum penerima bergeser menjauhi sumber. Kecepatan dan arah angin dari SUF-6 yang akan dilakukan verifikasi.



**Gambar 4 3 Windrose SUF-6 pada musim kemarau**

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 4.4 Windrose SUF-6 pada musim penghujan**

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada gambar 4.2 ketika musim kemarau arah dominan ditunjukkan menuju arah barat laut. Hal ini dikarenakan pengaruh angin muson timur yang bertiup dari arah Australia menuju Asia. Sedangkan pada gambar 4.3 ketika musim hujan arah dominan ditunjukkan menuju arah tenggara. Hal ini dikarenakan pengaruh angin muson barat yang bertiup dari arah Asia menuju Australia

#### 4.1.3 GRAD

Nilai GRAD disini adalah nilai dari radiasi matahari. Nilai GRAD yang digunakan berdasarkan pada tanggal yang telah ditentukan sebelumnya. Data dari GRAD didapatkan berupa besaran GRAD tiap 30 menit. Data GRAD digunakan dalam penentuan nilai kinetika reaksi yang akan digunakan dalam

aplikasi model ini. Nilai kinetika reaksi digunakan untuk pencemar  $\text{NO}_x$  yang merupakan pencemar non-konservatif yang dipengaruhi oleh nilai dari radiasi matahari

Pada penelitian ini digunakan konstanta kinetika reaksi untuk musim kemarau dan musim hujan. Nilai konstanta kinetika reaksi  $\text{NO}_2$  di Kota Surabaya untuk musim kemarau adalah  $0.9466 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^2)^2/\text{watt}$  dan untuk musim penghujan sebesar  $1.1044 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^2)^2/\text{watt}$  (Assomadi, 2016).

#### 4.2 Karakteristik Sumber Emisi

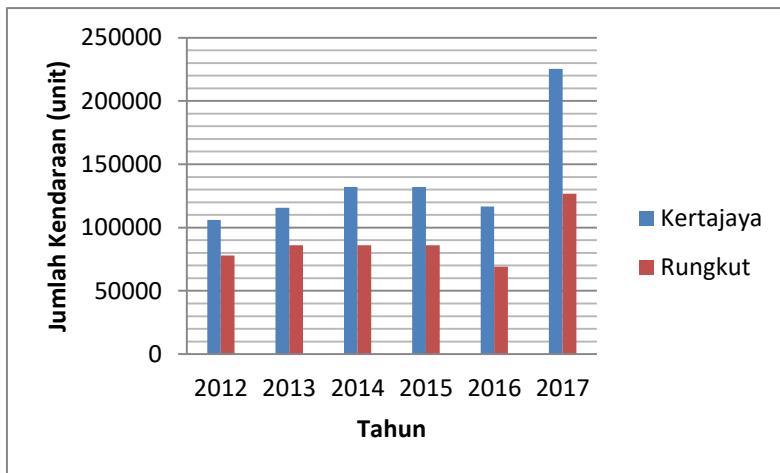
Sumber emisi yang digunakan didapatkan dari data Dinas Perhubungan yaitu Jalan Ir. Soekarno, Jalan Raya rungkut, Jalan Raya Kertajaya dan Tol Waru-Juanda. Berikut koordinat dari keempat jalan tersebut yang ditentukan dengan menggunakan bantuan *Google Earth*. Koordinat jalan ini yang berikutnya akan digunakan dalam pembuatan model sebagai sumber emisi.

**Tabel 4. 1 Jalan yang memiliki data *Traffic Counting***

No	Nama Jalan	Koordinat Jalan			
		Y min	Y max	X min	X max
1	Jl. Kertajaya	-7,2791	-7,2770	112,79	112,745
2	Jl. Ir. Soekarno	-7,3406	-7,2504	112,78	112,784
3	Rungkut	-7,3507	-7,3085	112,76	112,769
4	Tol Waru -	-7,3455	-7,3425	112,71	112,768
5	Juanda	-7,3425	-7,3507	112,76	112,802

Sumber : *Google Earth*

Untuk Jalan Kertajaya dan Jalan Rungkut dilengkapi dengan data volume lalu lintas harian (LHR). Dari data tersebut dapat dilihat bahwa jumlah kendaraan di Kota Surabaya mengalami peningkatan. Peningkatan dari jumlah kendaraan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



**Gambar 4 5 Peningkatan jumlah volume kendaraan**

Sumber Data : Dinas Perhubungan Kota Surabaya

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan terjadi cukup signifikan pada tahun 2017. Data pada tahun 2017 digunakan pada penelitian ini dengan pertimbangan data terbaru dengan mengikuti kecenderungan 5 tahun terakhir. Data yang didapatkan dari Dinas Perhubungan merupakan data pada tahun 2017 pada perhitungan tahap kedua.

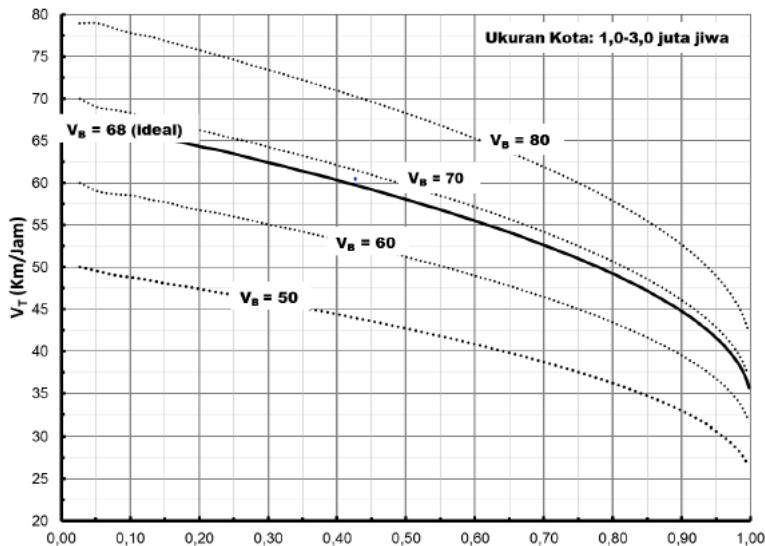
#### 4.2.1 Derajat Kejemuhan

Derajat kejemuhan pada perhitungan beban emisi digunakan untuk mendapatkan faktor koreksi dari nilai kecepatan. Nilai kecepatan didapatkan dari besaran derajat kejemuhan. Jalan Rungkut dan Jalan Kertajaya memiliki 3 periode derajat kejemuhan untuk pagi, siang dan sore hari. Ketiga periode tersebut akan dibagi ke dalam jam. Pukul 05.00-10.00 untuk puncak pagi. Pukul 10.00-15.00 untuk puncak siang. Dan 15.00-21.00 untuk puncak sore.

Jalan Ir. Soekarno memiliki derajat kejemuhan sebesar 0,7 sehingga kecepatan kendaraan adalah sebesar 52 km/jam . Sedangkan menut Allo (2017) untuk Tol Waru-Juanda memiliki kecepatan 78 km/jam. Dari kecepatan tersebut didapatkan faktor

koreksi sebesar 1. Nilai dari faktor koreksi dari tiap jalan ini yang akan digunakan dalam perhitungan beban emisi.

Berikut adalah grafik dan tabel hubungan derajat kejemuhan, kecepatan dan faktor koreksi.



**Gambar 4.6 Grafik Hubungan Ds dan Kecepatan**

Sumber : PKJK, 2014

**Tabel 4. 2 Nilai Faktor Koreksi Berdasarkan Kecepatan Kendaraan**

kecepatan rata-rata (km/jam)	faktor koreksi
110	1,5
100	1,4
90	1,25
80	1
70	1

kecepatan rata-rata	faktor koreksi
---------------------	----------------

<b>60</b>	1
<b>50</b>	1,1
<b>40</b>	1,25
<b>30</b>	1,4
<b>20</b>	1,75
<b>10</b>	2,5
<b>5</b>	3,6

Sumber : Mathew dalam Assomadi (2016)

Dari nilai derajat kejemuhan dan kecepatan dapat ditentukan nilai faktor koreksinya. Untuk faktor koreksi pada Jalan Rungkut dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Jalan Kertajaya pada Tabel 4.4

**Tabel 4. 3 Nilai Faktor Koreksi dari Jalan Rungkut**

Periode	Derajat Kejemuhan	Kecepatan (km/jam)	Faktor Koreksi
<b>Puncak Pagi</b>	0,53	58	1,02
<b>Puncak Siang</b>	0,9	45	1,175
<b>Puncak sore</b>	0,62	55	1,05

Sumber : Perhitungan

**Tabel 4. 4 Nilai Faktor Koreksi dari Jalan Kertajaya**

Periode	Derajat Kejemuhan	Kecepatan (km/jam)	Faktor Koreksi
<b>Puncak pagi</b>	0,4	60	1
<b>Puncak siang</b>	0,45	59	1,01
<b>Puncak sore</b>	0,56	57	1,03

Sumber : Perhitungan

#### **4.2.2 Tipe Jalan**

Selain menggunakan derajat kejemuhan. Tipe jalan dan panjang jalan juga mempengaruhi dalam perhitungan beban emisi. Dari tipe jalan akan didapatkan nilai EKR (Ekivalen

Kendaraan Ringan). Menurut PKJK, EKR merupakan faktor penyeragaman satuan dari beberapa tipe kendaraan dibandingkan terhadap kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruhnya kepada karakteristik arus campuran. Berikut adalah ekivalen kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah.

**Tabel 4. 5 Nilai konversi EKR**

Tipe jalan:	Arus lalu-lintas per lajur (kend/jam)	EKR	
		KB	SM
<b>2/1 dan 4/2T</b>	< 1050	1,3	0,4
	≥ 1050	1,2	0,25

Jalan Rungkut, Jalan Kertajaya, Jalan Ir. Soekarno dan Tol Waru-Juanda merupakan jalan dengan tipe 4/2T. Arus lalu lintas dari masing masing jalan lebih dari 1050 kendaraan per jam. Sehingga nilai EKR yang digunakan untuk Kendaraan Berat (KB) adalah 1,2 dan untuk Sepeda Motor (SM) adalah 0,25.

### 4.3 Beban Emisi

#### 4.3.1 Perhitungan Beban Emisi pada Jalan yang Terukur

Metode perhitungan beban emisi NO<sub>x</sub> didasarkan pada persamaan yang ada pada metode penelitian. Perhitungan dibutuhkan volume kendaraan pada jalan, faktor koreksi, EKR, panjang jalan dan faktor emisi. Berikut adalah nilai dari faktor emisi untuk NO<sub>x</sub>.

**Tabel 4. 6 Nilai Faktor Emisi NO<sub>x</sub>**

KATEGORI	NOx (g/km.kendaraan)
SEPEDA MOTOR	0,29
MOBIL	2,3
ANGKOT	2,1
TAKSI	2,8
MINIBUS	1,55
PICK UP	2
BIS	11,9

KATEGORI	NOx (g/km.kendaraan)
TRUK	17,7

Sumber : Permen LH No 12 Tahun 2010

Berikut adalah contoh perhitungan berdasarkan faktor EKR dan faktor koreksi dari derajat kejemuhan.

- Perhitungan beban emisi sepeda motor di Jalan Raya Rungkut pada pukul 07.00 – 07.10 WIB

Diketahui:

- a. Volume sepeda motor = 751 kendaraan/10menit
- b. Faktor koreksi = 1,02 (pagi)
- c. EKR = 0,25 (SM)
- d. Faktor emisi = 0,29 g/km.kendaraan
- e. Panjang jalan = 2,5 km

Perhitungan beban emisi :

$$\begin{aligned} Q &= a \times b \times c \times d \times e \\ &= 751 \times 1,02 \times 0,25 \times 0,29 \times 2,5 \\ &= 530,7 \text{ g/10menit} \\ &= 0,8845 \text{ g/s} \end{aligned}$$

- Perhitungan beban emisi mobil di Jalan Raya Rungkut pada pukul 12.00 – 12.10 WIB

Diketahui:

- a. Volume mobil = 521 kendaraan/10menit
- b. Faktor koreksi = 1,175 (siang)
- c. EKR = 1 (KR)
- d. Faktor emisi = 2,3 g/km.kendaraan
- e. Panjang jalan = 2,5 km

Perhitungan beban emisi :

$$\begin{aligned} Q &= a \times b \times c \times d \times e \\ &= 521 \times 1,175 \times 1 \times 2,3 \times 2,5 \\ &= 3025,708 \text{ g/10menit} \\ &= 5,042 \text{ g/s} \end{aligned}$$

- Perhitungan beban emisi truk 3 sumbu di Jalan Raya Rungkut pada pukul 16.50 – 17.00 WIB

Diketahui:

- f. Volume mobil = 1 kendaraan/10menit
- g. Faktor koreksi = 1,05 (sore)
- h. EKR = 1,2 (KB)

- i. Faktor emisi = 17,7 g/km.kendaraan  
j. Panjang jalan = 2,5 km

Perhitungan beban emisi :

$$\begin{aligned} Q &= a \times b \times c \times d \times e \\ &= 1 \times 1,05 \times 1,2 \times 17,7 \times 2,5 \\ &= 45,5775 \text{ g/10menit} \\ &= 0,075 \text{ g/s} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran. Dari keseluruhan data diambil rata rata beban emisi dari akumulasi tiap kendaraan dalam satuan detik untuk digunakan dalam perhitungan model. Berikut adalah hasil dari perhitungan beban emisi masing masing jalan.

**Tabel 4. 7Nilai Beban Emisi dari Jalan Awal**

No.	Nama Jalan	Beban Emisi (g/s)
1	Jl. Kertajaya	4,059
2	Jl. Ir.Soekarno	2,407
3	Jl. Rungkut	3,277
4	Tol Waru - Juanda	6,440

#### 4.3.2 Perhitungan Beban Emisi pada Jalan Berdasarkan Pendekatan

Pada penelitian ini ditambahkan beberapa jalan untuk mengoptimalkan model. Berdasarkan Pradipta dalam Assommadi (2016) terdapat beberapa jalan di Surabaya Timur yang dapat ditambahkan. Jalan yang digunakan juga termasuk jalan yang berada pada radius 5 km dari SUF-6.

