TUGAS AKHIR – RE 141581

APLIKASI MODEL PERSEBARAN PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA SELATAN

MUHAMMAD RAIHAN
03211440000101

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.
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 PERSEBARAN PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA SELATAN

MUHAMMAD RAIHAN
032114400000101

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

FINAL PROJECT – RE 141581

APLLICATION OF DISPERSION MODEL FOR NON-CONSERVATIVE POLLUTANT FROM URBAN TRAFFIC ACTIVITY IN SOUTH SURABAYA AREA

MUHAMMAD RAIHAN
032114400000101

SUPERVISOR
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

APLIKASI MODEL PERSEBARAN PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA SELATAN

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:
MUHAMMAD RAIHAN
NRP. 03211440000101

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

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

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JULI
2018

APLIKASI MODEL PERSEBARAN PENCEMAR NON-KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA SELATAN

Nama : Muhammad Raihan
NRP : 032114400101
Departemen : Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT.

ABSTRAK

Wilayah Surabaya Selatan merupakan kawasan penghubung kota Surabaya dengan daerah lainnya. Aktivitas lalu lintas yang tinggi menyebabkan wilayah ini perlu mendapat perhatian penting dalam pengelolaan pencemaran udara. Nitrogen oksida (NO_x) merupakan pencemar yang dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor. Parameter tersebut merupakan pencemar non konservatif yang pada reaksi fotokimia dapat membentuk pencemar lainnya. Kondisi ini menyebabkan diperlukannya upaya pengelolaan yang tepat. Upaya pengelolaan membutuhkan informasi data kualitas udara yang diperoleh melalui stasiun pemantau kualitas udara kota Surabaya. Kondisi saat ini adalah dari 7 stasiun pemantau yang dimiliki hanya 3 unit yang aktif. Data eksisting yang ada dirasa belum cukup untuk menggambarkan kualitas udara Kota Surabaya secara menyeluruh. Sehingga perlu dibuatnya data beban emisi serta dikembangkan model dispersi pencemar udara dari sumber transportasi yang diidentifikasi. Data beban emisi serta model dispersi pencemar udara dapat memberikan gambaran terkait sumber dan persebaran pencemar, dan melengkapi data-data yang diperlukan dalam pengelolaan kualitas udara.

Model dispersi pencemar udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan model distribusi Gauss dengan memasukkan kinetika reaksi untuk pencemar non-konservatif. Dalam membuat model dispersi sekurangnya

diperlukan 4 tahapan. Pertama mengidentifikasi sumber pencemar dari aktivitas transportasi didasarkan pada data *traffic volume* pada rentang waktu penelittian. Dari data *traffic volume*, akan dihitung beban emisi sumber garis dengan pendekatan faktor emisi jenis kendaraan dan kecepatan rata-rata atau pendekatan lain. Kondisi meteorologi sebagai input model dianalisis dari data dari BMKG dan data lokal SUF. Data tersebut lalu diolah sehingga didapatkan gambaran kecepatan dan arah angin periode musim kemarau dan musim penghujan, dan menghasilkan *windrose*. data beban emisi dan data meteorologi yang diolah dijadikan *input* dalam pembuatan model dispersi dengan menggunakan Microsoft Excel dan Matlab. Data kualitas udara dari model yang terbangun selanjutnya diverifikasikan dengan data kualitas udara terukur.

Kata Kunci:pencemaran udara, sumber garis, NO_x, SUF-7

APLLICATION OF DISPERSION MODEL FOR NON-CONSERVATIVE POLLUTANT FROM URBAN TRAFFIC ACTIVITY IN SOUTH SURABAYA AREA

Name : Muhammad Raihan
NRP : 03211440000101
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

ABSTRACT

South Surabaya is a connecting area from Surabaya city into another cities. High traffic activity causes this area needs a special attention for the air pollution management.Nitrogen oxide is one of pollutant that emitted from vehicle exhaust gas. That parameter concluded as non conservative pollutant which forms another pollutant through photochemical reaction. This condition needs proper management. Management activity needs air quality data information through air quality monitoring station in Surabaya. Nowadays, instead of 7 air quality monitoring stations only 3 units that still active. Existing data that available right now is not enough to represent overall Surabaya's air quality. So air pollution dispersion model from identified transportation sources needs to be developed.It needs emission Emission load data and dispersion model need to be developed to give interpretation about pollutant sources and dispersion, and completing data that needed in air quality management.

Air pollution dispersion model that used in this research is Gauss distribution model approach with including reaction kinetic for non-conservative pollutant. To make dispersion model at least needs 4 stages process. First identify pollution sources from transportation acitivity based on traffic volume in research time range. And then calculate the emission load based on vehicle types and average velocity approach. Meteorogical data as model's input analyzed from BMKG and SUF data's. That data analyzed to get information about wind

direction and velocity in each dry and rain season that informed in windrose graph. Emission load and meteorogical data inserted as input data to develop dispersion model using Microsoft Excel and Matlab. Air quality data from developed model verified with measured air quality data.

Highest emission load from urban traffic activity in South Surabaya obtained at Ahmad Yani road by 9,057 gr NO_x/second. Correlation between model and measured air quality data value obtains 0,20482 at dry season and 0,31766 at rain season. Farthest point that air quality limits the quality standard based on Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10/2009 at northside is Kelurahan Gundih Kecamatan Bubutan, southside at Kelurahan Waru Gunung Kecamatan Karangpilang, westside at Kelurahan Lakarsantri Kecamatan Lakarsantri, and eastside at Kelurahan Rungkut Tengah Kecamatan Gunung Anyar.

Keywords:air pollution, , line sources, NO_x, SUF-7

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya laporan tugas akhir yang berjudul "Aplikasi Model Persebaran Pencemar Non-Konservatif dari Aktivitas Lalu Lintas Perkotaan di Wilayah Surabaya Selatan" dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D. dan Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir, atas kesabaran, ide–ide, dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir serta saran–saran yang telah diberikan,
2. Dr. Ali Masduqi, ST., MT., Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., dan Dr.Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM., selaku dosen pengarah tugas akhir, atas saran-sarannya dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini,
3. Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D., selaku dosen wali atas dorongan semangat, waktu diskusi dan saran yang telah diberikan,
4. Keluarga yang selalu mendukung apapun kegiatan positif penulis,
5. Teman-teman satu kelompok dosen pembimbing yang selalu menjadi pengingat dan penyemangat yang baik,
6. Teman-teman satu angkatan Teknik Lingkungan ITS 2014 yang telah membantu proses tahapan penelitian ini.

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yng membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, April 2018

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN……...
ABSTRAK..... i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR..... v
DAFTAR ISI.....vii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL.....xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Rumusan Masalah..... 3
1.3 Tujuan Penelitian..... 3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian..... 3
1.5 Manfaat Penelitian..... 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... 5
2.1 Gambaran Umum 5
2.2 Pencemaran Udara..... 5
2.3 Parameter Pencemaran Udara..... 7
2.3.1. Nitrogen Oksida (NO_x)..... 8
2.3.2 Ozon (O_3)..... 9
2.2.3. Hubungan Nitrogen Oksida dengan Ozon..... 10
2.2.4. Baku Mutu..... 11
2.4 Emisi dari Aktivitas Lalu Lintas Kendaraan Bermotor 12
2.4.1 Klasifikasi Jalan Raya..... 12
2.4.3 Perhitungan Beban Pencemar 15

2.5 Model Dispersi Pencemar Udara 17
2.5.1. Tranformasi Koordinat 20
2.5.2. Faktor Difusi 22
2.5.3. Faktor Kinetika Reaksi 23
2.5.4. Pendekatan Model Distribusi Pencemar di Perkotaan 24
2.6 Verifikasi Model 25
2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Model Dispersi Pencemaran Udara 26
2.8 Stabilitas Atmosfer 27
2.9 Aplikasi Pendukung 28
2.9.1 WRPlot 28
2.9.2 Matlab 29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 31
3.1. Gambaran Umum Penelitian 31
3.2. Kerangka Penelitian 32
3.3. Tahap Pendahuluan 34
3.4. Tahap Pengumpulan Data 34
3.5. Tahap Pengolahan Data 36
3.6. Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran 48
BAB 4 PEMBAHASAN 50
4.1. Gambaran Umum Kondisi Lalu Lintas 50
4.1.1. Karakteristik Jalan 50
4.1.2. Volume Lalu Lintas 53
4.2. Perhitungan Beban Emisi Sumber Garis 56
4.2.1. Perhitungan Faktor Koreksi Beban Emisi 56
4.2.2. Perhitungan Beban Emisi Jalan 58
4.2.3. Faktor Harian dan Mingguan 60