Dengan bertambahnya jalan diharapkan mampu mengoptimalkan pengaplikasian model yang akan terbuat. Perhitungan beban emisi pada jalan tersebut dengan pendekatan dari rata rata kenaikan pada jalan yang memiliki data *traffic counting*. Berdasarkan rata rata peningkatan tersebut, dilakukan peningkatan beban emisi dari data penelitian sebelumnya. Nilai dari beban emisi ini yang akan digunakan sebagai data pelengkap untuk pengaplikasian model. Untuk Data keseluruhan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

#### **4.3.3 Faktor Harian**

Berdasarkan Assomadi (2016), faktor harian ditentukan berdasarkan perubahan volume kendaraan tiap 30 menit dalam sehari. Faktor ini akan berubah setiap 30 menit, sehingga nilai volume kendaraan tidak sama. Faktor ini digunakan dalam melakukan aplikasi model. Karena dengan adanya data harian maka dapat dicocokkan dengan data dari SUF-6 yang memiliki frekuensi 30 menit. Berikut adalah faktor harian yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 4. 8 Nilai dari faktor Harian**

Waktu (WIB)	Fh	Waktu (WIB)	Fh	Waktu (WIB)	Fh
<b>0:00</b>	0,02	<b>8:00</b>	1,65	<b>16:00</b>	1,61
<b>0:30</b>	0,01	<b>8:30</b>	1,81	<b>16:30</b>	1,66
<b>1:00</b>	0	<b>9:00</b>	1,73	<b>17:00</b>	1,77
<b>1:30</b>	0	<b>9:30</b>	1,61	<b>17:30</b>	1,88
<b>2:00</b>	0,01	<b>10:00</b>	1,56	<b>18:00</b>	1,91
<b>2:30</b>	0,02	<b>10:30</b>	1,54	<b>18:30</b>	1,83
<b>3:00</b>	0,02	<b>11:00</b>	1,51	<b>19:00</b>	1,68
<b>3:30</b>	0,04	<b>11:30</b>	1,51	<b>19:30</b>	1,54
<b>4:00</b>	0,06	<b>12:00</b>	1,54	<b>20:00</b>	1,39
<b>4:30</b>	0,07	<b>12:30</b>	1,54	<b>20:30</b>	1,23
<b>5:00</b>	0,08	<b>13:00</b>	1,53	<b>21:00</b>	1,08
<b>5:30</b>	0,11	<b>13:30</b>	1,55	<b>21:30</b>	0,68
<b>6:00</b>	0,35	<b>14:00</b>	1,59	<b>22:00</b>	0,3
<b>6:30</b>	0,64	<b>14:30</b>	1,6	<b>22:30</b>	0,11
<b>7:00</b>	1	<b>15:00</b>	1,59	<b>23:00</b>	0,08
<b>7:30</b>	1,34	<b>15:30</b>	1,59	<b>23:30</b>	0,04

Sumber : Assomadi (2016)

#### 4.3.4 Faktor Mingguan

Menurut Assomadi (2016), secara prinsip dalam penentuan faktor mingguan sama dengan penentuan faktor harian. Faktor ini juga yang akan digunakan dalam melakukan verifikasi aplikasi model dalam kurun waktu satu minggu. Berikut adalah nilai dari faktor mingguan yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 4. 9 Nilai dari Faktor Mingguan**

Hari	Fm
Minggu	0,510386
Senin	0,889345
Selasa	0,995846
Rabu	0,967392
Kamis	1,023405
Jumat	1,04424
Sabtu	1,079771

Sumber : Assomadi (2016)

#### 4.4 Aplikasi Model

Dalam aplikasi model terbangun, dibuat input dan output model menggunakan program excel yang akan dimasukkan kedalam aplikasi MATLAB. Berikut ini merupakan data data yang menjadi input dan output pada program excel.

##### A. Input Data Fisik

Data pada tabel ini merupakan data masukan dalam perhitungan model dispersi. Data masukan pada tabel ini merupakan data fisik dari atmosfer, wilayah serta ketinggian reseptor dan sumber emisi.

##### Input Data Atmosfer

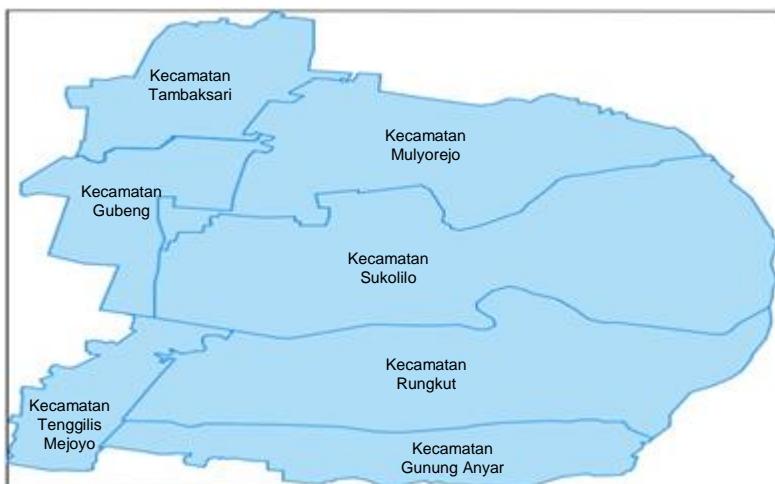
1	Koefisien dispersi horizontal	Dy	200	m <sup>2</sup> /s
2	Koefisien dispersi vertikal	Dz	400	m <sup>2</sup> /s
3	Suhu Ambien	T <sub>0</sub>	30	C

<b>4</b>	Parameter	NO2	Oksida Nitrogen
<b>Pengaturan Model</b>			
<b>1</b>	Tanggal dimulai	01/09/2017	0:30
<b>2</b>	Interval	0,5	hour
<b>3</b>	GRID	300	n x n
<b>Penentuan Area Model</b>			
<b>1</b>	X Min	112,739	BT
<b>2</b>	X Max	112,850	BT
<b>3</b>	Y Min	7,347	LS
<b>4</b>	Y Max	7,231	LS
<b>5</b>	Nama Wilayah	Surabaya Timur	
<b>Input Data untuk Model</b>			
<b>1</b>	Ketinggian Sumber	He	0,400 M
<b>2</b>	Ketinggian Reseptor	Rec	1,7 m

### C. Input Data NO<sub>2</sub> dari SUF-6

Date, time	Konsentrasi SUF terukur	Date, time	Konsentrasi SUF terukur
01/09/2017 0:30	0,0	01/09/2017 6:30	0,0
01/09/2017 1:00	0,0	01/09/2017 7:00	0,0
01/09/2017 1:30	0,0	01/09/2017 7:30	0,0
01/09/2017 2:00	0,0	01/09/2017 8:00	0,0
01/09/2017 2:30	0,0	01/09/2017 8:30	0,0
01/09/2017 3:00	0,0	01/09/2017 9:00	8,9
01/09/2017 3:30	0,0	01/09/2017 9:30	42,4
01/09/2017 4:00	0,0	01/09/2017 10:00	45,2

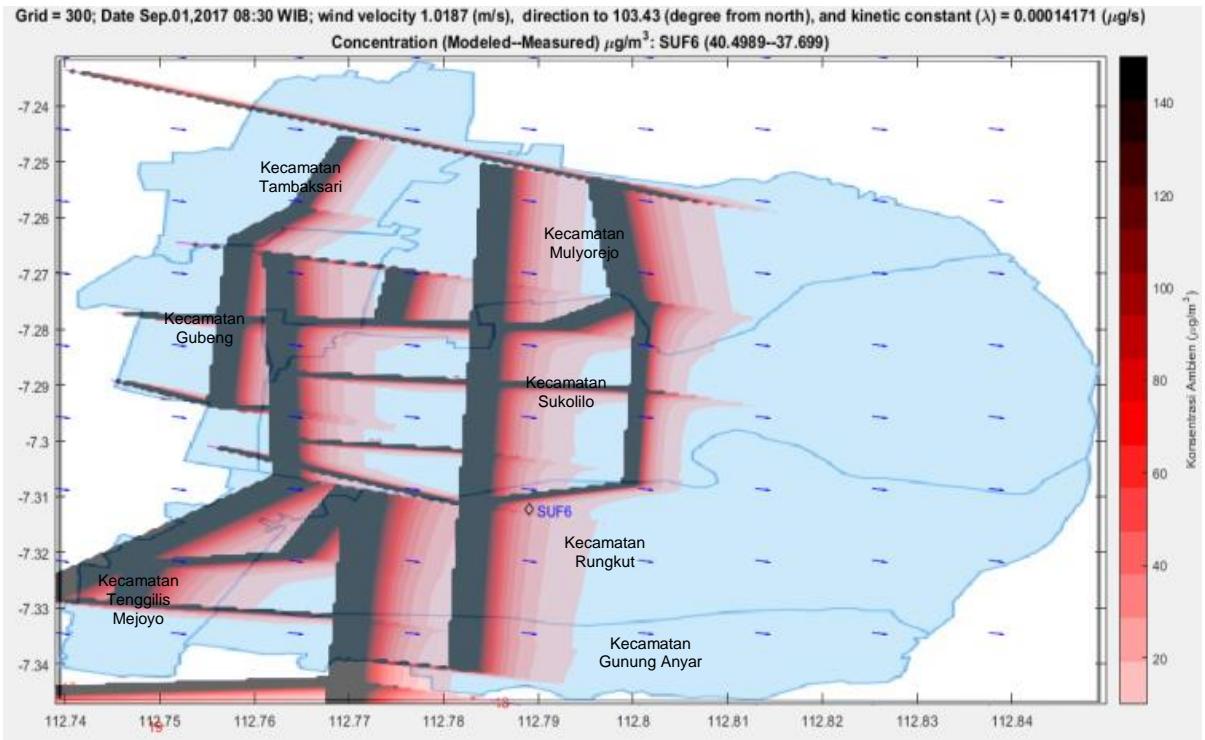
<b>01/09/2017</b>	0,0	<b>01/09/2017</b>	60,9
4:30		10:30	
<b>01/09/2017</b>	0,0	<b>01/09/2017</b>	25,3
5:00		11:00	
<b>01/09/2017</b>	0,0	<b>01/09/2017</b>	1,8
5:30		11:30	
<b>01/09/2017</b>	0,0	<b>01/09/2017</b>	20,5
6:00		12:00	



**Gambar 4 7 Peta Administratif sederhana Wilayah Surabaya Timur**

#### **4.5 Hasil dari Penggunaan Script**

Hasil dari *script* MATLAB tersebut berupa gambar pola dispersi pencemar udara dari sumber garis. Reseptor mendapatkan data hasil permodelan yang akan diverifikasi dengan nilai RMSE dan nilai R. Berikut adalah salah satu contoh dari hasil aplikasi MATLAB.



Gambar 4.8 Contoh Pola Dispersi Hasil Permodelan menggunakan MATLAB

Gambar 4.10 merupakan salah satu contoh dari pola disperse hasil dari permodelan menggunakan MATLAB. Dapat dilihat pada bagian atas, terdapat keterangan dari gambar tersebut. Keterangan yang dimaksud adalah

- a. Jumlah grid

Jumlah grid pada gambar ini menunjukkan jumlah titik yang digunakan pada sumbu x dan sumbu y. Pada penelitian ini digunakan jumlah grid sebanyak 300 yang artinya jumlah titik pada gambar adalah 300x300.

- b. Waktu

Waktu yang terdapat pada gambar merupakan waktu dari data model yang digunakan. Pada keterangan waktu ini ditampilkan tanggal dan jam penggunaan data. Pada tahap verifikasi data digunakan data selama 1 minggu dengan interval 30 menit.

- c. Kecepatan dan arah angin

Kecepatan dan arah angin pada gambar berasal dari data yang sesuai dengan tampilan waktu. Kecepatan pada permodelan ini berpengaruh terhadap jangkauan persebaran pencemar dari sumber emisi. Sedangkan untuk arah angin berpengaruh terhadap arah dari persebaran pencemar dari sumber emisi.

- d. Konstanta kinetika

Pada penelitian ini, pencemar  $\text{NO}_x$  yang merupakan pencemar non-konservatif digunakan konstanta kinetika dalam pembuatan model. Pada gambar tersebut ditunjukkan nilai dari konstanta kinetika yang digunakan sesuai dengan tampilan waktu.

- e. Konsentrasi

Terdapat 2 konsentrasi yang ditampilkan pada gambar ini, yaitu konsentrasi hasil permodelan dan konsentrasi terpantau. Konsentrasi hasil permodelan merupakan konsentrasi hasil permodelan pada titik reseptor yang sama dengan SUF-6. Sedangkan konsentrasi terpantau merupakan data konsentrasi yang telah terpantau oleh pada SUF. Dari kedua nilai inilah akan dihasilkan nilai RMSE dan Kolerasi pada tahap verifikasi.

f. Koordinat

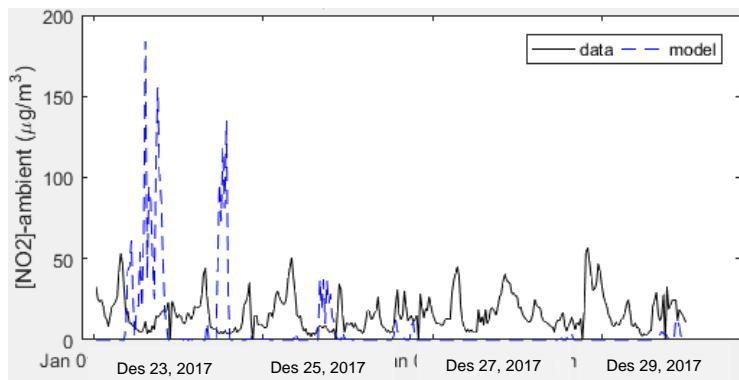
Sumbu X pada gambar tersebut merupakan nilai dari garis bujur dan untuk Sumbu Y adalah nilai dari garis lintang.

g. Isi

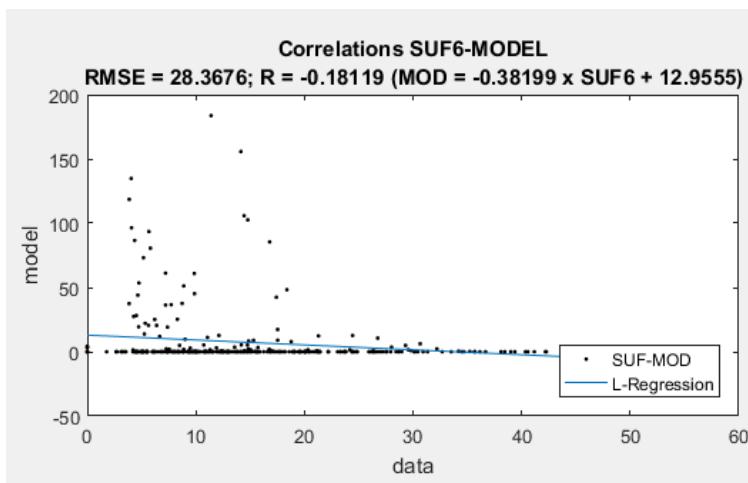
Isi dari gambar tersebut adalah

- Peta yang digunakan dalam pembuatan model yang merepresentasikan wilayah Surabaya Timur.
- Jalan sesuai dengan koordinat awal dan akhir dari sumbu Y dan sumbu X.
- Posisi reseptor yaitu SUF-6.
- Arah angin berdasarkan data yang diperoleh.
- Bentuk pola persebaran pencemar dari sumber garis.
- Pada sisi sebelah kanan merupakan skala dari nilai konsentrasi pencemar pada udara ambien.

Setelah proses dari penggunaan MATLAB berakhir, akan muncul grafik dari perhitungan nilai RMSE dan nilai Korelasi. Berikut adalah hasil dari nilai RMSE dan nilai Korelasi untuk musim kemarau dan musim penghujan.

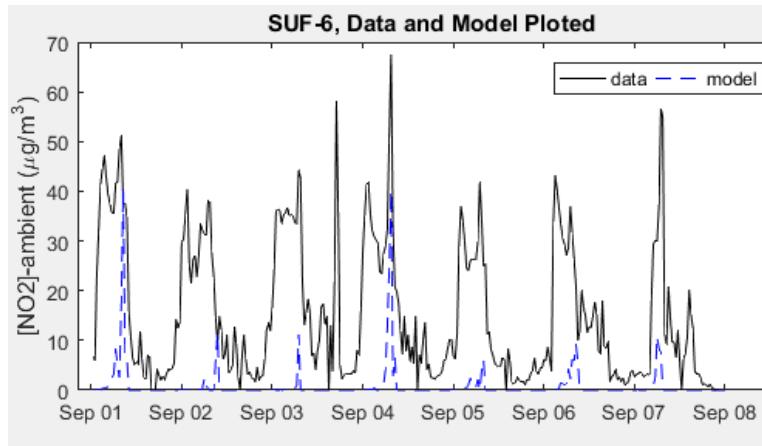


**Gambar 4 9 Hasil Permodelan dan Data SUF dalam bentuk Grafik pada Musim Penghujan**  
Sumber : Hasil Perhitungan



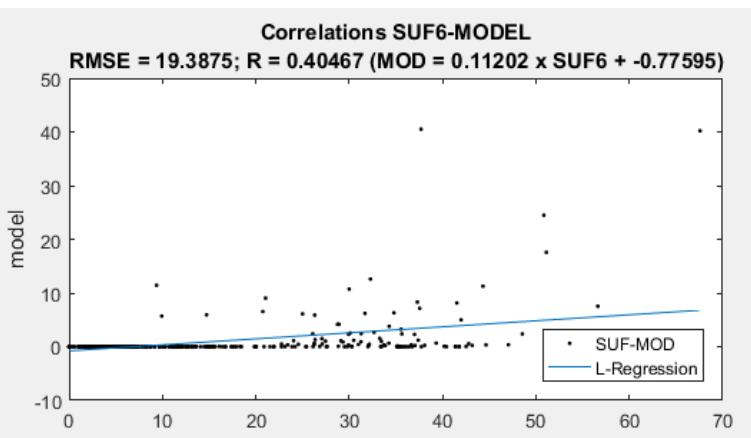
**Gambar 4 10 Nilai Korelasi dan Nilai RMSE dari Hasil Permodelan pada Musim Penghujan**

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 4 11 Hasil Permodelan dan Data SUF dalam bentuk Grafik pada Musim Kemarau**

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 4 12Nilai Korelasi dan Nilai RMSE dari Hasil Permodelan pada Musim Kemarau**

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada gambar 4.11 dan 4.13 menunjukkan hasil dari permodelan NO<sub>2</sub> dengan hasil konsentrasi yang terukur pada SUF-6. Pada gambar 4.12 dan 4.14 menunjukkan nilai dari RMSE dan kolerasi dari model yang telah terbuat. Hasil RMSE untuk musim penghujan adalah 28,3676 sedangkan untuk musim kemarau adalah 19,3875. Hasil yang diharapkan dari nilai RMSE adalah 14,2. Hal ini dikarenakan persebaran data masih luas sehingga nilai *error* dari hasil tersebut masih tinggi. Perlu dilakukan kalibrasi kembali pada persamaan untuk membuat nilai yang optimal.

Hasil kolerasi untuk musim penghujan adalah -0,18119 dan untuk musim kemarau adalah 0,40467. Hasil dari nilai korelasi yang diharapkan adalah 0,572. Pada hasil diatas didapatkan nilai negatif karena data pada yang dihasilkan relatif turun. Nilai yang tidak mencapai target dapat dikarenakan sumber dari emisi dari kendaraan hanya menyumbang 40% dari keseluruhan pencemaran yang terjadi. Untuk nilai yang masih belum mencapai target dibutuhkan kalibrasi kembali pada persamaan.

#### **4.6 Pembuatan Skenario**

Pada tahapan ini digunakan skenario berdasarkan 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Masing masing musim dipilih 3 skala kecepatan angin berdasarkan skala Beaufort dengan 8 arah mata angin. Masing masing dari arah mata angin akan dimodelkan dan diakumulasi untuk pembentukan model berdasarkan skenario. Data yang digunakan berupa data arah dan kecepatan angin BMKG stasiun Juanda.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengelompokkan data ke dalam 8 arah mata angin. Pengelompokan data arah angin berdasarkan ketentuan berikut :

**Tabel 4. 10 Pengelompokan 8 arah mata angin**

Arah	° N
Utara	337,5-22,5
Timur Laut	22,5-67,5
Timur	67,5-112,5
Tenggara	112,5-157,5
Selatan	157,5-202,5
Barat Daya	202,4-247,5
Barat	247,5-292,5
Barat Laut	292,5-337,5

Berdasarkan ketentuan diatas maka diperoleh hasil pengelempokan pada kedua musim yaitu sebagai berikut pada tabel 4.12 Selanjutnya data tersebut dihitung nilai rata-ratanya pada masing-masing arah. Kemudian data digolongkan kembali berdasarkan kecepatan angin pada skala *Beaufort* yang dapat dilihat pada Tabel 4.12

**Tabel 4. 11 Pengelompokan Data Meteorologi ke dalam 8 Arah Mata Angin**

Utara		Timur Laut		Timur		Tenggara		Selatan		Barat Daya		Barat		Barat Laut	
Arah (°N)	V (m/s)														
10	0	30	3	70	2	120	2	160	3	210	2	250	2	300	2
10	0	30	3	70	3	120	2	160	3	210	2	250	2	300	2
20	0	30	3	70	3	120	3	160	3	210	2	250	2	300	2
20	0	30	3	70	3	120	3	160	3	210	3	250	2	300	2
340	0	40	3	70	3	120	3	160	3	210	3	250	2	300	3
340	2	40	3	70	3	120	3	160	3	210	3	250	2	300	3
340	3	40	3	70	3	120	3	160	3	210	3	250	3	300	3
350	5	40	3	70	3	120	3	160	3	210	3	250	3	300	3
360	5	40	3	70	3	120	3	160	3	210	3	250	3	300	3
360	5	40	4	70	4	120	4	160	3	210	3	250	3	300	3
360	6	50	5	70	4	120	4	160	3	210	3	250	3	300	3
360	8	50	5	70	4	120	5	160	5	210	3	250	3	300	3
360	9	50	5	70	4	120	5	160	5	210	3	250	3	300	3
360	10	50	5	70	4	120	5	160	5	210	3	250	3	300	3
360	10	50	5	70	5	120	5	160	5	220	3	250	3	300	3

**Tabel 4. 12 Skala Beaufort**

<b>Skala Beaufort</b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Kecepatan Angin (M/S)</b>	<b>Tinggi Gelombang (M)</b>
1	Tenang	0-0,3	0
2	Sedikit tenang	0,3-1,5	0-0,2
3	Sedikit hembusan angin	1,5-3,3	0,2-0,5
4	Hembusan angin pelan	3,3-5,5	0,5-1
5	Hembusan angin sedang	5,5-8	1-2
6	sejuk	8-10,8	2-3
7	Hembusan angin kuat	10,8-13,9	3-4
8	Mendekati kencang	13,9-17,2	4-5,5
9	Kencang	17,2-20,7	5,5-7,5
10	Kencang sekali	20,7-24,5	7,5-10
11	Badai	24,5-28,4	10-12,5
12	Badai dahsyat	28,4-32,6	12,5-16
13	Badai topan	>32,6	>16

Sumber : Stewart, 2008

Hasil perhitungan rata-rata dan pengelompokan data dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut:

**Tabel 4. 13 rata-rata kecepatan angin pada masing-masing arah di musim kemarau dan hujan**

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

Arah	Kecepatan Angin (m/det)					
	Kemarau			Hujan		
	3	4	5	3	4	5
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 : Hasil Perhitungan

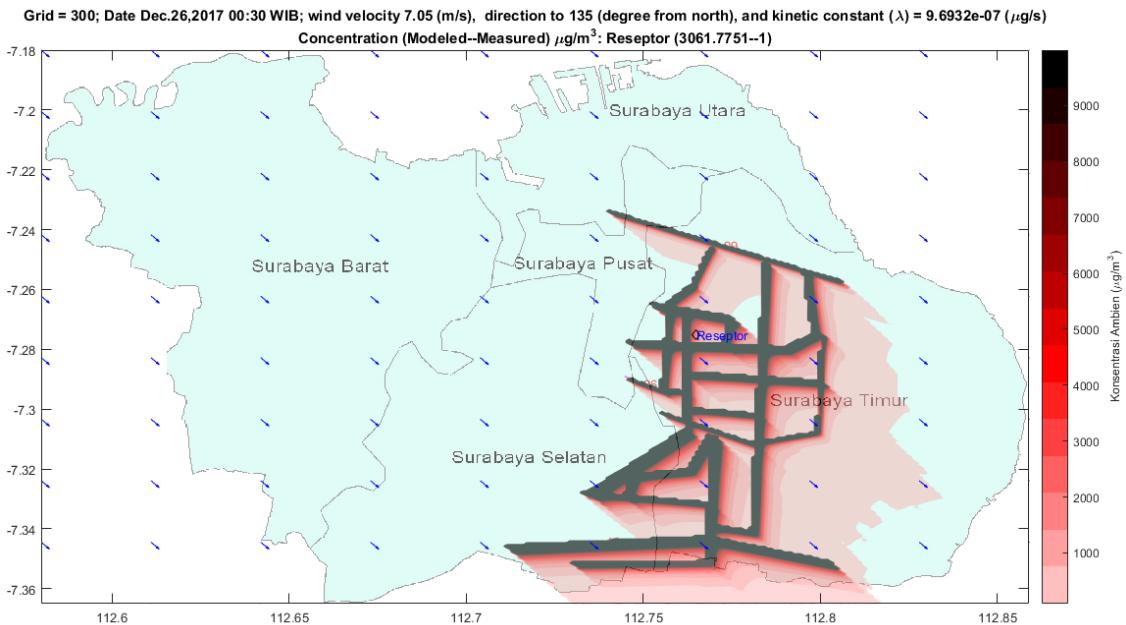
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin di kota Surabaya dapat dikategorikan pada skala 3 yaitu sedikit hembusan angin, skala 4 hembusan angin pelan, dan skala 5 hembusan angin sedang/sejuk. Selanjutnya, kondisi ini menjadi input pada model untuk menghitung dispersi dan pola persebarannya.

#### 4.7 Penentuan Lokasi dan Konsentrasi Penerima Terburuk

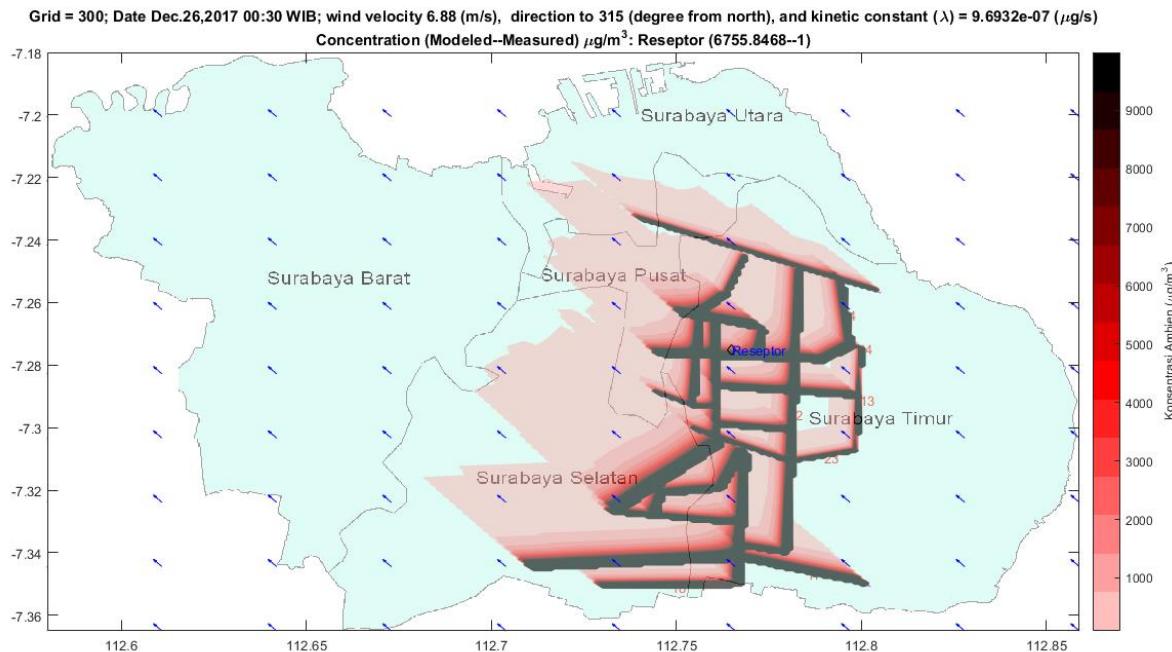
Pola dispersi yang dibentuk dipilih pada kondisi konsentrasi NO<sub>x</sub> terburuk. Kondisi terburuk terjadi pada tanggal 1 April 2017 pukul 18.00 WIB di musim kemarau dan pada tanggal 26 Desember 2017 pukul 18.00 WIB di musim hujan. Pemilihan waktu terburuk ini didasarkan pada faktor skala terbesar dimana faktor skala terbesar bernilai 2,295.

Selanjutnya, dibuat model dari masing masing arah, kecepatan dan musim. Dari masing masing kecepatan angin dan musim akan dibuat model dengan menyatukan model dari kedelapan arah mata angin. Lokasi penerima pencemar yang tertinggi akan didapatkan dari model tersebut melalui skenario kondisi terburuk.

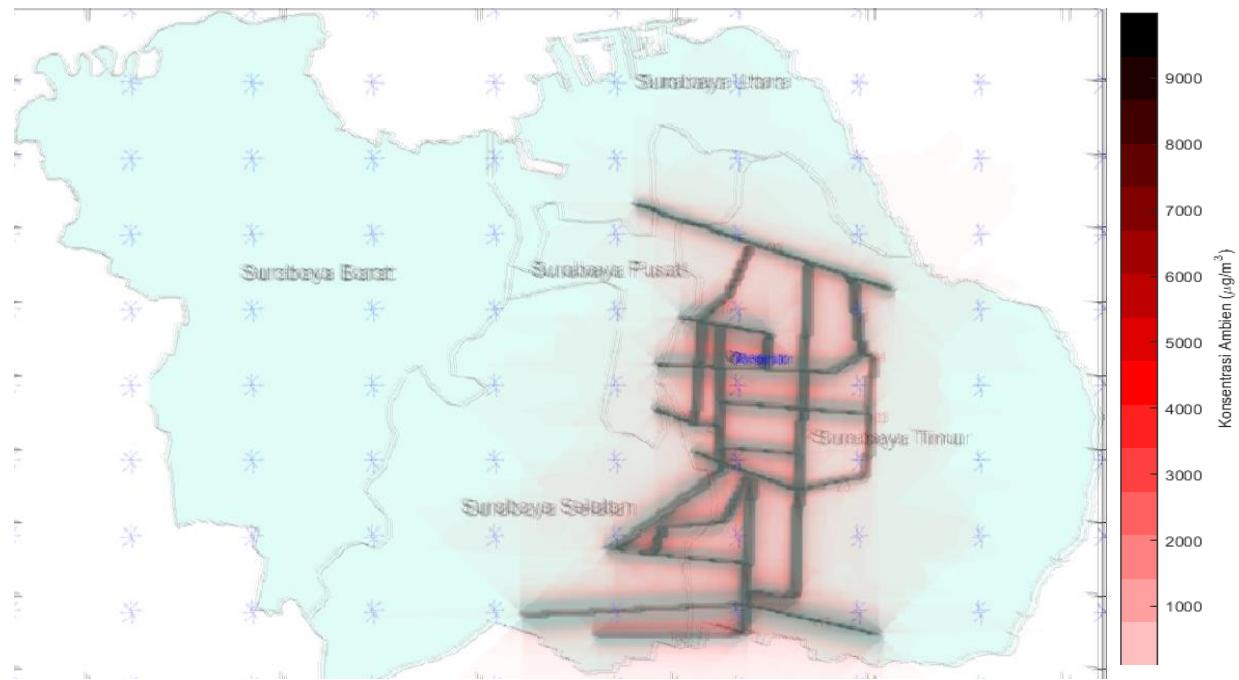
Pada pembuatan kali ini, batas bawah yang digunakan merupakan baku mutu udara ambien menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur nomer 10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Sumber Emisi Tidak Bergerak di Jawa Timur. Baku mutu udara ambien untuk NO<sub>x</sub> yakni sebesar 92,5 ug/m<sup>3</sup>. Pada gambar berikut ini terbentuk model untuk udara ambien yang memiliki konsentrasi NO<sub>x</sub> melebihi baku mutu. Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.