4.3. Pemilihan Data Verifikasi Model 62
4.4. Kondisi Meteorologi 66
4.4.1. Kondisi Meteorologi Lokal 66
4.4.2. Kondisi Meteorologi Surabaya 69
4.5. Pembangunan Model Dispersi Pencemar Sumber Garis 71
4.5.1. Data Pembanding untuk Verifikasi Model..... 71
4.5.2. Data Pendukung untuk Perhitungan Emisi, Dispersi dan Pengaturan Batasan Model 72
4.5.3. Perhitungan Dengan Matlab..... 74
4.5.4. Verifikasi Model 78
4.6. Pembuatan Skenario 81
BAB 5 KESIMPULAN 90
6.1 Kesimpulan 90
6.2 Saran 90
DAFTAR PUSTAKA 92
LAMPIRAN 1 96
LAMPIRAN 2 112
LAMPIRAN 3 128
LAMPIRAN 4 132
LAMPIRAN 5 142
BIOGRAFI PENULIS 160

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus fotokimia NO, NO_2, O_3, dan radikal bebas 11
Gambar 2. 2 Grafik Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kota Surabaya 2009-2015 15
Gambar 2. 3 Ilustrasi Dispersi Pencemaran Udara 18
Gambar 2. 4 Ilustrasi Dispersi Pencemaran Udara pada arah x,y,z 19
Gambar 2.5. Sistem koordinat kartesius dan kedudukan *line source* (J) dan penerima (P) (Sumber : Assomadi, 2016) 21
Gambar 2.6. Skema difusi pencemar secara vertikal (Dz) 23
Gambar 2. 7 Contoh Windrose dari WRPlot 28
Gambar 3. 1 Letak SUF-7 Kota Surabaya 31
Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian 33
Gambar 3. 3 Algoritma Pemrograman 45
Gambar 4. 1 Volume LHR Jalan Ahmad Yani 54
Gambar 4. 2 Volume LHR Jalan Mastrip 54
Gambar 4. 3 Derajat Kejenuhan Jalan 55
Gambar 4. 4 Pola Perubahan Konsumsi Bahan Bakar dengan Variasi Kecepatan Rata-rata Kendaraan 56
Gambar 4. 5 Data Harian Konsentrasi Pencemar Musim Kemarau 64
Gambar 4. 6 Data Harian Konsentrasi Pencemar Musim Penghujan 65
Gambar 4. 7 Data Rata-rata Harian Lokal GRAD Musim Kemarau 67
Gambar 4. 8 Data Rata-rata Lokal GRAD Musim Penghujan 67
Gambar 4. 9 *Windrose* Musim Kemarau 68
Gambar 4. 10 *Windrose* Musim Penghujan 69
Gambar 4. 11 Windrose Musim Kemarau Surabaya 70
Gambar 4. 12 Windrose Musim Hujan Surabaya 70
Gambar 4. 13 Peta Wilayah Surabaya Selatan 75
Gambar 4. 14 Peta Kontur Persebaran Emisi di Musim Kemarau 76
Gambar 4.15 Peta Kontur Persebaran Emisi di Musim Penghujan 77

Gambar 4. 16 Hasil Verifikasi Model Musim Kemarau 79
Gambar 4. 17 Hasil Verifikasi Model Musim Penghujan.....80
Gambar 4.18 Skenario K3 arah 0^{o}.....83
Gambar 4. 19 Hasil *Overlay* Skenario Musim Kemarau 86
Gambar 4. 20 Hasil *Overlay* Skenario Musim Penghujan.....87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien 11
Tabel 2. 2 Jumlah Kendaraan Bermotor Kota Surabaya menurut Jenisnya 14
Tabel 2. 3 Konversi Jenis Kendaraan Ke Satuan Mobil Penumpang (SMP) 16
Tabel 2. 4 Faktor Emisi Kendaraan untuk Kota Metropolitan di Indonesia 16
Tabel 2. 5 Kelas Stabilitas Atmosfer Pasquill-Gillford 27
Tabel 3. 1 Faktor Emisi Pencemar Non Konservatif 37
Tabel 3. 2 Faktor Emisi Sub-kategori Mobil 37
Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata 38
Tabel 3. 4 Faktor Harian 39
Tabel 3. 5 Faktor Mingguan 40
Tabel 3. 6 Skala Beaufort 48
Tabel 3. 7 Variabel Penelitian 48
Tabel 4. 1 Jalan Raya di Surabaya Selatan 50
Tabel 4. 2 Jarak Jalan Raya di Surabaya Selatan 51
Tabel 4. 3 Data Jalan Pelengkap 52
Tabel 4. 4 Panjang Jalan Pelengkap 53
Tabel 4. 5 Panjang Jalan Pelengkap 56
Tabel 4. 6 Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan 57
Tabel 4. 7 Data Perhitungan Beban Emisi Jalan Mastrip 59
Tabel 4. 8 Beban Emisi Jalan di Surabaya Selatan 60
Tabel 4. 9 Faktor Harian 61
Tabel 4. 10 Faktor Mingguan 62
Tabel 4. 11 *Air Quality Data* untuk Verifikasi Model 72
Tabel 4. 12 Parameter dalam Estimasi Dispersi 72
Tabel 4. 13 Penentuan Waktu dan Jumlah Grid 73
Tabel 4. 14 Penentuan Koordinat dan Batas Wilayah 73
Tabel 4. 15 Beban Emisi dan Koordinat Jalan 74
Tabel 4. 16 Skenario Persebaran Emisi 82
Tabel 4. 17 Skenario Persebaran Emisi 84

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Pertumbuhan ekonomi dan penduduknya yang tinggi akan diiringi dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor. Berdasarkan data Badan Pusat Statisika Kota Surabaya, jumlah kendaraan bermotor di kota Surabaya pada tahun 2015 yaitu sejumlah 2.126.168 unit. Jumlah tersebut naik dari data tahun 2014 yaitu sebanyak 2.011.512 unit. Perlu diketahui bahwa sektor transportasi merupakan penyumbang 80% pencemaran udara di daerah perkotaan di Indonesia (Sandra, 2013). Penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor akan mengeluarkan emisi yang berkontribusi pada pencemaran udara (Putro, 2017). Menurut Environment Canada (2012), kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar udara CO dan NO_X signifikan pada dua dekade terakhir. Hal tersebut menjadikan Surabaya salah satu kota yang paling rentan akan terjadinya pencemaran udara. Hal itu perlu diperhatikan, karena menurut Media Indonesia (2005) bahwa Surabaya merupakan salah satu dari sepuluh kota di Indonesia yang pencemarannya dalam tahap mengkhawatirkan, selain kota Jakarta dan Bandung.

Salah satu wilayah yang perlu mendapatkan perhatian adalah wilayah Surabaya Selatan. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya 2014-2034, wilayah ini diperuntukkan bagi permukiman. Wilayah Surabaya Selatan merupakan kawasan penghubung Kota Surabaya ke Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Mojokerto. Pada wilayah ini terdapat beberapa jalan penting yaitu Jalan Ahmad Yani, Jalan Mastrip, Jalan Wonokromo. Oleh karena itu kawasan ini memiliki aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor yang cukup tinggi. Berdasarkan data Dinas Perhubungan Kota Surabaya pada tahun 2017 volume lalu lintas harian di ketiga jalan tersebut mencapai 244.061,5 kendaraan/hari. Selain itu kawasan ini juga dilintasi oleh Jalan Tol Surabaya – Porong.

Berdasarkan perubahan jenisnya, polutan yang berkontribusi atas pencemaran di perkotaan terbagi atas dua jenis, yaitu polutan konservatif dan non-konservatif. Polutan konservatif adalah polutan dengan komponen senyawa yang tetap. Sedangkan polutan non-konservatif adalah polutan yang dapat bereaksi secara fotokimia di udara. Polutan non-konservatif perlu mendapat perhatian karena adanya keadaan atmosfer tertentu menyebabkan terbentuknya polutan lain yang berbahaya (Soedomo, 2001). Contoh polutan non-konservatif adalah NO_x dan O_3.