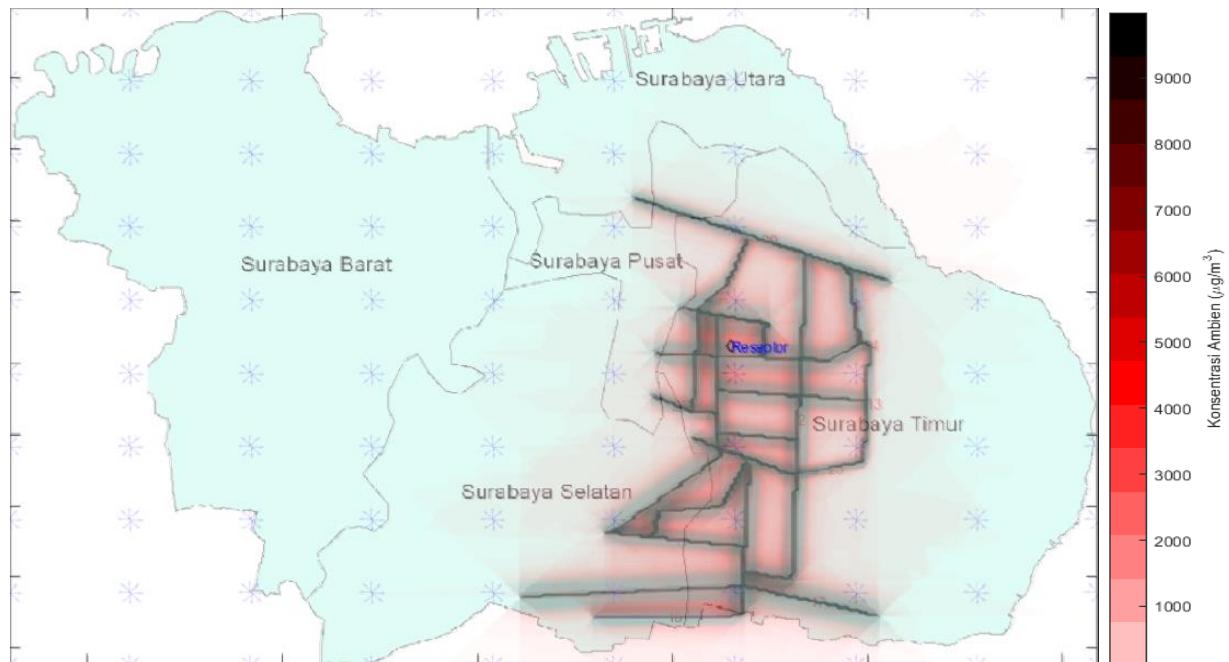
**Gambar 4 13 Pola Dispersi Pencemar  $\text{NO}_x$  pada arah Tenggara dengan skala kecepatan 5 di musim penghujan**



**Gambar 4 14 Pola Dispersi Pencemar  $\text{NO}_x$  pada arah Barat Laut dengan skala kecepatan 5 di musim Kemarau**



**Gambar 4 15 Model Dispersi 8 arah dengan skala 5 pada musim Kemarau**



**Gambar 4 16 Model Dispersi 8 arah dengan skala 5 pada musim Penghujan**

Gambar 4.17 dan 4.18 merupakan hasil dari *overlay* model dengan 8 arah mata angin. Bagian yang berwarna kemerahan merupakan permodelan terhadap persebaran gas pencemar NO<sub>x</sub>. Pada bagian yang berwarna kehitaman menunjukkan semakin tingginya konsentrasi NO<sub>x</sub> pada wilayah tersebut. Sementara pada bagian yang lain, hasil dari persebaran pencemar berada dibawah baku mutu udara ambien.

Pada kedua model tersebut dipilih bagian utara dari Jalan Kertajaya sebagai lokasi potensi penerima pencemar terbesar. Jalan Kertajaya berpotensi menerima pencemar dari kedelapan arah secara maksimum menjadi titik reseptor. Berikut adalah hasil dari perhitungan jarak terjauh untuk dispersi yang melebihi baku mutu udara ambien.

**Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran Jarak pada Hasil Model**

Arah	Jarak Terjauh dari Jalan (m)	
	Musim Kemarau	Musim Penghujan
Utara	5268	5154
Timur Laut	4924	4837
Timur	5660	5585
Tenggara	4694	4730
Selatan	2347	2412
Barat Daya	4372	5266
Barat	5752	5141
Barat Laut	6148	5762
Rata Rata	4895	4860

Pada Tabel tersebut didapatkan rata rata untuk jarak dispersi dari jalan adalah sebesar 4895 m untuk musim kemarau dan 4860 m untuk musim penghujan. Pada arah selatan menunjukkan nilai yang lebih kecil dikarenakan peta yang digunakan masih terpotong pada bagian selatan. Jarak yang ditampilkan disini merupakan jarak dimana konsentrasi udara ambien berada di bawah baku mutu menurut model.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari Penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Beban Emisi  $\text{NO}_x$  tertinggi berada pada Jalan Tol Waru-Juanda sebesar 6,44 g/s. Beban emisi yang tinggi dapat disebabkan oleh aktivitas mobil dan truk serta pengaruh dari panjang jalan yaitu 12,8 km. Besaran faktor emisi mobil dan truk adalah 2,3 g/km dan 17,7 g/km.
2. Pola persebaran emisi Untuk musim kemarau lebih cenderung mengarah ke Barat Laut. Sedangkan untuk musim penghujan lebih cenderung mengarah ke Tenggara. Hasil tersebut didapatkan dari pembuatan *windrose*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya angin muson yang mempengaruhi kecenderungan arah persebaran emisi.
3. Estimasi lokasi penerima akumulasi emisi terbesar berada pada area sekitar Jalan Kertajaya. Untuk rata rata jarak penerima emisi dari jalan adalah sebesar 4895 m pada musim kemarau dan 4860 m pada musim penghujan. Jarak tersebut merupakan jarak dimana konsentrasi udara ambien berada baku mutu udara ambien menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur nomer 10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Sumber Emisi Tidak Bergerak di Jawa Timur. Baku mutu udara ambien untuk  $\text{NO}_x$  yakni sebesar  $92,5 \text{ ug/m}^3$

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap nilai input yang digunakan dalam model untuk mendapatkan model yang optimal pada wilayah Surabaya Timur.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait perhitungan beban emisi meliputi sumber titik, sumber garis dan sumber area agar memperoleh hasil model yang optimal untuk wilayah Surabaya Timur

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## Daftar Pustaka

- Anggraeni, D. 2012. "Pola Keruangan Emisi Karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Provinsi Banten". Jakarta : FMIPA UI
- Assomadi, A.F. 2016. "Pendekatan Baru Model Distribusi Pencemar di Atmosfer Perkotaan". Disertasi, Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Assomadi, A.F., Widodo, B., dan Hermana, J. 2016. "The kinetic approach of NO<sub>x</sub> photoreaction related to ground measurement of solar radiation in estimates of surface ozone concentration." **International Journal of ChemTech Research** 9, 182-190.
- Banerjee, T., Barman, S.C., Srivastava, R.K. 2011. "Application of Air Pollution Dispersion Modelling for Source-Contibution Assessment and Model Performance Evaluation at Integrated Industrial Estate-Pantnagar". **Environmental Pollution** 159 : 865 – 875.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia ( MKJI). Bina Karya . Jakarta.
- Fadholi, A. 2013. "Analisis Data Arah dan Kecepatan Angin Landas Pacu (Runaway) Menggunakan Aplikasi Windrose Plot (WRPLOT)". *Jurnal Ilmu Komputer Vol 9 No 2. Stasiun Meteorologi Pangkalpinang*
- Han, S.Q., Bian, H., Tie, X.X., Xie, Y.Y., Sun, M.L., Liu, A.X. 2009. "Impact of Nocturnal Planetary Boundary Layer on Urban Air Pollutants: Measurements from a 250-m Tower over Tianjin, China". **J. Hazard.Mater.** 162: 264–269
- Han, S., Bian, H., Feng, Y., Liu, A., Li, X., Zeng, F., Zhang, X. 2011."Analysis of the Relationship between O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub> in Tianjin, China". **Aerosol and Air Quality Research** 11 : 128-139
- Hassan Hasnah, Singh,M.P., Gribben, R.J., Srivastava, L.M., Radovic, M., Latif Azahar (2000),"Application of a line source air quality model to the study of traffic carbon monoxide in Brunei Darussalam". **ASEAN Journal on Science and Technology for Development**, Vol. 17 No 1.

- Holzbecher, E. 2012. "Environmental Modeling Using Matlab". Berlin : Springer.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. Peraturan Menteri Lingkungan No. 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.
- Kenty, K.L., Poor, N.D., Kronmiller, K.G., McClenny, W., King, K., Atkeson, T., Campbell, S.W. 2007."Application of CALINE4 to Roadside NO/NO<sub>2</sub> Transformations". *Atmos. Environ.* 41: 4270–4280.
- Lakes Environmetntal. 2011,."WRPLOT View". Wind Rose Plots for Meteorological Data, Ontario, Kanada.
- Martono. "Identifikasi Sumber Emisi dan Perhitungan Beban Emisi". Forum Teknologi Vol 6 No 2
- Mbele, F.B.M. dan Setiawan R.P. 2015. "Kriteria Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Publik Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Malang". Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Nauli, T. 2002. "Pola Sebaran Polutan dari Cerobong Asap". Bandung : Puslit Informatika – LIPI
- Prayudi, Teguh. 2003. "Dampak Industri Pengecoran logam Terhadap Kualitas Gas NO<sub>x</sub> dalam Udara Ambien di Daerah Ceper". Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi:Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Pohan, Nurhasmawaty. 2002. "Pencemaran udara dan hujan asam". USU Digital Library. , 1-14
- Purwoharjo, Umaryono U. 1986. "Ilmu Ukur Tanah". Diktat Kuliah FTSP-ITB. Bandung
- Putut, E., Widodo, B. 2011. "Simulasi Model Dispersi Polutan Karbon Monoksida di Pintu Masuk Tol (Studi Kasus Line Source Di Ruas Tol Dupak, Surabaya)". Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Rahmawati, F. 2003. "Aplikasi Model Dispersi Gauss untuk Menduga Pencemaran Udara Kawasan Industri". Bogor : Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
- Rani, B., Singh, U., Chuhan, A.K., Sharma, D., Maheshwari, R. 2011."Photochemical Smog Pollution and Its Mitigation

Measures".**Journal of Advanced Scientific Research** 2, 4 : 28-33

- Rijaluzzaman., Ismoyo, B.R. 1994. "Kamus Istilah Lingkungan". Jakarta. Bina Rena Pariwara
- Rivai, A., Patana, P. dan Latifah, S. 2016. "Pendugaan Emisi CO<sub>2</sub> dan Kebutuhan O<sub>2</sub> Serta Daya Serap CO<sub>2</sub> dan Penghasil O<sub>2</sub> Pada Taman Kota dan Jalur Hijau di Kota Medan". Universitas Sumatera Utara
- Saepudin, A., dan Admono, T. 2005. "Kajian Pencematan Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta". **Jurnal Teknologi Indonesia** 28 (2). 2005.
- Tugaswati, T. 2007. "Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan".
- Vesilind, P.A., Peirce, J.J. and Weiner, R. F. 1994. Environmental Engineering, Butterworth Heinemann. 3rd Ed.
- Visscher, A. 2014. Air Dispersion Modeling. New Jersey : John Wiley & Sons Inc
- Wardhana, W.A. 2004. "Dampak Pencemaran Lingkungan". Cetakan Keempat. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- Widowati dan Sutoyo. 2009. "Upaya Mengurangi Penipisan Lapisan Ozon. Buana Sains Vol 9 No 2: 141-146. PS Budidaya Pertanian Fak. Pertanian Universitas Tribhuana Tunggadewi.
- Yuliastuti, A. 2008. "Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Kota Semarang". Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran

### Lampiran 1 konsentrasi NO<sub>2</sub>

Tanggal 1-7 September 2017 di SUF-6 dengan satuan ug/m<sup>3</sup>

September	1	2	3	4	5	6	7
<b>0:30</b>	6,88	30,30	24,21	35,22	6,36	5,91	3,08
<b>1:00</b>	5,88	35,44	35,94	41,36	11,32	8,66	3,30
<b>1:30</b>	23,11	40,42	36,43	41,79	28,85	6,42	3,65
<b>2:00</b>	32,02	25,35	36,15	35,35	37,06	3,98	3,21
<b>2:30</b>	41,43	21,53	33,46	32,08	34,26	33,86	2,66
<b>3:00</b>	44,66	26,13	35,23	30,99	29,93	43,18	2,91
<b>3:30</b>	47,05	27,11	35,51	30,25	24,56	40,17	3,23
<b>4:00</b>	42,80	22,75	36,76	29,49	24,05	36,65	3,06
<b>4:30</b>	39,32	26,85	35,09	23,87	26,10	33,27	18,29
<b>5:00</b>	37,40	33,37	35,26	23,41	26,35	30,48	29,33
<b>5:30</b>	35,64	32,16	35,17	27,46	26,25	29,11	30,12
<b>6:00</b>	35,56	31,29	33,71	28,91	26,26	27,08	30,00
<b>6:30</b>	41,53	31,26	33,44	32,28	29,94	28,75	37,30
<b>7:00</b>	41,99	38,08	44,33	50,85	41,78	37,00	56,63
<b>7:30</b>	48,55	37,73	42,52	67,57	34,29	31,69	54,74
<b>8:00</b>	51,12	27,55	21,95	32,66	25,01	26,31	11,19
<b>8:30</b>	37,70	22,75	13,09	20,75	25,43	21,05	9,17
<b>9:00</b>	37,55	14,73	15,47	19,84	11,26	9,93	20,88
<b>9:30</b>	34,79	9,37	18,46	17,52	11,59	11,68	14,45
<b>10:00</b>	15,65	14,78	15,43	11,89	8,13	20,05	9,74
<b>10:30</b>	10,85	12,23	7,05	7,21	7,02	16,76	9,64
<b>11:00</b>	6,50	6,22	7,45	14,69	5,46	14,99	6,48
<b>11:30</b>	5,15	7,36	4,11	7,80	4,91	11,46	11,89
<b>12:00</b>	5,78	10,97	8,02	11,18	4,67	12,77	5,74

<b>12:30</b>	5,09	3,37	10,06	5,75	4,76	12,65	0,00
<b>September</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>13:00</b>	11,69	4,03	16,73	8,76	6,60	14,96	6,26
<b>13:30</b>	6,20	5,08	17,35	5,29	6,02	17,76	7,37
<b>14:00</b>	2,38	12,74	13,19	14,92	0,00	15,28	10,65
<b>14:30</b>	2,36	9,15	14,74	0,00	8,32	7,72	19,99
<b>15:00</b>	7,01	2,54	0,00	7,16	5,92	7,26	15,14
<b>15:30</b>	6,74	0,00	13,11	5,54	1,48	17,90	12,50
<b>16:00</b>	0,00	6,82	3,68	10,25	1,17	8,74	3,69
<b>16:30</b>	0,00	11,13	21,92	13,54	1,67	8,40	3,24
<b>17:00</b>	0,00	6,24	58,00	4,02	2,54	9,75	3,35
<b>17:30</b>	4,11	3,21	35,74	5,24	1,87	1,82	2,59
<b>18:00</b>	2,96	3,59	4,85	2,60	1,64	2,66	1,08
<b>18:30</b>	2,03	2,51	2,24	2,47	1,77	3,16	1,27
<b>19:00</b>	2,80	2,34	3,03	2,21	0,99	4,20	1,09
<b>19:30</b>	2,10	1,67	3,17	2,59	2,16	2,19	0,56
<b>20:00</b>	3,28	4,58	3,24	2,95	1,99	2,51	1,18
<b>20:30</b>	4,28	1,99	3,22	3,09	3,47	1,77	0,53
<b>21:00</b>	3,94	2,79	3,30	3,85	4,00	2,40	0,28
<b>21:30</b>	4,40	2,91	3,88	5,89	6,45	1,02	0,00
<b>22:00</b>	5,50	6,28	3,46	6,35	3,82	1,32	0,05
<b>22:30</b>	14,07	12,10	8,09	8,28	3,14	1,91	0,00
<b>23:00</b>	12,54	13,43	6,97	10,23	4,42	3,64	0,00
<b>23:30</b>	13,65	12,05	16,08	10,26	4,48	3,89	0,00
<b>24:00</b>	29,80	16,40	27,65	6,72	6,06	2,70	0,00
<b>Minimum</b>	2,03	1,67	2,24	2,21	0,99	1,02	0,00
<b>Mean</b>	19,46	15,59	19,96	17,50	12,67	14,52	10,03
<b>Maksimum</b>	51,12	40,42	58,00	67,57	41,78	43,18	56,63

Lampiran konsentrasi NO<sub>2</sub> tanggal 23-29 Desember 2017 di SUF-6 dengan satuan ug/m<sup>3</sup>

<b>Desemb er</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
<b>0:30</b>	32,69	14,71	7,27	9,32	12,93	19,43	27,17
<b>1:00</b>	24,86	11,47	8,36	10,85	10,11	20,11	23,05
<b>1:30</b>	23,80	9,52	15,88	7,38	10,06	15,69	20,11
<b>2:00</b>	24,37	11,95	17,19	9,83	9,79	14,02	14,72
<b>2:30</b>	21,39	16,77	13,77	7,34	8,79	12,42	12,99
<b>3:00</b>	14,45	14,95	19,11	5,50	9,22	11,42	8,86
<b>3:30</b>	12,52	12,55	27,58	6,18	12,29	10,86	8,26
<b>4:00</b>	8,54	15,56	30,13	4,21	12,84	12,54	10,69
<b>4:30</b>	14,35	20,51	26,53	4,96	12,92	16,91	9,64
<b>5:00</b>	20,38	19,68	23,63	10,89	13,09	24,82	9,51
<b>5:30</b>	21,24	20,06	22,22	17,88	28,96	21,17	12,14
<b>6:00</b>	23,69	20,77	22,18	17,79	36,17	19,96	12,91
<b>6:30</b>	25,94	27,48	26,02	12,69	41,17	19,57	16,24
<b>7:00</b>	42,28	40,57	38,10	13,32	44,87	14,14	21,43
<b>7:30</b>	53,25	43,74	44,87	16,59	39,38	11,55	24,46
<b>8:00</b>	46,83	26,75	50,35	17,60	20,02	11,20	18,13
<b>8:30</b>	30,16	15,68	38,45	26,25	11,17	10,10	8,90
<b>9:00</b>	15,31	7,55	29,31	14,77	7,46	9,64	8,39
<b>9:30</b>	17,41	7,28	15,05	9,38	5,16	7,99	10,09
<b>10:00</b>	9,88	6,83	13,77	7,93	6,18	8,05	7,45
<b>10:30</b>	9,86	7,06	14,44	6,71	5,00	5,05	7,41
<b>11:00</b>	8,30	4,66	8,41	5,13	6,12	10,01	3,56
<b>11:30</b>	8,89	4,08	5,48	5,52	5,08	12,12	2,65
<b>12:00</b>	6,39	5,18	6,91	4,45	5,26	11,91	3,48
<b>12:30</b>	5,64	3,87	2,73	4,94	4,60	14,51	3,27

<b>13:00</b>	4,76	5,82	4,60	9,48	18,59	16,89	3,22
<b>13:30</b>	4,73	4,05	1,79	21,30	10,40	8,83	5,16
<b>14:00</b>	7,21	4,28	4,73	30,66	14,19	5,45	5,53
<b>14:30</b>	11,41	4,37	3,09	15,61	9,36	8,50	20,32
<b>15:00</b>	3,85	4,36	4,58	12,38	18,88	10,73	24,19
<b>15:30</b>	5,68	5,50	8,11	15,40	9,85	13,57	29,57
<b>16:00</b>	4,36	7,79	8,74	29,80	12,95	10,31	15,73
<b>16:30</b>	8,89	4,51	7,39	20,13	19,10	5,98	11,90
<b>17:00</b>	6,21	6,05	7,73	11,62	19,57	10,74	14,19
<b>17:30</b>	14,45	6,42	9,01	13,83	17,62	9,29	28,03
<b>18:00</b>	14,15	11,01	7,21	14,86	15,18	13,10	0,00
<b>18:30</b>	14,79	21,26	5,34	11,07	20,43	0,00	32,20
<b>19:00</b>	16,80	23,27	4,52	12,29	26,31	17,32	19,03
<b>19:30</b>	18,39	26,33	5,26	15,08	28,68	53,91	20,97
<b>20:00</b>	17,53	35,24	6,68	0,00	35,71	56,65	24,61
<b>20:30</b>	17,54	11,31	0,00	27,94	40,35	48,28	24,44
<b>21:00</b>	23,36	0,00	17,03	19,61	36,68	39,00	24,44
<b>21:30</b>	0,00	14,86	34,20	13,61	35,66	30,44	12,13
<b>22:00</b>	23,79	14,95	30,93	19,04	34,49	31,33	18,78
<b>22:30</b>	21,13	8,93	14,76	18,20	28,44	34,69	16,76
<b>23:00</b>	16,77	8,91	4,22	26,40	28,70	46,64	14,85
<b>23:30</b>	13,50	9,34	10,01	21,39	26,91	42,19	12,38
<b>24:00</b>	15,48	7,80	9,85	15,84	26,66	33,52	10,87
<b>Minimum</b>	3,85	3,87	1,79	4,21	4,60	5,05	2,65
<b>Mean</b>	17,17	13,52	15,69	13,89	19,03	18,99	14,78
<b>Maksimum</b>	53,25	43,74	50,35	30,66	44,87	56,65	32,20

**Lampiran 2 Beban Emisi dari Jalan Rungkut dari Utara ke Selatan dengan satuan g/10 menit**

Waktu	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
05.00-05.10	73,6	3340,8	36,8	14	7,8	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3497,8
05.10-05.20	79,6	3519,0	26,3	21,0	7,8	20,0	23,3	0,0	53,1	0,0	0,0	0,0	3749,9
05.20-05.30	78,1	3680,0	21,0	14	3,9	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,2	0,0	3923,2
05.30-05.40	70,9	3956,0	10,5	7,0	0,0	40,0	11,6	35,7	106, 2	0,0	0,0	0,0	4237,9
05.40-05.50	70,0	3697,3	10,5	0,0	0,0	20,0	3,9	35,7	0,0	0,0	0,0	53,1	3890,4
05.50-06.00	72,7	3749,0	10,5	0,0	3,9	10,0	0,0	0,0	53,1	0,0	0,0	0,0	3899,2
06.00-06.10	62,4	2754,3	21,0	14	3,9	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2895,5
06.10-06.20	70,0	2880,8	26,3	14,0	3,9	50,0	7,8	0,0	0,0	0,0	53,1	0,0	3105,7
06.20-06.30	67,2	2806,0	21,0	28,0	3,9	60,0	3,9	0,0	106, 2	0,0	0,0	53,1	3149,3
06.30-06.40	71,8	3007,3	15,8	21,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,1	0,0	3203,9
06.40-06.50	61,8	2817,5	10,5	0,0	0,0	35,0	3,9	0,0	53,1	0,0	0,0	0,0	2981,8
06.50-07.00	65,4	2800,3	10,5	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2896,2
07.00-07.10	68,2	2357,5	15,8	7,0	0,0	40,0	3,9	0,0	0,0	0,0	53,1	0,0	2545,4

<b>Waktu</b>	<b>Sepeda Motor</b>	<b>Mobil Pribadi</b>	<b>Angkot</b>	<b>Taksi</b>	<b>Bus Mini</b>	<b>Pick Up</b>	<b>Mini Truk</b>	<b>Bus Besar</b>	<b>Truk 2 sb</b>	<b>Truk 3 Sb</b>	<b>Truk Gandeng</b>	<b>Trailer</b>	<b>Total (g/ 10 menit)</b>
<b>07.10-07.20</b>	66,0	2231,0	10,5	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	53,1	0,0	0,0	0,0	2420,6
<b>07.20-07.30</b>	67,2	2156,3	10,5	7,0	0,0	60,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	53,1	2361,8
<b>07.30-07.40</b>	71,4	1782,5	0,0	0,0	0,0	50,0	11,6	0,0	0,0	0,0	53,1	0,0	1968,6
<b>07.40-07.50</b>	67,2	1960,8	0,0	7,0	0,0	45,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2083,9
<b>07.50-08.00</b>	63,8	2024,0	15,8	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2138,6
<b>08.00-08.10</b>	61,8	1960,8	10,5	0,0	3,9	55,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2095,8
<b>08.10-08.20</b>	65,4	1782,5	5,3	14,0	3,9	65,0	0,0	0,0	53,1	0,0	0,0	0,0	1989,2
<b>08.20-08.30</b>	62,4	1449,0	10,5	0,0	7,8	60,0	7,8	35,7	0,0	0,0	0,0	53,1	1686,2
<b>08.30-08.40</b>	59,1	1598,5	0,0	0,0	0,0	40,0	3,9	35,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1737,2
<b>08.40-08.50</b>	62,5	1610,0	10,5	14,0	7,8	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1754,8
<b>08.50-09.00</b>	58,2	1725,0	5,3	0,0	3,9	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1852,3
<b>09.00-09.10</b>	62,4	638,3	0,0	7,0	3,9	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	726,5
<b>09.10-09.20</b>	59,6	695,8	10,5	7,0	0,0	20,0	3,9	0,0	0,0	0,0	53,1	0,0	849,9
<b>09.20-09.30</b>	51,8	713,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	774,8
<b>09.30-09.40</b>	57,3	747,5	10,5	0,0	0,0	25,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	53,1	905,0
<b>09.40-09.50</b>	58,2	770,5	5,3	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	863,9

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>09.50-10.00</b>	53,3	868,3	5,3	7,0	3,9	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	977,7
<b>10.00-10.10</b>	57,8	1004,7	26,5	0,0	0,0	55,6	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1148,5
<b>10.10-10.20</b>	59,7	1149,9	21,2	7,1	0,0	60,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,6	1352,1
<b>10.20-10.30</b>	62,4	1062,8	10,6	0,0	0,0	45,5	7,8	0,0	53,6	0,0	0,0	0,0	1242,7
<b>10.30-10.40</b>	60,2	1086,0	21,2	14,1	0,0	65,7	7,8	36,1	0,0	0,0	53,6	0,0	1344,7
<b>10.40-10.50</b>	61,5	1115,0	15,9	7,1	0,0	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	107,3	1342,1
<b>10.50-11.00</b>	58,4	1086,0	10,6	0,0	0,0	45,5	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1204,4
<b>11.00-11.10</b>	65,7	911,8	10,6	14,1	0,0	40,4	3,9	0,0	53,6	0,0	0,0	0,0	1100,2
<b>11.10-11.20</b>	68,8	1091,8	10,6	14,1	0,0	50,5	0,0	0,0	0,0	0,0	107,3	0,0	1343,1
<b>11.20-11.30</b>	66,6	1167,3	15,9	21,2	0,0	65,7	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1344,5
<b>11.30-11.40</b>	67,9	1033,7	10,6	14,1	0,0	35,4	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	53,6	1223,2
<b>11.40-11.50</b>	70,3	818,9	21,2	28,3	0,0	30,3	0,0	0,0	53,6	0,0	0,0	0,0	1022,6
<b>11.50-12.00</b>	57,8	1033,7	5,3	7,1	0,0	45,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1149,4
<b>12.00-12.10</b>	68,8	3025,7	42,4	14,1	7,8	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3179,1
<b>12.10-12.20</b>	70,3	3083,8	31,8	14,1	3,9	20,2	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3228,1
<b>12.20-12.30</b>	66,1	3263,8	26,5	21,2	0,0	15,2	0,0	36,1	53,6	0,0	53,6	0,0	3536,1

<b>Waktu</b>	<b>Sepeda Motor</b>	<b>Mobil Pribadi</b>	<b>Angkot</b>	<b>Taksi</b>	<b>Bus Mini</b>	<b>Pick Up</b>	<b>Mini Truk</b>	<b>Bus Besar</b>	<b>Truk 2 sb</b>	<b>Truk 3 Sb</b>	<b>Truk Gandeng</b>	<b>Trailer</b>	<b>Total (g/ 10 menit)</b>
<b>12.30-12.40</b>	63,0	3356,7	21,2	28,3	3,9	10,1	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3495,0
<b>12.40-12.50</b>	64,4	3554,2	15,9	14,1	0,0	10,1	15,7	36,1	0,0	0,0	0,0	107,3	3817,7
<b>12.50-13.00</b>	57,5	3670,3	10,6	7,1	0,0	5,1	0,0	0,0	53,6	0,0	0,0	0,0	3804,2
<b>13.00-13.10</b>	58,4	3025,7	10,6	28,3	7,8	15,2	23,5	0,0	53,6	0,0	0,0	0,0	3223,1
<b>13.10-13.20</b>	68,8	3141,9	31,8	28,3	3,9	10,1	3,9	0,0	0,0	0,0	53,6	0,0	3342,3
<b>13.20-13.30</b>	64,8	3258,0	21,2	21,2	7,8	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3383,2
<b>13.30-13.40</b>	65,0	2892,1	10,6	14,1	3,9	5,1	7,8	36,1	0,0	0,0	0,0	107,3	3142,0
<b>13.40-13.50</b>	62,4	2776,0	15,9	7,1	0,0	5,1	0,0	0,0	53,6	0,0	53,6	0,0	2973,7
<b>13.50-14.00</b>	62,4	3060,6	21,2	7,1	0,0	20,2	3,9	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3211,4
<b>14.00-14.10</b>	57,8	3025,7	15,9	14,1	7,8	40,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3161,8
<b>14.10-14.20</b>	70,7	3165,1	10,6	21,2	7,8	35,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3314,7
<b>14.20-14.30</b>	73,4	3089,6	21,2	14,1	3,9	30,3	0,0	0,0	107, 3	0,0	53,6	0,0	3393,5
<b>14.30-14.40</b>	72,1	3014,1	21,2	0,0	0,0	20,2	3,9	0,0	0,0	0,0	53,6	107,3	3292,4
<b>14.40-14.50</b>	69,7	2886,3	26,5	7,1	0,0	20,2	0,0	36,1	53,6	0,0	0,0	0,0	3099,5
<b>14.50-15.00</b>	63,0	2828,3	37,1	0,0	3,9	15,2	0,0	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2983,5
<b>15.00-15.10</b>	77,7	2635,5	21,6	57,7	8,0	36,1	0,0	36,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2873,3