NO_x menggambarkan dua jenis oksida nitrogen, yaitu Nitrit Oksida (NO) dan Nitrogen Dioksida (NO_2). NO_x perlu mendapat perhatian dikarenakan 40 % emisi NO_x dihasilkan dari kendaraan bermotor (Zouzelka dan Rathousky, 2017).Menurut penelitian Constantya (2016), kadar NO_2 tertinggi tercatat pada tahun 2015, yaitu sebesar 776 $\mu g/Nm^3$, melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 (400 $\mu g/Nm^3$). Pencemaran ini berpotensi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kendaraan bermotor. Hal ini disebabkan pertumbuhan kendaraan bermotor di kota Surabaya pada tahun 2015 mencapai 5,69 % per tahun. Hal ini perlu diperhatikan karena polutan ini dapat menyebabkan gangguan paru-paru dan iritasi pada mata (Sugiarti, 2009).

Selain itu, NO_x juga berperan sebagai salah satu prekursor terbentuknya ozon (O_3). Ozon terbentuk atas reaksi fotokimia NO_2 dengan radiasi matahari. Dengan meningkatnya volume kendaraan, maka kadar O_3 akan semakin tinggi (Gao *et al.,* 2017). Kadar tertinggi ozon di Kota Surabaya mencapai 2.000 $\mu g/Nm^3$, melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim No. 10 Tahun 2009, yaitu 200 $\mu g/Nm^3$ (Constantya, 2016). Dampak ozon bagi kesehatan manusia yaitu dapat mengiritasi mukosa saluran pernafasan, selain itu juga dapat menyebabkan kerusakan pada tumbuhan (Budiyono, 2001).

Untuk memantau kualitas udara pada daerah perkotaan, maka diperlukan titik-titik pemantau kualitas udara. Di kota Surabaya hingga tahun 2014 telah terdapat 7 stasiun pemantau yang dinamakan SUF (SUF 1 sampai dengan SUF

7). Namun pada saat ini hanya 3 unit saja yang masih beroperasi yaitu SUF 1, SUF 6 dan SUF 7. stasiun pemantauan kualitas udara memberikan informasi penting, akan tetapi biaya yang dibutuhkan untuk peralatan, operasional dan perawatan cukup mahal.

Model dispersi udara dapat dijadikan sebagai alternatif penyediaan data kualitas udara yang komprehensif dan mudah secara teknis dan operasional (Assomadi, 2016). Model Dispersi digunakan untuk mengestimasi pengaruh dari emisi kendaraan bermotor untuk berbagai keperluan, seperti pemeliharaan standar kualitas udara ambien, pencegahan risiko kesehatan dan pengambilan kebijakan (Briant *et al*,2011).

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang ingin dikaji dalam penelitian ini antara lain :

1. Berapa besar beban emisi pencemar non konservatif yang dihasilkan oleh aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Selatan?
2. Bagaimana model persebaran emisi pencemar non konservatif yang dihasilkan oleh aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Selatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Menentukan beban emisi pencemar non konservatif yang berasal dari aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Selatan.
2. Memetakan persebaran pencemar non konservatif yang diemisikan dari aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Selatan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup memiliki tujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi:

1. Data yang digunakan adalah data dari stasiun pemantauan kualitas udara SUF-7 dan data *traffic counting* kendaraan bermotor dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya.
2. Pencemar udara yang dimodelkan adalah pencemar non-konservatif primer, yaitu NO_x yang diwakili oleh NO_2.
3. Permodelan dilakukan pada jalan arteri dan kolektor dalam radius 5 km dari stasiun pemantau kualitas udara SUF-7
4. Asumsi kepadatan lalu lintas adalah volume harian tanpa dipengaruhi oleh kejadian luar biasa seperti hari libur, terjadinya kecelakaan lalu lintas, dan lain-lain.
5. Asumsi wilayah yang dimodelkan merupakan wilayah dengan topografi yang sama dan tidak ada *obstacle* (penghalang).
6. Skenario dispersi pencemar udara dibuat berdasarkan variasi musim dan arah angin.
7. Model dispersi yang menggunakan persamaan Gauss yang dimodifikasi dengan penambahan konstanta kinetika NO_2 yang diadaptasi dari penelitian Assomadi (2016).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Bentuk pemetaan persebaran emisi pencemar non konservatif yang dihasilkan oleh aktivitas lalu lintas, khususnya kendaraan bermotor.
2. Input data untuk kebijakan pencegahan dan pengendalian pencemaran dari aktivitas kendaraan bermotor di Kota Surabaya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Kota Surabaya berada pada 07 derajat 9 menit - 07 derajat 21 menit LS (Lintang Selatan) dan 112 derajat 36 menit - 112 derajat 54 menit BT (Bujur Timur). Ketinggian 3-6 meter dpl. Kota ini memiliki luas wilayah sebesar 33.306,30 Ha dan dibagi menjadi 31 kecamatan dan 160 kelurahan. Batas-batas wilayah Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

Sebelah Utara : Selat Madura
Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
Sebelah Timur : Selat Madura
Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Menurut Pemerintah Kota Surabaya, Wilayah Surabaya Selatan terdiri dari beberapa kecamatan. Kecamatan tersebut antara lain:

1. Wonokromo
2. Wonocolo
3. Wiyung
4. Karang Pilang
5. Jambangan
6. Gayungan
7. Dukuh Pakis
8. Sawahan

2.2 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah hadirnya kontaminan atau zat polutan di udara yang dapat mengganggu kesehatan atau kesejahteraan manusia, atau menghasil kan efek lingkungan yang berbahaya (US EPA, 2007 dalam Vallero, 2008). Sedangkan, menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu

yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Pencemaran udara di perkotaan secara umum terdiri atas dua tipe, yaitu pelepasan polutan primer dan polutan sekunder. Polutan primer adalah polutan yang diemisikan secara langsung dari sumber, sedangkan polutan sekunder adalah polutan yang terbentuk akibat reaksi kimia polutan primer. Sebagai contoh polutan sekunder dapat membentuk sebuah *tropospheric zone* yang disebabkan oleh pembentukan ozon dari reaksi fotokimia oksida nitrogen dan berbagai jenis hidrokarbon.

- Berdasarkan sumbernya, pencemar udara terbagi atas :
    - Sumber Alami: Sumber pencemar berasal dari aktivitas alami misalnya emisi vulkanik (di daerah pegunungan) dan di daerah pantai dengan banyaknya rawa dan hutan bakau yang dapat menghasilkan konsentrasi gas metana yang tinggi.
    - Sumber Antropogenik: Sumber pencemar berasal dari kegiatan manusia. Misalnya kendaraan bermotor dan industri.
- Berdasarkan jenis pencemarnya, pencemar udara terdiri atas:
    - Pencemar Spesifik: Pencemar yang berasal dari sumber spesifik di suatu tempat tertentu. Misalnya: debu atau partikulat dari industri semen dan amonia dari industri pupuk.
    - Pencemar Indikatif: pencemar bersifat umum dan ditemukan hampir di semua tempat. Misalnya: CO, Oksida Nitrogen dan *Total Suspended Particulat*.
- Berdasarkan keadaan sumber pencemarnya yang terdiri atas:
    - Sumber Tetap *(Stationary Sources)* yaitu Sumber pencemar yang tidak berpindah lokasi. Misalnya: Pembangkit Listrik, Permukiman, dan Industri.
    - Sumber Bergerak *(Mobile Sources)* yaitu sumber pencemar dapat berpindah tempat. Misalnya: kendaraan bemotor, kereta api dan pesawat terbang.
- Berdasarkan distribusi ruangnya yang terdiri atas:

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

- Berdasarkan pembentukan pencemarnya yang terdiri atas:
  - Pencemar Primer yaitu adalah pencemar udara yang komposisinya tidak mengalami perubahan dalam atmosfer, baik secara kimiawi maupun fisik dalam jangka waktu tertentu. Misalnya: CO, CO_2, dan CH_4.
  - Pencemar Sekunder yaitu pencemar yang terbentuk di atmosfer sebagai hasil reaksi-reaksi atmosferik. Misalnya: hidrolisis, reaksi fotokimia dan oksidasi.