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>15.10-</b>													
<b>15.20</b>	80,5	2931,6	27,0	14,4	4,0	30,9	0,0	36,8	54,7	0,0	0,0	0,0	3179,9
<b>15.20-</b>													
<b>15.30</b>	76,9	2736,2	37,9	21,6	4,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2897,2
<b>15.30-</b>													
<b>15.40</b>	75,4	2671,0	21,6	28,8	8,0	20,6	4,0	73,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2903,1
<b>15.40-</b>													
<b>15.50</b>	73,9	2493,4	10,8	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2593,6
<b>15.50-</b>													
<b>16.00</b>	79,5	2540,8	5,4	7,2	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2643,2
<b>16.00-</b>													
<b>16.10</b>	80,1	148,1	21,6	14,4	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	284,8
<b>16.10-</b>													
<b>16.20</b>	81,4	171,8	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	282,0
<b>16.20-</b>													
<b>16.30</b>	82,9	207,3	16,2	7,2	0,0	15,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	333,1
<b>16.30-</b>													
<b>16.40</b>	84,2	189,5	10,8	14,4	8,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	312,1
<b>16.40-</b>													
<b>16.50</b>	98,8	201,4	21,6	21,6	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	353,7
<b>16.50-</b>													
<b>17.00</b>	80,5	225,1	5,4	14,4	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	335,6
<b>17.00-</b>													
<b>17.10</b>	80,1	201,4	21,6	14,4	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	338,1
<b>17.10-</b>													
<b>17.20</b>	80,5	219,1	16,2	7,2	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	327,0
<b>17.20-</b>													
<b>17.30</b>	84,8	171,8	5,4	7,2	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	279,4
<b>17.30-</b>													
<b>17.40</b>	79,5	195,4	10,8	21,6	4,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	321,7
<b>17.40-</b>													
<b>17.50</b>	77,7	177,7	10,8	28,8	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	299,0

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>17.50-18.00</b>	78,6	207,3	10,8	14,4	0,0	0,0	0,0	36,8	0,0	0,0	0,0	0,0	347,9
<b>18.00-18.10</b>	59,0	148,1	27,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,9
<b>18.10-18.20</b>	63,7	207,3	10,8	0,0	0,0	10,3	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	300,0
<b>18.20-18.30</b>	73,9	183,6	10,8	7,2	4,0	10,3	4,0	73,5	0,0	0,0	0,0	0,0	367,4
<b>18.30-18.40</b>	69,3	148,1	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	288,2
<b>18.40-18.50</b>	67,4	165,8	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	0,0	54,7	0,0	358,8
<b>18.50-19.00</b>	64,2	207,3	10,8	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	54,7	0,0	0,0	0,0	342,2
<b>19.00-19.10</b>	51,5	207,3	21,6	14,4	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	109,4	0,0	424,8
<b>19.10-19.20</b>	59,0	171,8	0,0	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,4
<b>19.20-19.30</b>	54,9	177,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	54,7	0,0	291,2
<b>19.30-19.40</b>	48,7	207,3	5,4	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	345,0
<b>19.40-19.50</b>	46,9	219,1	0,0	14,4	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	290,7
<b>19.50-20.00</b>	45,6	254,7	5,4	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	321,1
<b>20.00-20.10</b>	40,3	94,8	0,0	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	290,7
<b>20.10-20.20</b>	44,1	100,7	0,0	93,7	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	109,4	0,0	355,8
<b>20.20-20.30</b>	38,1	112,5	0,0	100,9	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	54,7	109,4	419,6

<b>20.30- 20.40</b>	34,7	53,3	0,0	86,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	0,0	229,2
<b>20.40- 20.50</b>	31,9	71,1	0,0	64,9	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	179,9
<b>20.50- 21.00</b>	35,7	47,4	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	0,0	166,6

### Lampiran Beban Emisi dari Jalan Rungkut dari Selatan ke Utara

Waktu	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>05.00- 05.10</b>	693,8	3340,8	36,8	14,0	7,8	25,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4125,8
<b>05.10- 05.20</b>	675,0	3519,0	26,3	21,0	7,8	20,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4272,9
<b>05.20- 05.30</b>	693,1	3680,0	21,0	14,0	3,9	20,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4439,7
<b>05.30- 05.40</b>	709,1	3956,0	10,5	7,0	0,0	40,0	15,5	59,5	44,3	0,0	0,0	0,0	4841,8
<b>05.40- 05.50</b>	698,2	3697,3	10,5	0,0	0,0	20,0	3,9	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4459,6
<b>05.50- 06.00</b>	709,8	3749,0	10,5	0,0	3,9	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4483,2
<b>06.00- 06.10</b>	659,8	2754,3	21,0	14,0	3,9	40,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3500,6
<b>06.10- 06.20</b>	636,6	2880,8	26,3	14,0	3,9	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3611,4
<b>06.20- 06.30</b>	619,2	2806,0	21,0	28,0	3,9	60,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3549,7
<b>06.30- 06.40</b>	643,8	3007,3	15,8	21,0	0,0	35,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3730,6

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>06.40-06.50</b>	631,5	2817,5	10,5	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3494,5
<b>06.50-07.00</b>	670,6	2800,3	10,5	0,0	0,0	20,0	7,8	0,0	44,3	0,0	0,0	0,0	3553,4
<b>07.00-07.10</b>	544,5	2357,5	15,8	7,0	0,0	40,0	15,5	0,0	44,3	0,0	0,0	0,0	3024,5
<b>07.10-07.20</b>	530,7	2231,0	10,5	0,0	0,0	60,0	7,8	0,0	0,0	44,3	0,0	0,0	2884,2
<b>07.20-07.30</b>	539,4	2156,3	10,5	7,0	0,0	60,0	19,4	0,0	44,3	0,0	0,0	44,3	2881,0
<b>07.30-07.40</b>	501,7	1782,5	5,3	14,0	3,9	65,0	31,0	0,0	0,0	0,0	44,3	44,3	2491,8
<b>07.40-07.50</b>	522,0	1960,8	0,0	7,0	0,0	45,0	23,3	0,0	88,5	0,0	0,0	0,0	2646,5
<b>07.50-08.00</b>	474,2	2024,0	15,8	0,0	0,0	35,0	31,0	0,0	44,3	0,0	0,0	0,0	2624,2
<b>08.00-08.10</b>	449,5	1960,8	10,5	0,0	3,9	55,0	31,0	0,0	88,5	0,0	0,0	0,0	2599,1
<b>08.10-08.20</b>	416,9	1782,5	5,3	14,0	3,9	65,0	31,0	0,0	0,0	0,0	44,3	44,3	2407,0
<b>08.20-08.30</b>	494,5	1449,0	10,5	0,0	7,8	60,0	15,5	29,8	44,3	0,0	0,0	0,0	2111,2
<b>08.30-08.40</b>	429,2	1598,5	0,0	0,0	0,0	40,0	23,3	29,8	88,5	0,0	0,0	88,5	2297,7
<b>08.40-08.50</b>	426,3	1610,0	10,5	14,0	7,8	50,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2137,9
<b>08.50-09.00</b>	398,8	1725,0	5,3	0,0	3,9	60,0	27,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2220,0
<b>09.00-09.10</b>	204,5	638,3	0,0	7,0	3,9	15,0	15,5	0,0	88,5	0,0	0,0	44,3	1016,8
<b>09.10-09.20</b>	199,4	695,8	10,5	7,0	0,0	20,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	940,4

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>09.20-09.30</b>	210,3	713,0	0,0	0,0	0,0	10,0	11,6	0,0	0,0	44,3	0,0	88,5	1077,6
<b>09.30-09.40</b>	219,0	747,5	10,5	0,0	0,0	25,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1021,3
<b>09.40-09.50</b>	203,7	770,5	5,3	0,0	0,0	30,0	7,8	0,0	88,5	44,3	44,3	44,3	1238,5
<b>09.50-10.00</b>	224,0	868,3	5,3	7,0	3,9	40,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1160,0
<b>10.00-10.10</b>	213,1	1004,7	26,5	0,0	0,0	55,6	19,6	0,0	44,7	0,0	0,0	0,0	1364,1
<b>10.10-10.20</b>	221,9	1149,9	21,2	7,1	0,0	60,6	35,2	0,0	0,0	44,7	0,0	44,7	1585,2
<b>10.20-10.30</b>	224,8	1062,8	10,6	0,0	0,0	45,5	11,7	0,0	44,7	89,4	0,0	44,7	1534,1
<b>10.30-10.40</b>	227,7	1086,0	21,2	14,1	0,0	65,7	19,6	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1464,3
<b>10.40-10.50</b>	217,5	1115,0	15,9	7,1	0,0	35,4	0,0	0,0	89,4	0,0	0,0	0,0	1480,2
<b>10.50-11.00</b>	205,8	1086,0	10,6	0,0	0,0	45,5	11,7	0,0	0,0	44,7	0,0	0,0	1404,3
<b>11.00-11.10</b>	208,7	911,8	10,6	14,1	0,0	40,4	15,7	0,0	44,7	0,0	0,0	0,0	1246,0
<b>11.10-11.20</b>	240,9	1091,8	10,6	14,1	0,0	50,5	15,7	0,0	44,7	0,0	0,0	0,0	1468,3
<b>11.20-11.30</b>	276,8	1167,3	15,9	21,2	0,0	65,7	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1574,3
<b>11.30-11.40</b>	249,0	1033,7	10,6	14,1	0,0	35,4	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1362,4
<b>11.40-11.50</b>	210,9	818,9	21,2	28,3	0,0	30,3	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1121,3
<b>11.50-12.00</b>	218,9	1033,7	5,3	0,0	35,2	10,1	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1333,4

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>12.00-</b>													
<b>12.10</b>	637,8	3025,7	42,4	14,1	7,8	20,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3755,9
<b>12.10-</b>													
<b>12.20</b>	604,1	3083,8	31,8	14,1	3,9	20,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3765,8
<b>12.20-</b>													
<b>12.30</b>	609,2	3263,8	26,5	21,2	0,0	15,2	11,7	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3977,7
<b>12.30-</b>													
<b>12.40</b>	623,1	3356,7	21,2	28,3	3,9	10,1	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4051,2
<b>12.40-</b>													
<b>12.50</b>	657,6	3554,2	15,9	14,1	0,0	10,1	3,9	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4285,9
<b>12.50-</b>													
<b>13.00</b>	600,4	3670,3	10,6	7,1	0,0	5,1	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4297,4
<b>13.00-</b>													
<b>13.10</b>	601,2	3025,7	10,6	28,3	7,8	15,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3696,6
<b>13.10-</b>													
<b>13.20</b>	610,7	3141,9	31,8	28,3	3,9	10,1	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3834,5
<b>13.20-</b>													
<b>13.30</b>	642,9	3258,0	21,2	21,2	7,8	10,1	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3965,2
<b>13.30-</b>													
<b>13.40</b>	601,2	2892,1	10,6	14,1	3,9	5,1	3,9	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3561,0
<b>13.40-</b>													
<b>13.50</b>	578,5	2776,0	15,9	7,1	0,0	5,1	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3390,3
<b>13.50-</b>													
<b>14.00</b>	576,3	3060,6	21,2	7,1	0,0	20,2	7,8	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3723,2
<b>14.00-</b>													
<b>14.10</b>	601,2	3025,7	15,9	14,1	7,8	40,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3709,1
<b>14.10-</b>													
<b>14.20</b>	598,2	3165,1	10,6	21,2	7,8	35,4	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3846,2
<b>14.20-</b>													
<b>14.30</b>	579,9	3089,6	21,2	14,1	3,9	30,3	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3750,8
<b>14.30-</b>													
<b>14.40</b>	553,6	3014,1	21,2	0,0	0,0	20,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3616,9
<b>14.40-</b>													

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>14.40-14.50</b>	536,0	2886,3	26,5	7,1	0,0	20,2	7,8	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3514,0
<b>14.50-15.00</b>	571,9	2828,3	37,1	0,0	3,9	15,2	3,9	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3490,3
<b>15.00-15.10</b>	643,0	2635,5	21,6	57,7	8,0	36,1	8,0	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3440,4
<b>15.10-15.20</b>	620,5	2931,6	27,0	14,4	4,0	30,9	8,0	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3667,2
<b>15.20-15.30</b>	613,1	2736,2	37,9	21,6	4,0	20,6	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3449,3
<b>15.30-15.40</b>	633,2	2671,0	21,6	28,8	8,0	20,6	4,0	61,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3448,6
<b>15.40-15.50</b>	571,3	2493,4	10,8	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3090,9
<b>15.50-16.00</b>	533,9	2540,8	5,4	7,2	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3097,6
<b>16.00-16.10</b>	104,5	148,1	21,6	14,4	0,0	20,6	16,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0	370,8
<b>16.10-16.20</b>	182,2	171,8	0,0	28,8	4,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	440,4
<b>16.20-16.30</b>	184,4	207,3	16,2	7,2	0,0	15,5	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	492,2
<b>16.30-16.40</b>	183,0	189,5	10,8	14,4	8,0	5,2	16,0	0,0	45,6	0,0	0,0	0,0	472,4
<b>16.40-16.50</b>	258,4	201,4	21,6	21,6	0,0	10,3	12,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	570,9
<b>16.50-17.00</b>	162,8	225,1	5,4	14,4	0,0	10,3	4,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0	467,5
<b>17.00-17.10</b>	112,8	201,4	21,6	14,4	0,0	20,6	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	390,7
<b>17.10-17.20</b>	112,0	219,1	16,2	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	354,6

<b>Waktu</b>	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Angkot	Taksi	Bus Mini	Pick Up	Mini Truk	Bus Besar	Truk 2 sb	Truk 3 Sb	Truk Gandeng	Trailer	Total (g/ 10 menit)
<b>17.20-17.30</b>	116,5	171,8	5,4	7,2	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0	356,7
<b>17.30-17.40</b>	185,9	195,4	10,8	21,6	4,0	10,3	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	436,1
<b>17.40-17.50</b>	188,9	177,7	10,8	28,8	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	45,6	0,0	45,6	517,4
<b>17.50-18.00</b>	118,7	207,3	10,8	14,4	0,0	0,0	0,0	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0	381,9
<b>18.00-18.10</b>	183,0	148,1	27,0	28,8	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	398,9
<b>18.10-18.20</b>	265,8	207,3	10,8	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	539,8
<b>18.20-18.30</b>	266,6	183,6	10,8	7,2	4,0	10,3	0,0	61,3	0,0	0,0	0,0	0,0	543,8
<b>18.30-18.40</b>	185,9	148,1	16,2	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	399,8
<b>18.40-18.50</b>	186,7	165,8	16,2	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	380,7
<b>18.50-19.00</b>	192,7	207,3	10,8	0,0	0,0	5,2	20,0	0,0	45,6	45,6	0,0	0,0	527,0
<b>19.00-19.10</b>	116,5	207,3	21,6	14,4	0,0	20,6	20,0	0,0	0,0	0,0	182,3	0,0	582,7
<b>19.10-19.20</b>	121,7	171,8	0,0	21,6	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	319,1
<b>19.20-19.30</b>	197,9	177,7	10,8	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	390,4
<b>19.30-19.40</b>	193,4	207,3	5,4	28,8	0,0	0,0	12,0	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0	477,6
<b>19.40-19.50</b>	124,0	219,1	0,0	14,4	0,0	10,3	8,0	0,0	91,2	0,0	0,0	0,0	467,0
<b>19.50-20.00</b>	192,7	254,7	5,4	0,0	0,0	15,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	472,2