Berdasarkan sumbernya, pencemaran akibat aktivitas lalu lintas dapat diklasifikasikan sebagai pencemaran sumber antropogenik. Sedangkan berdasarkan distribusi ruangnya, pencemaran akibat lalu lintas termasuk dalam pencemaran sumber garis. Sumber utama pencemar udara akibat aktivitas lalu lintas adalah kendaraan bermotor (Vallero, 2008).

2.3 Parameter Pencemaran Udara

Berdasarkan mekanisme penguraian zatnya, pencemar terbagi menjadi dua jenis yaitu pencemar konservatif dan non-konservatif. Pencemar konservatif adalah pencemar yang hanya akan terdilusi atau tersuspensi apabila terjadi proses perpindahan dan/atau difusi. Sedangkan pencemar non-konservatif adalah pencemar yang dapat meluruh melalui mekanisme penguraian biologis atau karena reaksi kimia meskipun tanpa melibatkan proses perpindahan pencemar atau difusi (Kautitas, 1983 dalam Haryanto, 2008). Contoh pencemar konservatif adalah oksida sulfur (SO_x), karbon monoksida (CO), dan *Particulate matter* (PM). Sedangkan contoh pencemar non-konservatif adalah nitrogen dioksida

(NO_x). NO_x berperan sebagai polutan primer yang akan menghasilkan polutan sekunder, yaitu ozon (O_3). Produksi ini dipicu oleh reaksi fotokimia di atmosfer.

2.3.1. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x) adalah kelompok gas yang terdiri atas gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2) (Siregar, 2005). NO_x adalah salah satu polutan yang penting untuk dipelajari karena sifat toksisitas terhadap manusia (Zouzelka dan Rathousky, 2017). Selain itu, NO_x juga susah dihilangkan dikarenakan mekanisme tertentu terkait dengan kinetika kimia atau desorpsi oleh *catalytic converter* (IMechE, 2013 dalam Landolsi *et al.,* 2017). Sumber NO_x di perkotaan antara lain industri, kendaraan bermotor, PLTU, dan industri perminyakan (Soedomo, 2001).

Pada kendaraan bermotor, reaksi pembakaran hidrokarbon seperti bensin (C_8H_{18}) dengan udara tidak sepenuhnya menghasilkan CO_2 dan H_2O saja. Sehingga ada juga keluaran yang tidak diharapkan seperti hidrokarbon tak terbakar, gas nitrogen, panas eksotermik, CO, dan gas-gas lainnya. Pada jumlah udara teoritis dihasilkan 21% senyawa CO_2, 78% Nitrogen, dan 1% gas yang lain dan panas eksotermik (NASA-TN-D-8487, 1997). Pada umumnya reaksi pembakaran pada kendaraan bermotor adalah sebagai berikut:

$$C_8H_{18} + 12{,}5(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2 \quad (2.1)$$

Pembentukan NO dan NO_2 merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO \quad (2.2)$$

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2 \quad (2.3)$$

Dampak NO_x terhadap kesehatan manusia adalah sebagai berikut (Faiz *et al.,* 1990 dalam Liaquat *et al.,* 2010) :

1. Dapat meningkatkan kerentanan manusia untuk tertular infeksi virus seperti influenza.
2. Membuat iritasi paru-paru dan menyebabkan edema, bronkitis, dan pneumonia.
3. Meningkatkan sensitivitas penderita asma terhadap debu dan serbuk sari.

2.3.2 Ozon (O_3)

Ozon (O_3) termasuk dalam polutan sekunder, dimana O_3 adalah hasil reaksi atmosferik antara oksida-nitrogen oksida dengan hidrokarbon (oksidan fotokimia). Reaksi ini diinisiasi oleh energi fotonik dari sinar ultra violet (Soedomo, 2001). Pembentukan ozon dipengaruhi oleh berbagai prekursor, antara lain nitrit oksida (NO_x) dan *Volatile Organic Compound* (VOC) (Chen *et al.,* 2018). Selain oleh prekursor, pembentukan O_3 juga dipengaruhi oleh faktor meteorologis (Tie *et al.,* 2009c dalam Gao, 2017).

Ozon yang dihasilkan melalui reaksi fotokimia di troposfer memiliki waktu tinggal yang lebih lama ; beberapa hari di lapisan batas bumi hingga beberapa minggu di troposfer bebas (Aleksic *et al.,* 2016). Kadar ozon di perkotaan mengalami kecenderungan untuk meningkat. Hal ini disebabkan oleh (Wang *et al.,* 2009 ; Zhang *et al.,* 2015 dalam Gao, 2017) :

1. Reaksi fotokimia pembentukan O_3 dari prekursornya.
2. Kondisi fotokimia (radiasi sinar matahari).
3. *Regional transport* dari konsentrasi O_3.

Menurut Assomadi *et al.* (2016), fluktuasi data harian ozon di Surabaya adalah sebagai berikut :

1. Fase 1 (fase pembentukan ozon permukaan) dimulai pada 08.30 WIB sampai siang hari (12.30-13.00 WIB). Pada fase ini, konsentrasi ozon permukaan meningkat dari 30-40 µg/m^3 ke nilai maksimumnya, yaitu 110 µg/m^3 selama musim hujan dan 90 µg/m^3 selama musim kemarau.
2. Fase 2 atau fase destruksi ozon permukaan, terjadi setelah tengah hari hingga sore hari. Pada fase ini, konsentrasi ozon menurun hingga level terendah, yaitu 30-40 µg/m^3.

3. Fase 3 atau fase tetap, dimana konsentrasi ozon tetap rendah hingga terbitnya matahari keesokan harinya.

Apabila kadar ozon di permukaan bumi melebihi baku mutu yang ditetapkan, maka dikhawatirkan akan timbul dampak bagi kesehatan manusia. Dampak ozon bagi kesehatan manusia yaitu dapat mengiritasi mukosa saluran pernafasan, selain itu juga dapat menyebabkan kerusakan pada tumbuhan (Budiyono, 2001).

2.2.3. Hubungan Nitrogen Oksida dengan Ozon

Nitrogen Oksida dan Ozon terhubung dalam suatu siklus ozon sebagai akibat dari reaksi fotokimia. Hubungan tersebut digambarkan pada persamaan kimia berikut (Vallero, 2008):

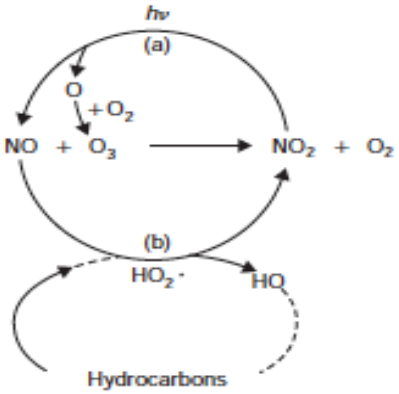
$$NO_2 + hv -> NO + O^* \quad (2.4)$$

$$O^* + O_2 + M -> O_3 + M \quad (2.5)$$

$$NO + O_2 -> NO_2 + O_2 \quad (2.6)$$

Persamaan 2.11 menggambarkan disosiasi NO_2 secara fotokimia. Persamaan 2.5 menunjukkan pembentukan ozon dari percampuran antara O* dan O_2. Sedangkan M adalah molekul ketiga lainnya (N_2 dan O_2 di atmosfer). Persamaan 2.6 menunjukkan oksidasi NO oleh O_3 untuk membentuk NO_2 dan oksigen molekuler. Reaksi ini tergambarkan dalam skema siklus (gambar 2.1) yang dipicu oleh foton yang direpresentasikan sebagai *hv*. Dalam kondisi reaksi tersebut, konsentrasi NO, NO_2, dan O_3 secara cepat menjadi setimbang saat siang hari.

Geng (2008) menyatakan bahwa siang hari, NO_2 ter fotodisasosiasi dalam hitungan menit sehingga membentuk O_3. Ketika pagi hari dimana kondisi sinar matahari belum terlalu banyak NO_2 tidak terfoto-diasosiasi.