<b>20.00-</b>												
<b>20.10</b>	99,3	94,8	0,0	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	295,0
<b>20.10-</b>												
<b>20.20</b>	92,6	100,7	0,0	93,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	287,0
<b>20.20-</b>												
<b>20.30</b>	94,1	112,5	0,0	100,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	307,6
<b>20.30-</b>												
<b>20.40</b>	106,8	53,3	0,0	86,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	246,6
<b>20.40-</b>												
<b>20.50</b>	92,6	71,1	0,0	64,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	228,6
<b>20.50-</b>												
<b>21.00</b>	94,1	47,4	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,3

### Lampiran 3 Beban Emisi dari Seluruh Jalan

No.	Nama Jalan	Koordinat Jalan				Beban Emisi (g/s)
		Y min	Y max	X min	X max	
1	Jl. Kertajaya	-7,2791	-7,2770	112,79	112,74	4,13
2	Jl. Ir. Soekarno	-7,3406	-7,2504	112,78	112,78	2,41
3	Rungkut	-7,3507	-7,3085	112,76	112,77	3,37
4	Jl. Mulyorejo	-7,2528	-7,2745	112,79	112,79	2,94
5	Raya ITS	-7,2745	-7,2791	112,79	112,79	2,94
6	Jl. Jagir Wonokromo	-7,3008	-7,3112	112,75	112,78	1,92
7	AR Hakim	-7,2875	-7,2905	112,76	112,8	2,94
8	Bromo	-7,2661	-7,2749	112,70	112,72	1,84
9	Dharmawangsa	-7,2688	-7,2783	112,77	112,77	1,84
10	Ngagel Jaya – Tambang boyo	-7,2937	-7,2638	112,75	112,75	1,66
11		-7,2638	-7,2580	112,75	112,76	1,66
12		-7,2580	-7,2454	112,76	112,76	0,68
13	Jemur Andayani Rungkut industri	-7,3275	-7,3312	112,73	112,76	1,89
14	Keputih	-7,2747	-7,3076	112,8	112,79	0,47
15	Jemur sari - Prapen	-7,3275	-7,3064	112,73	112,76	5,63
16	Nginden	-7,3064	-7,2662	112,76	112,76	1,89
17	Tol Waru - Juanda	-7,3455	-7,3425	112,71	112,76	6,44
18		-7,3425	-7,3507	112,76	112,80	6,44
19	Brigjen Katamso	-7,3512	-7,3507	112,73	112,76	1,89
20	Abdul Karim	-7,3384	-7,3406	112,76	112,78	2,39
21	Raya Tenggilis	-7,3287	-7,3216	112,74	112,74	2,39
22		-7,3216	-7,3201	112,74	112,76	2,39

<b>23</b>		-7,3201	-7,3082	112,76	112,76	2,39
<b>24</b>	Medokan Semampir	-7,3112	-7,3076	112,78	112,79	0,47
<b>25</b>	ITS-Keputih	-7,2745	-7,2747	112,79	112,8	0,47
<b>26</b>	Nginden Semolo	-7,2994	-7,3015	112,76	112,78	1,88
<b>27</b>	Ngagel Jaya Selatan	-7,2890	-7,2936	112,74	112,75	1,66
<b>28</b>		-7,2936	-7,2939	112,75	112,76	0,92
<b>29</b>	Walikota Mustajab – Prof. Mustopo	-7,2643	-7,2688	112,7	112,77	6,39
<b>30</b>	Jl. Rajawali - Kenjeran	-7,2334	-7,2568	112,7	112,80	1,66

#### Lampiran 4 Script MATLAB

Aplikasi MATLAB menggunakan *script* dalam mengeksekusi data. Pada tahap ini digunakan 2 *script*, pertama untuk rumus perhitungan dan kedua untuk analisis dari data. Berikut adalah *script* pertama yang digunakan sebagai rumus perhitungan.

- Memasukkan Peta

```

1- %% Insert Peta Administratif
2- img = imread('Judulgambar.jpg');
3- min_x = xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
4- max_x = xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
5- min_y = xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
6- max_y = xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
7- imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
    flipud(img));
8- set(gca,'ydir','normal');
9- hold on; sc = 110447; %skala rata-rata
m/degree

```

- Konstanta Atmosfer

```

10- %% Konstanta Difusivitas
11- Dify = 200;
12- Difz = 400;

```

```

13- % difusivitas horizontal dan vertical
(m2/s)

```

```

14- Dy = Dify; Dz = Difz;      % difusifitas
dalam m

• Resolusi
15- %% Resolusi (GRID)
16- [x,y] = meshgrid
    (linspace(min_x,max_x,grid),linspace(min_y
    ,max_y,grid));
17- cP = zeros(size(x));
18- e = ones(size(x));
19- aa = (90-a)*pi/180;          % a = arah
    angin ke ... dengan acuan utara (N = 0)
    searah jarum jam

• Kecepatan Angin Reseptor
20-%% Kecepatan Angin dan Reseptor
21-HE = xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
22-% input tinggi sumber (m)
23-Hs = HE;                      % tinggi dalam deg
24-receptor =
    xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
25-%tinggi reseptor (m)
26-v =s;                         % kec angin deg/det
27-z = receptor;                 % tinggi reseptor deg

• Input Beban Emisi
28-%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
29-QJ =
    Factor*xlsread('Namafile','Sheet','Sel');
    %input beban (g/s)

• Data Teknis Sumber
30-%posisi jalan
31-x1 = xlsread('Namafile','Sheet','Sel'); %
    input koordinat x awal jalan
32-x2 = xlsread('Namafile','Sheet','Sel'); %
    input koordinat x akhir jalan

```

```

33-y1 = xlsread('Namafile','Sheet','Sel'); %
    input koordinat y awal jalan
34-y2 = xlsread('Namafile','Sheet','Sel'); %
    input koordinat y awal jalan
35-%Efektif plume dalam deg
36-cLS = zeros(size(x));
37-dz = Dz/100;
38-ma = tan((90-a)*pi/180);      % gradient
    arah angin terhadap reference (east)

```

### • Perhitungan Dispersi

```

39--% 2.3. Perhitungan konsentrasi Dispersi
40-for j=1:length(QJ)
41-     str = num2str(j);
42-     plot([x1(j) x2(j)], [y1(j)
43-         y2(j)],'LineStyle',...
        ', 'LineWidth',1,'color',...
44-        , 'm');text((x1(j)+x2(j))/2, (y1(j)+y2(j))/2
        ,str, 'color', 'r');
45-     m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j)) ;
46-     k = y1(j) - m*x1(j);
47-     A = atan(m)*180/pi;
48-     B = (a-90) + A;
49-     d = ((-y+m*x+k)
        / (1+m^2)^0.5) / (sin(B.*pi/180))*sc;
50-     xe = (ma*x - m*x2(j) - y +
        y2(j))./(ma-m);
51-     ye = m*(xe-x2(j))+y2(j);
52-     Le = abs(y2(j) - y1(j));
53-     EF = 0.5*Le - abs(ye -
        0.5*(y2(j)+y1(j)));
54-     E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
55-     COR(isnan(COR))=0;
56-     %if d==0
57-         %cJ =
        1000000*(QJ(j)*e./(sqrt(2*pi)*dz)).*sc^(-
        3);
58-     %else

```

```

59-      CJ = ((36.5-
3.25*v).* (v^2)./((d>0).*d)).*(1000000*QJ(j)
)*e./ (sqrt(2*pi)*(d>0).*d.*dz)).*...
60-      (exp(-v*(z-Hs)*(z-
Hs)*e./ (4*dz*(d>0).*d))+exp(-
v*(z+Hs)*(z+Hs)*e./ ...
61-      (4*dz*(d>0).*d))).*exp(-
lambda*(d>0).*d./v);
62-      % end
63-      CJ(isinf(CJ))=0; CJ(isnan(CJ))=0; cLS1
= CJ.*COR;
64-      cLS = cLS + cLS1;

```

- Lokasi Reseptor

```

65-%% ISPU Location
66-xI6 = 112.789055; yI6 = -7.312331;
67-I6=c(round(grid*(yI6-min_y)/(max_y -
min_y),0),round(grid*(xI6-min_x)/(max_x -
min_x),0));
68-D6 = Dt6;

```

- Plot Pola Dispersi

```

69-%% Plot Pola Dispersi
70-conts=10:10:150;
71-ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on');
    clabel(ch,[]);
72-map = [0,0,0
73-          0.122,0,0
74-          0.25,0,0
75-          0.375,0,0
76-          0.5,0,0
77-          0.625,0,0
78-          0.75,0,0
79-          0.875,0,0
80-          1,0,0
81-          1,0.125,0.125
82-          1,0.25,0.25
83-          1,0.375,0.375
84-          1,0.5,0.5

```

```

85-      1,0.625,0.625
86-      1,0.75,0.75];
87-colormap(flipud(map)); c = colorbar;
c.Label.String = 'Konsentrasi Ambien
(\mu g/m^3)';

```

- Plot Angin

```

88-%% Plot Angin vektor
89-[x,y] = meshgrid
    (linspace(min_x,max_x,10),linspace(min_y,m
    ax_y,10));
90-vel = v*0.00000907;
91-u = vel*cos((90-a)*pi/180)*ones(size(x));
92-w = vel*sin((90-a)*pi/180)*ones(size(y));
93-wind_speed = sqrt(u.^2 + w.^2 );
94-quiver(x,y,u,w,0.1,'b');
95-axis([min_x max_x min_y max_y]);

```

- Judul

```

96-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), '
(\mu g/s)'}};...
97-['Concentration (Modeled--Measured)
    \mu g/m^3: SUF6 (' ,num2str(I6), '--
    ',num2str(D6), ')']);
98-plot(xI6,yI6,'dk');text(xI6, yI6,
    'SUF6','color','b')
99-clc

```

Selanjutnya adalah *script* yang digunakan untuk analisis.

```

grid = 300;
% resolusi perhitungan (membagi area perhitungan
menjadi n x n grid), 18562 s
SUF6 = xlsread('Namafile',sheet,'B4:B339');

```

```

arah=xlsread(' Namafile, sheet,, 'AD4:AD339');
speed = xlsread('Namafile',
sheet,'AC4:AC339');
fc = xlsread(Namafile, sheet,, 'AI4:AI339'); lbd
= 0.000002*xlsread(Namafile, sheet, 'AJ4:AJ339');
DateNumber = 736939; formatOut = 'mmm.dd,yyyy
HH:MM'; time = datestr(DateNumber,formatOut);%%
dispersi

for n=1:length(arah);
    Dt6 = SUF6(n);
    Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
    a = arah(n); s=speed(n); t =
datestr(DateNumber+(n)*0.020833333334,formatOut
);cla;
    PSLS_Loop2_promosi;
    drawnow
    MOD = I6;
    my_cell = sprintf('B%d',num2str(n+3));
    A=xlswrite(Namafile,MOD, sheet,my_cell);
end

%% Analysis

MOD6=xlsread(Namafile, sheet,, 'B4:B339');

t = 1:336;      % range max - range min + 1

ts6 = timeseries(SUF6,0.5+0.5*t);

ts61 = timeseries(MOD6,0.5+0.5*t);

ts6.TimeInfo.Units = 'hours';ts61.TimeInfo.Units
= 'hours';

ts6.TimeInfo.StartDate = '01-Sep-2017
00:30';ts61.TimeInfo.StartDate = '01-Sep-2017
00:30';      % Set start date.

```

```

ts6.TimeInfo.Format = 'MMM d
HH:mm'; ts61.TimeInfo.Format = 'MMM d HH:mm';
% Set format for display on x-axis.

ts6.Time = ts6.Time - ts6.Time(1); ts61.Time =
ts61.Time - ts61.Time(1); % Express time
relative to the start date.

figure('Name','Simulation Plot SUF6-MOD
','NumberTitle','off')
subplot(2,2,1)
plot(ts6,'-k'); hold on
plot(ts61,'--b'); grid; title('SUF-6, Data and
Model Ploted');
legend('data','model','Location','northeast','Or
ientation','horizontal');
ylabel('[NO2]-ambient (\mu g/m^3)'); hold off
subplot(2,2,3)
p = polyfit(SUF6,MOD6,1); a = p(1); b = p(2);
yMOD = a*SUF6+b; plot(SUF6,MOD6,'.k',SUF6,yMOD);
grid; legend('SUF-MOD','L-
Regression','Location','southeast');
rmse = rms(MOD6 - SUF6); R =
corrcoef(SUF6,MOD6);
ylabel('model');
xlabel('data'); title({'Correlations SUF6-
MODEL';['RMSE = ',num2str(rmse),'; R =
',num2str(R(1,2)), ' (MOD = ',num2str(p(1)), ' x
SUF6 + ',num2str(p(2)), ')']});

```

```

figure('Name','Simulation All Plot Models
','NumberTitle','off')
subplot(2,1,1)
plot(ts61,'-y'); hold on
title('SUF All, Model Ploted'); legend('Model in
SUF6','Location','southoutside','Orientation','h
orizontal');