Gambar 2. 1 Siklus fotokimia NO, NO_2, O_3, dan radikal bebas (Sumber : Vallero, 2008)

2.2.4. Baku Mutu

Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien (PP 41/1999). Baku mutu yang diacu dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Acuan
1.	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 jam	400 µg/Nm^3	PP 41/1999
		24 jam	150 µg/Nm^3	
		1 tahun	100 µg/Nm^3	
2.	Ozon (O_3)	1 jam	235 µg/Nm^3	PP 41/1999

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Acuan
		1 tahun	50 $\mu g/Nm^3$	
3.	Nitrogen Oksida (NO_x)	24 jam	92,5 $\mu g/Nm^3$	Pergub Jatim 10/2009

Sumber : PP 41/1999 dan Pergub Jatim 10/2009.

2.4 Emisi dari Aktivitas Lalu Lintas Kendaraan Bermotor

Pada satu dekade belakangan, emisi akibat aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor di jalan raya di negara berkembang semakin meningkat. Emisi ini memicu peningkatan pencemaran udara di perkotaan. Beberapa emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor antara lain oksida sulfur (SOx), nitrogen oksida (NOx), amonia (NH_3), non-methane volatile organic compound (NMVOC), dan particulate matter (PM). Polutan yang terkait dengan aktivitas dari jalan raya, seperti NO2 dan PM, memicu kekhawatiran akan dampaknya pada kesehatan masyarakat. Sedangkan, polutan gas lainnya berperan dalam pemanasan global, asidifikasi atmosfer, dan pembentukan polutan sekunder (Antanasijević et al., 2017).

2.4.1 Klasifikasi Jalan Raya

Menurut Undang-undang Republik Indonesia No 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, definisi jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan-nya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Berdasarkan Pasal 8 pengelompokkan jalan umum dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain :

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

Berdasarkan Pasal 9 pengelompokkan jalan umum berdasarkan statusnya dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

2.4.2 Data Kendaraan Kota Surabaya

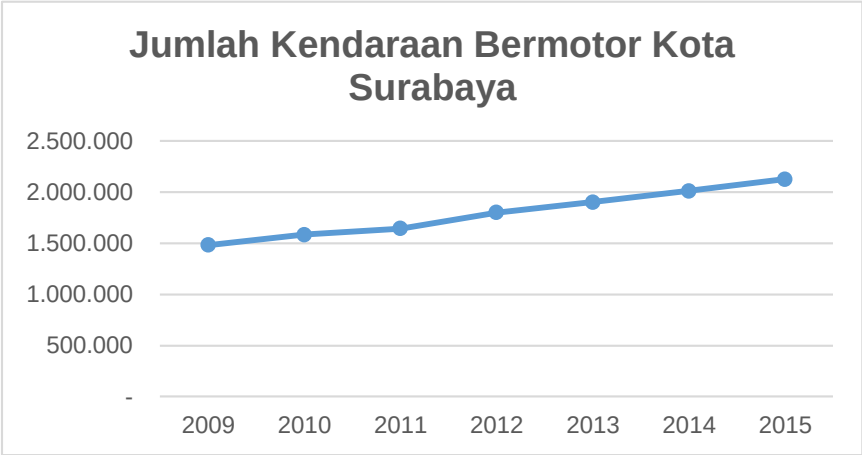
Menurut data Badan Pusat Statistika Kota Surabaya (2017), jumlah kendaraan yang ada di Kota Surabaya pada tahun 2009 hingga tahun 2015 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Jumlah Kendaraan Bermotor Kota Surabaya menurut Jenisnya

Jenis Kendaraan	Tahun						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sedan	51.610	50.555	48.258	47.459	50.164	53.024	56.046
Jeep	29.022	29.601	28.312	29.635	31.324	33.110	34.997
STWAGON	183.645	198.960	199.360	217.686	230.094	243.209	257.072
Bus	2.064	2.279	2.304	2.486	2.628	2.777	2.936
Truk	86.987	89.530	92.238	100.809	106.555	112.629	119.049
Sepeda Motor	1.129.870	1.213.457	1.274.660	1.402.190	1.482.115	1.566.595	1.655.891
Alat Berat	73	71	80	150	159	168	177
Jumlah Total	1.483.271	1.584.453	1.645.212	1.800.415	1.903.039	2.011.512	2.126.168

Sumber: Badan Pusat Statistika Kota Surabaya (2017)

Dari data diatas maka didapatkan grafik pertumbuhan kendaraan bermotor di kota Surabaya sebagaimana digambarkan pada grafik dibawah:



Gambar 2. 2 Grafik Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kota Surabaya 2009-2015
Sumber: Badan Pusat Statistika Kota Surabaya (2017)

2.4.3 Perhitungan Beban Pencemar

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 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:

$$n = m\ x\ FK \tag{2.7}$$

Dimana: *n* = jumlah kendaraan (smp/jam)
m = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)
FK = faktor konversi (smp/kendaraan)

Untuk pedoman konversi jenis kendaraan ke dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 3 Konversi Jenis Kendaraan Ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

No.	Jenis Kendaraan	Faktor konversi (smp)
1.	Kendaraan ringan (LV)	1
2.	Kendaraan berat (HV)	1,3
3.	Sepeda Motor (MC)	0,2

Sumber: MKJI, 1997

Tabel 2. 4 Faktor Emisi Kendaraan untuk Kota Metropolitan di Indonesia

Sub-kategori untuk perhitungan beban pencemar udara	NOx (g/km)
Angkot	2,1
Taksi	2,8
Roda 3 (bajaj)	0,25
Pick-up	2
Jeep	2,36
Van / minibus	1,55
Sedan	1,9

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

$$Q = n \; x \; FE \tag{2.8}$$

Dimana: Q = beban emisi (gram/jam)
n = jumlah kendaraan (smp/jam)
FE = faktor emisi (gram/km)

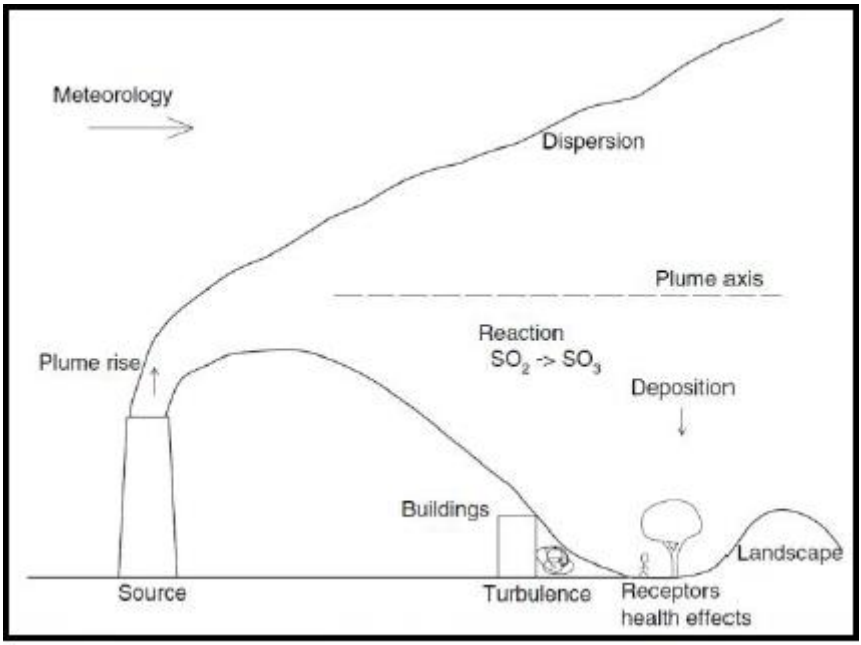
2.5 Model Dispersi Pencemar Udara

Model dispersi emisi udara diartikan sebagai prediksi dari konsentrasi suatu emisi pada waktu dan tempat yang ditentukan dengan menggunakan pendekatan fisik,kimia, dan dinamika fluida dari polutan di atmosfir (Colls, 2010). Beberapa fungsi dari model dispersi antara lain (Bruno, 2010):

- Untuk memprediksi efek dari sumber emisi terhadap kualitas udara ambien.
- Untuk mengevaluasi sumber emisi dalam rangka reduksi emisi untuk mencegah terjadinya polusi udara.
- Untuk merencanakan sistem tanggap darurat apabila kondisi darurat terjadi.

Model dispersi pencemar udara sangat penting untuk digunakan. Menurut Alex De Visscher (2014), ada beberapa alasan kegunaan model dispersi tergantung aplikasinya, yaitu:

- Kualitas udara di setiap lokasi dan waktu tidak mungkin untuk diukur.
- Jika terdapat sumber emisi akan direncanakan, model dispersi udara dapat memprediksi besaran dampak dari sumber tersebut.
- Model dispersi dapat menentukan asal sumber emisi ketika polusi udara terjadi.
- Model dispersi dapat menentukan reduksi emisi yang dibutuhkan ketika suatu sumber kegiatan menyebabkan masalah polusi udara.
- Model dispersi udara dapat digunakan sebagai acuan perencanaan sistem tanggap darurat seperti kebocoran gas.

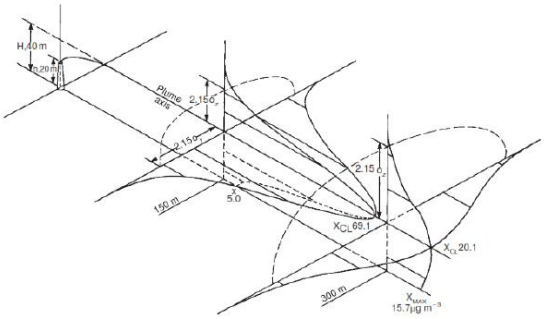


Gambar 2. 3 Ilustrasi Dispersi Pencemaran Udara
(Sumber: De Visscher,2014)

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa polusi udara dipengaruhi oleh kondisi cuaca (kecepatan angin, arah angin, temperatur, curah hujan, intensitas cahaya matahari), kondisi area (bangunan, bukit, air permukaan), sumber (dimensi cerobong, temperatur cerobong, kecepatan gas di cerobong, konsentrasi polutan), sifat fisik dan kimia polutan. Kondisi atmosfer sangat tidak menentu dan turbulen. Maka dari itu, konsentrasi polutan tidaklah konstan walapun kondisi cuaca dan sumber konstan. Sebuah model dispersi yang sukses memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Prediksi konsentrasi tiap jam rata-rata termasuk dalam setengah dari konsentrasi aktual terbanyak.
- Untuk waktu yang lama, konsentrasi rata-rata yang diprediksi mendekati nilai konsentrasi rata-rata aktual.

- Ketika konsentrasi yang diprediksi di waktu dan tempat yang berbeda diurutkan dari nilai terendah ke tertinggi, hal yang sama dilakukan pada konsentrasi terukur, kemudian didapatkan hasil yang mirip didapatkan. Hubungan dalam ruang dan waktu tidak perlu mempunyai urutan yang sama.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Dispersi Pencemaran Udara pada arah x,y,z (Sumber: De Visscher, 2014)

Ilustrasi di atas merupakan gambaran disperse pencemaran udara pada koordinat arah x,y,dan z. Koordinat x mengikuti arah angin, koordinat y adalah horizontal, sedangkan koordinat z adalah vertikal. Koordinat x mengikuti arah angin, koordinat y adalah horizontal, sedangkan koordinat z adalah vertikal. Untuk prediksi distribusi konsentrasi suatu pencemaran udara, model Gauss merupakan suatu model sederhana yang sering dipakai. Persamaan dari model Gauss ini adalah:

$$C = \frac{Q}{2 \times \pi \times u \times \sigma z \times \sigma y} \times exp\left(\frac{y^2}{2 \times \sigma_y^2}\right) \times \left\{exp\left[\frac{(z-h)^2}{2 \times \sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{(z+h)^2}{2 \times \sigma_z^2}\right]\right\} \quad (2.9)$$

C = konsentrasi polutan, g/m³
Q = laju emisi polutan, g/dtk

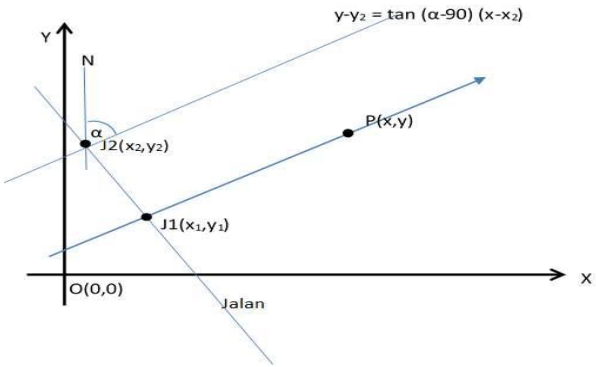
u = kecepatan angin rata-rata, m/dtk
σz = standar deviasi konsentrasi *plume* arah horizontal, m
σy = standar deviasi konsentrasi *plume* arah vertikal, m
h = tinggi efektif sumber, m
x = jarak downwind sepanjang centerline *plume* dari titik sumber, m
y = jarak crosswind dari centerline *plume*, m
z = tinggi di atas permukaan, m

2.5.1. Tranformasi Koordinat

Perhitungan koordinat diperlukan sebagai salah satu *input* dalam permodelan yang akan dilakukan. 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^o (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^o setara dengan 24 jam dan 1 jam setara dengan $15\ ^o$.

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 2.5. Sistem koordinat kartesius dan kedudukan *line source* (J) dan penerima (P) (Sumber : Assomadi, 2016)

Pendekatan transformasi koordinat penerima dengan analisis geometri adalah sebagai berikut :

Gradien jalan *m* $= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ (2.10)

Sudut arah jalan dari sudut angin *N* (*A*) = a tan (*m*) (2.11)

Konstanta pada garis jalan (k) $= y_1 - mx_1$ (2.12)

Selisih sudut jalan dengan arah angin (B) = α - 90 + A (2.13)

Jarak penerima dengan jalan searah angin (d) = $\frac{\left((mx_1 + k - y)/\sqrt{(1+m^2)}\right)}{sin\ B}$ (2.14)

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

$$x_e = \frac{m_a x - m x_1 - y + y_1}{m_a - m} \tag{2.15}$$

$$y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1 \tag{2.16}$$

2.5.2. Faktor Difusi

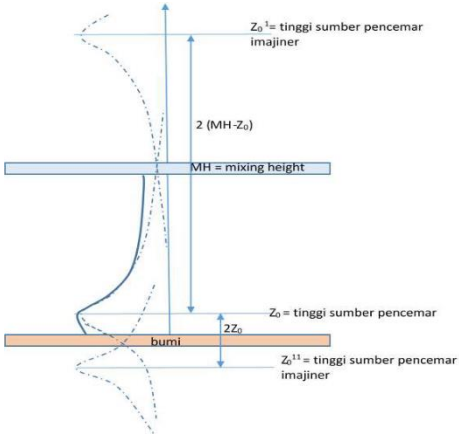
Persebaran polutan dapat terjadi karena proses difusi, adveksi, dan proses lain yang terjadi (proses kimia atau biologis). Secara umum, persamaan yang dapat menggambarkan proses persebaran kontaminan yang disebabkan oleh proses difusi adalah (Assomadi, 2016):

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \sum_1^i \left(D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_x \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) \tag{2.17}$$

Dengan menyelesaikan diferensial tersebut dalam kondisi perhitungan parsial terhadap X, maka didapatkan persamaan:

$$C\ (x,t)\ = \frac{m_a}{A\sqrt{\overline{4\pi D_x t}}} exp\ \left(\frac{-(x-x_o)^2}{4D_x t} \right) \tag{2.18}$$

Difusi suatu polutan akan tersebar ke ruang 3 dimensi (sumbu x, y, dan z). Difusi polutan akan terjadi hingga suatu titik dimana terjadi *plume* maksimal dari suatu pencemar. Gambar 2.6 menggambarkan difusi ke arah vertikal (Dz) dengan kondisi titik x dan y tetap.



Gambar 2.6. Skema difusi pencemar secara vertikal (Dz)
(Sumber : Assomadi, 2016)

Pada ketinggian di bawah sumber pencemar, konsentrasi di setiap titik sepanjang sumbu z merupakan jumlah superposisi distribusi konsentrasi dari sumber riil dan sumber imajiner dengan batas permukaan bumi. Secara matematis, pernyataan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C(z,t) = C(z_0,t) + C(-z_0,t) \tag{2.19}$$

$$C(x,t) = \frac{m_a}{A\sqrt{4\pi D_z t}}\left(exp\left(\frac{-(z-z_o)^2}{4D_z t}\right) + xep\left(\frac{-(z+z_o)^2}{4D_z t}\right)\right) \tag{2.20}$$

2.5.3. Faktor Kinetika Reaksi

Faktor kinetika reaksi menggambarkan hubungan antara konsentrasi O_3, NO_2, dan radiasi matahari. Laju reaksi yang terjadi pada persamaan 2.11 dan 2.12 dapat digambarkan dalam perumusan sebagai berikut:

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_1[NO_2]hv - k_2[O][O_2] \tag{2.21}$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_2[O][O_2]$$

(2.22)

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.