```

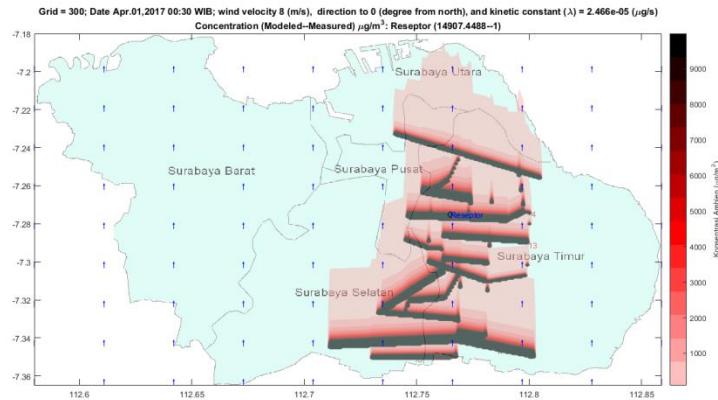
```

ylabel('[NOx]-ambient (\mu g/m^3)');
SUF = SUF6; MOD = MOD6;
subplot(2,1,2)
p = polyfit(SUF,MOD,1); a = p(1); b = p(2); yMOD
= a*SUF+b; plot(SUF,MOD,'.k',SUF,yMOD); grid;
legend('SUF-MOD','L-
Regression','Location','southeast');
rmse = rms(MOD - SUF); R = corrcoef(SUF,MOD);
ylabel('model');
xlabel('data');title({'Correlations All SUF-
MODEL';['RMSE Total = ',num2str(rmse),'; R =
',num2str(R(1,2)),'(MOD = ',num2str(p(1)),' x
SUF + ',num2str(p(2)),')']});

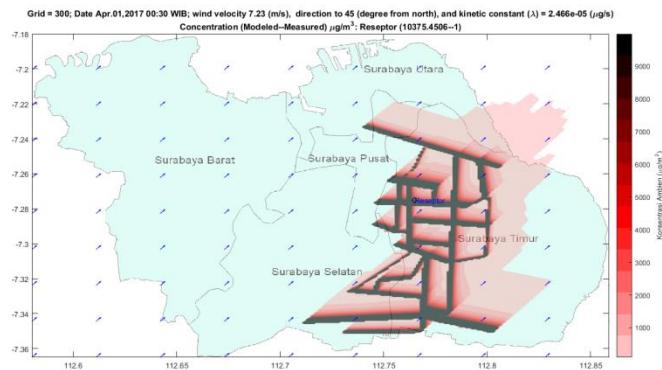
```

clear  
clc

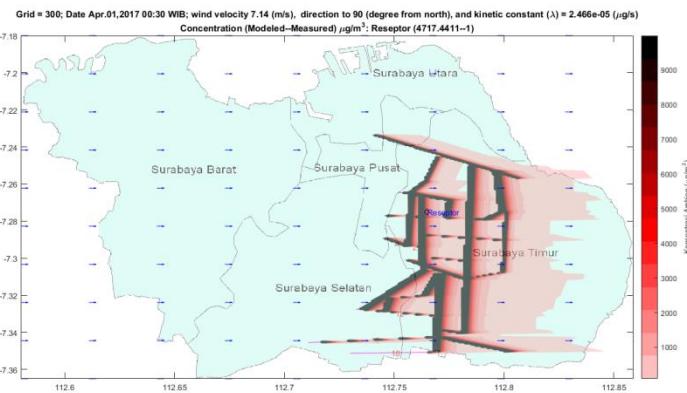
## Lampiran 5Hasil Skenario



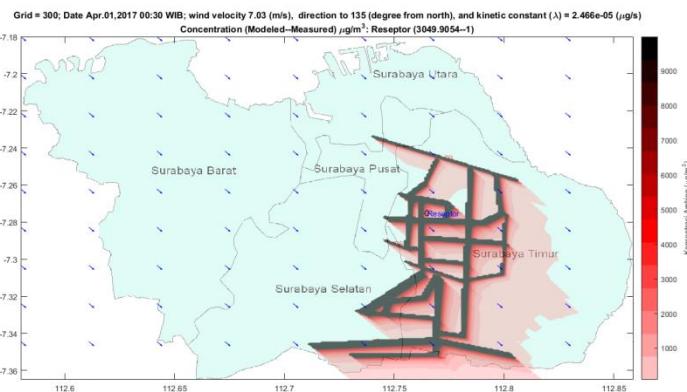
## Skenario Musim kemarau Skala 5 arah Utara



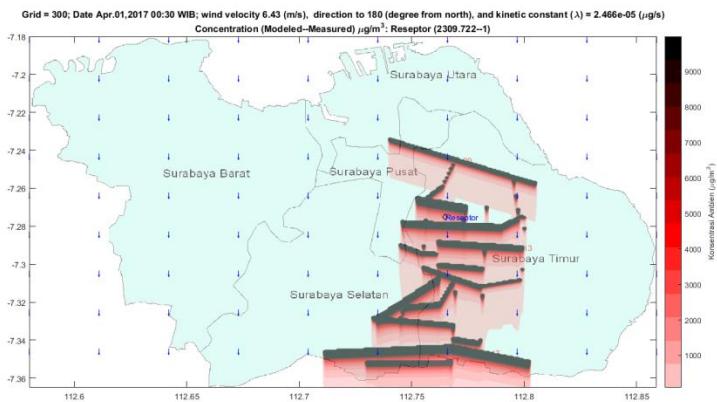
## Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Timur Laut



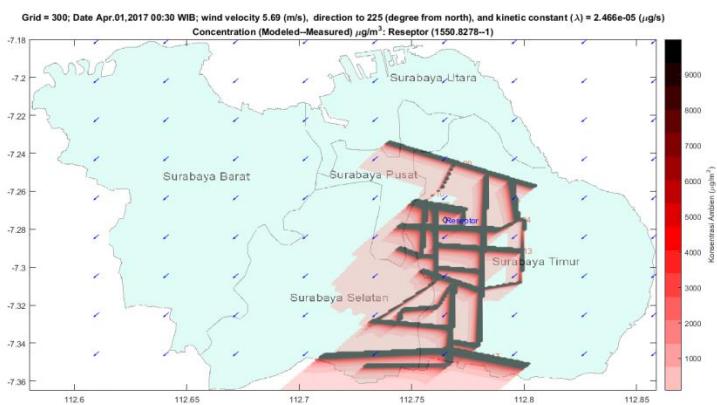
### Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Timur



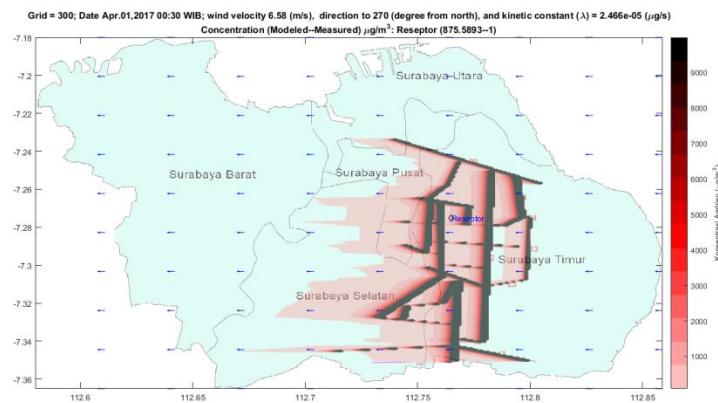
### Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Tenggara



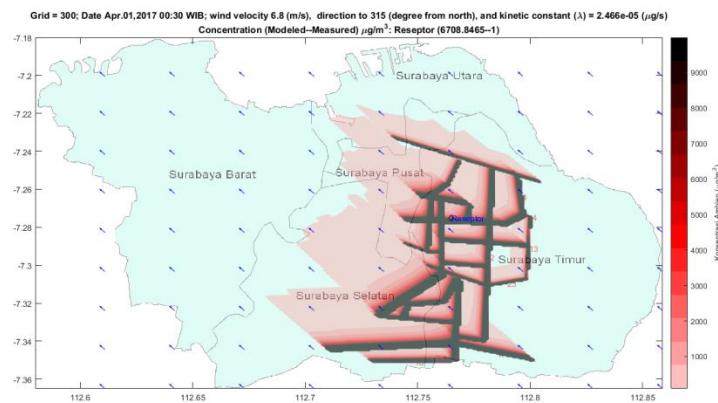
Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Selatan



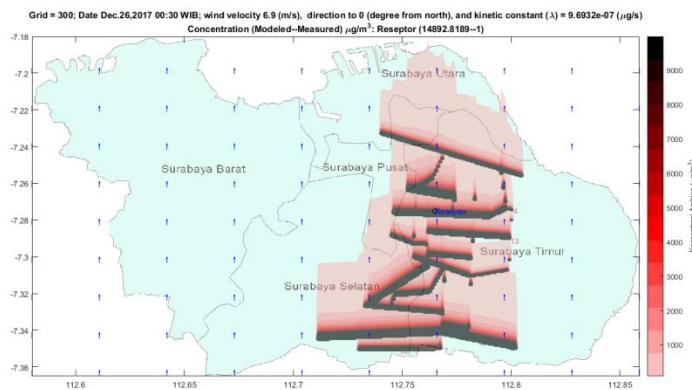
Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Barat Daya



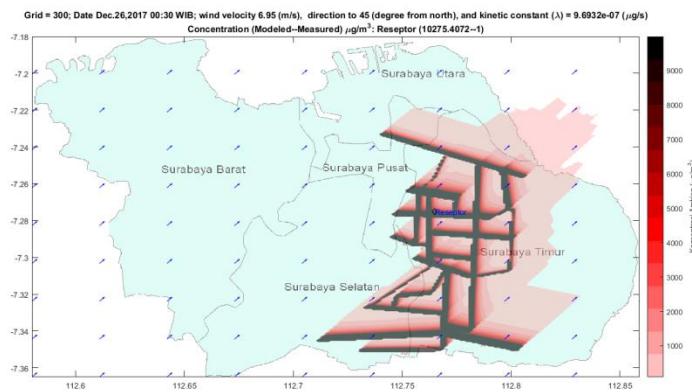
### Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Barat



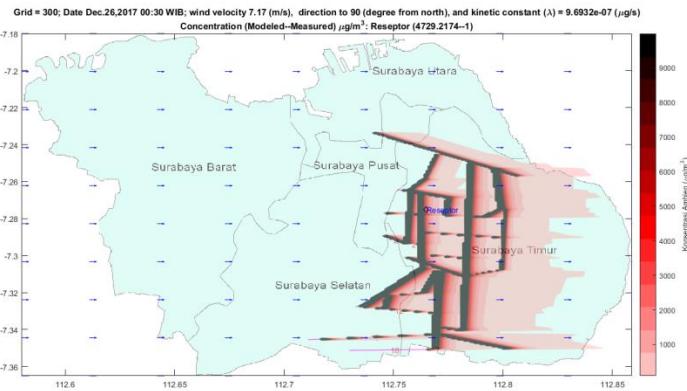
### Skenario Musim Kemarau Skala 5 arah Barat Laut



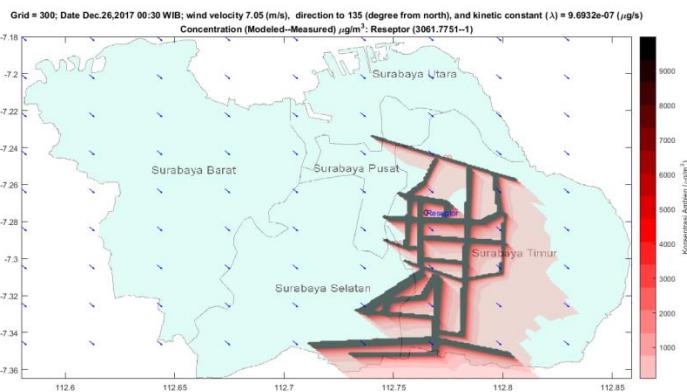
### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Utara



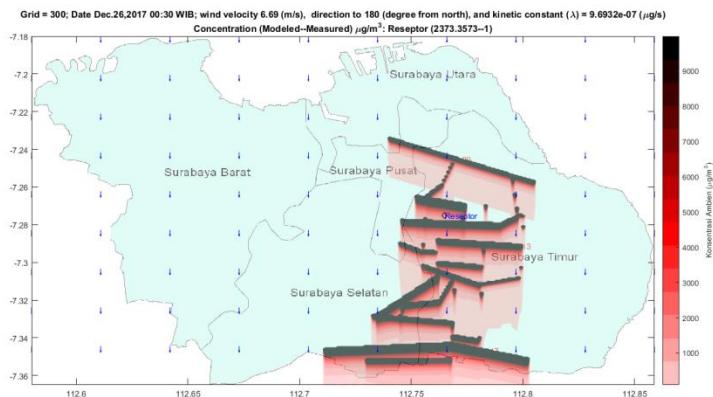
### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Timur Laut



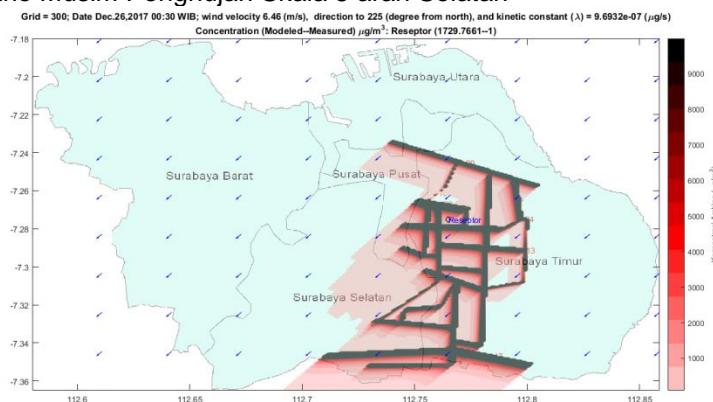
### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Timur



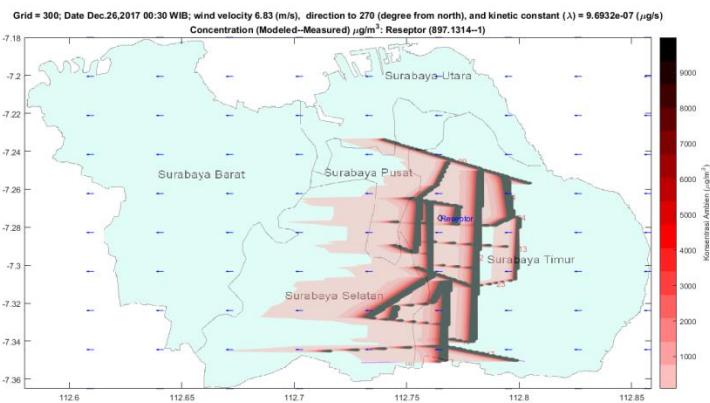
### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Tenggara



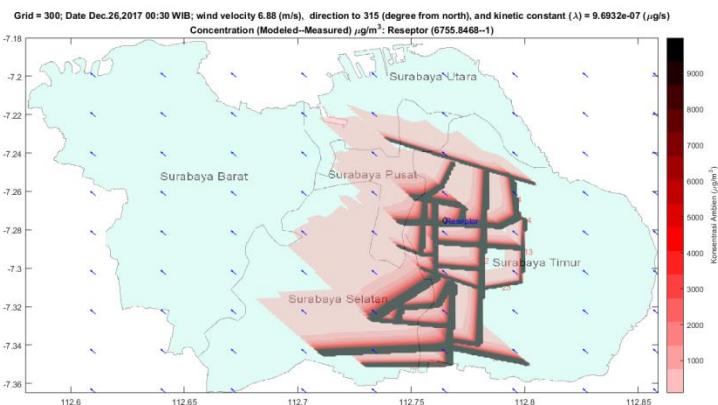
### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Selatan



### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Barat Daya



### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Barat



### Skenario Musim Penghujan Skala 5 arah Barat Laut

## Biodata



Penulis Lahir di Kota Malang pada tanggal 2 Mei 1996. Penulis memulai pendidikannya pada tahun 2000-2002 di TK Wahid Hasyim, pendidikan dasar pada tahun 2002-2008 di SD Dharma Wanita, pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 1 Malang pada tahun 2008-2011 dan pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Malang pada tahun 2011 – 2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknis Sipil Lingkungan dan Kebumian ITS Surabaya pada tahun 2014-2018.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL), aktif sebagai staff Departemen Seni dan Olahraga HMTL pada periode kepengurusan 2015/2016 dan aktif sebagai Kepala Departemen Seni dan Olahraga HMTL pada periode kepengurusan 2016/2017. Penulis juga mengikuti berbagai macam kegiatan pelatihan dan seminar. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Surabaya dengan mengambil topik pencemaran udara. Penulis dapat dihubungi via email [ilhamawic@gmail.com](mailto:ilhamawic@gmail.com)