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

(2.23)

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

2.5.4. Pendekatan Model Distribusi Pencemar di Perkotaan

Persamaan yang digunakan untuk memodelkan dispersi pencemaran udara dari sumber garis menggunakan pendekatan baru model distribusi pencemar di atmosfer perkotaan berdasarkan Assomadi (2016). Model distribusi pencemar di perkotaan dengan memasukan kinetika reaksi untuk satu sumber adalah:

$$C_L(x,y,z) = \frac{Q}{4\pi x'\sqrt{D_y D_z}} exp\left(\frac{-y^2 v}{4D_y x'}\right)\left(exp\left(\frac{-(z-H)^2 v}{4D_z x'}\right) + exp\left(\frac{-(z+H)^2 v}{4D_z x'}\right)\right)(exp(-kC^n))$$

(2.24)

Pada prinsipnya, model distribusi pencemaran dari sumber garis adalah sekumpulan persamaan titik yang membentuk pola tertentu. Karena sumber garis terletak pada sumbu y, maka nilai Dy akan diabaikan. Persamaan *infinite* yang dapat digunakan dalam memodelkan pencemar udara dari sumber garis adalah:

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

(2.25)

Dengan :

C_L (x,y,z) = Konsentrasi pada titik (x,y,z) (gr/m^3)
Q = Beban emisi (gr/det)
x = Jarak searah angin (m)
z = Ketinggian reseptor (m)
H = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)
v = Kecepatan angin (m/det)
λ = Konstanta laju reaksi
D_z, D_y = Konstanta difusi (1,75 torr.cm^2/det pada T=30^{o}C)

2.6 Verifikasi Model

Verifikasi Model dilaksanakan untuk menentukan kesesuaian hasil model yang dibangun dengan teori yang ada maupun data di lapangan. Model dapat dinyatakan berhasil oleh EPA jika model tersebut mendapat nilai korelasi sebesar 0,572. Nilai tersebut didapatkan menggunakan persamaan berikut:

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

(2.26)

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

(2.27)

Keterangan:

$Corr$ = Korelasi

$RMSE$ = Root Mean Square Error

$\bar{y}$ = Nilai model rata-rata

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

$\overline{obs}$ = Nilai observasi rata-rata

2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Model Dispersi Pencemaran Udara

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi disperse emisi udara, yaitu:

1. Tekanan udara: Karena udara mempunyai berat, maka seluruh molekul udara tertekan ke bawah. Apabila tekanan udara tinggi dan langit cerah maka polutan dapat terdispersi dengan baik, sebaliknya jika tekanan rendah dan langit berawan maka dispersi minimal terjadi (Visscher, 2014).
2. Angin: Angin adalah pergerakan udara yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan dan ketinggian. Arah angin berpengaruh pada plume dan dapat digunakan untuk mencari pencemaran background dari suatu kota (Visscher, 2014).
3. Suhu udara: suhu udara berpengaruh kepada ketebalan dari mixing layer. Semakin tebal mixing layer maka semakin banyak volume udara yang dapat mendispersi polutan (Visscher, 2014).
4. Kelembaban: Kelembaban maksimum dan kelembaban relatif mempengaruhi suhu udara (Zhongchao, 2014).
5. Radiasi sinar matahari: radiasi sinar matahari mempengaruhi kestabilan atmosfer dan *atmospheric boundary layer* (Visscher, 2014).

6. Turbulensi udara: turbulensi udara disebabkan oleh fluktuasi arah angin sehingga penyebaran polutan di udara. Turbulensi secara mekanis disebabkan oleh kekesaran dari permukaan. Gedung tinggi memiliki tingkat kekasaran yang juga tinggi (Visscher, 2014).
7. Temperatur permukaan atau temperatur ambien: pergerakan polutan di udara terjadi menggunakan prinsip konveksi, yaitu perpindahan zat dari satu tempat menuju ke tempat lain menggunakan pergerakan dari udara. Konveksi udara menjadi penting dalam pendispersian polutan di udara karena konveksi menciptakan transfer vertikal polutan. Konveksi bebas terjadi karena partikel polutan bergerak menggunakan gaya angkat nya sendiri (Visscher, 2014).

2.8 Stabilitas Atmosfer

Salah satu parameter mempengaruhi dispersi pencemar adalah stabilitas atmosfer. Stabilitas atmosfer menggambarkan kemampuan atmosfer untuk mendispersikan pencemar. Menurut Pasquill Gillford, stabilitas atmosfer terbagi menjadi enam kelas, mulai dari A sampai F. A merupakan sangat tidak stabil, dan F stabil. Semakin tidak stabil atmosfer, maka semakin cepat persebarannya sehingga area dispersinya semakin luas. Berikut adalah tabel stabilitas atmosfer menurut Pasquill-Gifford.

Tabel 2. 5 Kelas Stabilitas Atmosfer Pasquill-Gillford

		Siang		Malam	
u(m/s)	Kuat	Menengah	Lemah	Berawan	Terang
<2	A	A-B	B	E	F
2 - 3	A-B	B	C	E	F
3 - 5	B	B-C	C	D	E
5 - 6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

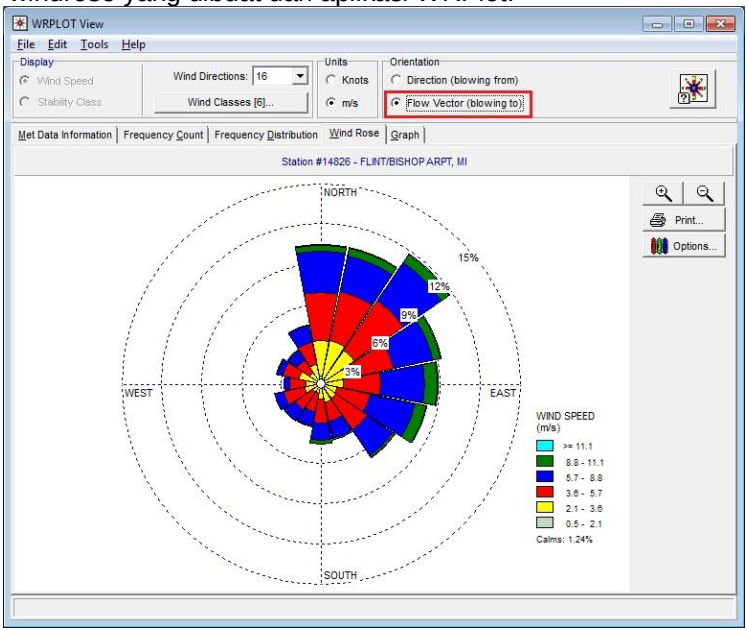
Sumber: De Visscher(2014)

Untuk model yang dikembangkan pada penelitian Assomadi (2016) kelas stabilitas atmosfer yang digunakan adalah kelas A, B, C, dan D. Kelas ini dipilih dikarenakan menggambarkan stabilitas atmosfer di Kota Surabaya.

2.9 Aplikasi Pendukung

2.9.1 WRPlot

WRPLOT View adalah program peningkatan angin yang beroperasi penuh untuk data meteorologi. Aplikasi ini menyediakan alur angin visual, analisis frekuensi, dan plot untuk beberapa format data meteorologi. Aplikasi ini menggambarkan frekuensi terjadinya angin di masing-masing sektor arah angin yang ditentukan dan kelas kecepatan angin untuk lokasi dan periode waktu tertentu. Berikut adalah contoh windrose yang dibuat dari aplikasi WRPlot:



Gambar 2. 7 Contoh Windrose dari WRPlot
(Sumber: Lakes Environmental)

Aplikasi WRPlot yang digunakan pada penelitian ini adalah aplikasi *open source* yang diunduh pada https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html.

2.9.2 Matlab

Matlab merupakan bahasa pemrograman dengan kemampuan tinggi dalam bidang komputasi. Matlab memiliki kemampuan mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman. Biasanya Matlab digunakan untuk keperluan:

- Matematika dan Komputasi
- Pembentukan Algorithm
- Akusisi Data
- Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototype
- Analisa data, explorasi, dan visualisasi
- Grafik Keilmuan dan bidang Rekayasa

Matlab yang digunakan pada penelitian ini adalah Matlab R2013 yang diunduh di unduh.its.ac.id

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran emisi NO_x yang dihasilkan pada sumber garis di sekitar stasiun pemantau kualitas udara dengan kode SUF-7 yang terletak di Kantor Kelurahan Kedungsari, Surabaya (7°19'45.10"S 112°42'53.50"T). SUF-7 mulai beroperasi pada tahun 2013 dengan peruntukan lahan di sekitarnya menurut RTRW Kota Surabaya adalah untuk Permukiman Jalan yang diambil adalah jalan yang berada di sekitar SUF-7, dimana stasiun pemantau kualitas udara mampu menangkap pencemar udara hingga radius 5 km. (SARPEDAL KLH, 2003)

Gambar 3. 1 Letak SUF-7 Kota Surabaya

Menurut Pemerintah Kota Surabaya, Wilayah Surabaya Selatan terdiri dari beberapa kecamatan. Kecamatan tersebut antara lain:

1. Wonokromo
2. Wonocolo
3. Wiyung
4. Karang Pilang
5. Jambangan

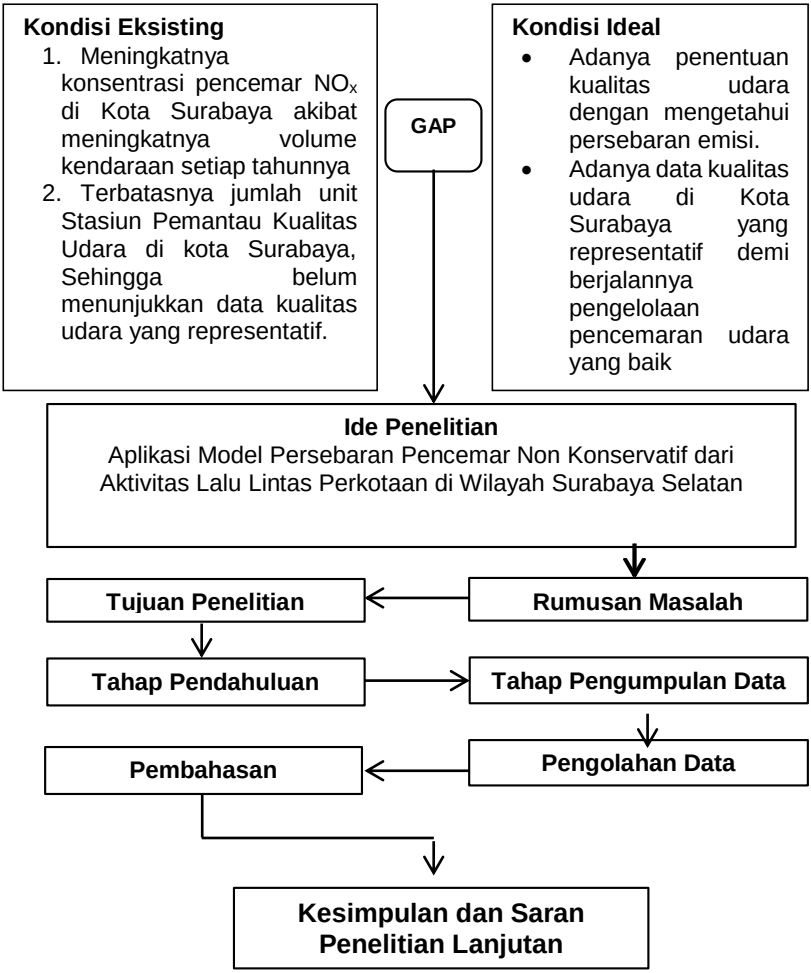
6. Gayungan
7. Dukuh Pakis
8. Sawahan

Berdasarkan pembagian wilayah di atas, maka jalan raya yang akan digunakan sebagai sampel untuk pemetaan persebaran NO_x dan O_3 dari sumber garis antara lain :

1. Jalan Mastrip.
2. Jalan Wonokromo
3. Jalan A. Yani
4. Jalan Mayjend. Sungkono
5. Jalan Jemursari
6. Jalan Jemur Andayani
7. Jalan Tol Surabaya - Gempol

3.2. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan kerangka acuan yang berisi rangkaian pokok kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Kerangka penelitian dapat mempermudah proses pengerjaan penelitian agar konsisten dengan tujuan dan rumusan yang telah direncanakan. Kerangka alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian

3.3. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan pada penelitian ini terdiri atas :

1. Melakukan kajian literatur antara lain terhadap :
    - Karakteristik dan persebaran pencemar non konservatif.
    - Penentuan beban emisi dari aktivitas lalu lintas.
    - Model dispersi pencemar udara yang dapat memodelkan persebaran NO_x dari sumber garis (*line source*)
    - Verifikasi model yang dibuat.
2. Melakukan kegiatan 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 Kota Surabaya, untuk kepentingan data terkait jalan raya dan lalu lintas.
    - Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, untuk kepentingan data tren kualitas udara di Kota Surabaya.

3.4. Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk menunjang penyusunan tugas akhir ini antara lain:

1. Data Stasiun Pemantau Kualitas Udara.

    Data yang diperlukan pada penelitian ini diambil dari data stasiun pemantau kualitas udara SUF-7 yang terletak di Kelurahan Kebonsari (7°19'45.10"S 112°42'53.50"T). Data tersebut merupakan data sekunder yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya.

Data stasiun kualitas udara yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu data model dan data verifikasi. Data yang digunakan pada model yaitu adalah data arah dan kecepatan angin beserta data GRAD yang ditangkap oleh SUF-7. Sedangkan data verifikasi adalah data kualitas udara yang ada pada SUF-7 dimana pada penelitian ini diwakilkan oleh data kualitas udara dengan parameter NO_2. Data verifikasi digunakan untuk memverifikasi data kualitas udara yang dihasilkan oleh model. Data Stasiun Pemantau Kualitas Udara yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Data Volume Kendaraan Bermotor

   Data volume kendaraan bermotor dibutuhkan untuk menunjang perhitungan beban emisi. Data ini merupakan data sekunder yang berasal dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya 2017 (Jalan Arteri dan Kolektor Surabaya Selatan) dan Jasa Marga (Tol Surabaya-Gempol).

   Data volume kendaraan yang disurvey oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya merupakan data yang disurvey dalam kurun waktu satu hari, namun pada penelitian ini data tersebut dianggap sudah merepresentasikan volume harian kendaraan bermotor di Surabaya Selatan. Contoh data survei volume kendaraan bermotor yang disurvey dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. Data Meteorogi.

   Data Meteorologi yang dibutuhkan adalah kecepatan dan arah angin. Data tersebut merupakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Juanda dan/atau Stasiun Tanjung Perak.

   Data kecepatan dan arah angin yang didapatkan dari BMKG ini adalah data yang digunakan untuk pembuatan skenario pencemaran udara pada model yang telah terverifikasi.

3.5. Tahap Pengolahan Data

Analisis data dilakukan setelah tahapan pengumpulan data. Kegiatan ini meliputi perhitungan beban emisi, pembuatan model persebaran pencemar udara dan verifikasi data. Adapun tahap-tahapan pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Beban Emisi dari Aktivitas Lalu Lintas.

   Perhitungan beban emisi dari aktivitas lalu lintas di sekitar SUF-7 dengan parameter pencemar yaitu NO_x. Perhitungan beban emisi NO_x membutuhkan data tren volume lalu lintas dan ekonomi bahan bakar. *Output* perhitungan beban emisi ini adalah data beban emisi yang akan dijadikan dasar analisis persebaran pencemar udara non konservatif.

Metode perhitungan beban emisi NO_x didasarkan pada persamaan 2.28. Rumus perhitungan beban emisi tersebut adalah :

$$E_a = A \; x \; EF \; x \; L \; x \; f \tag{2.28}$$

Dimana :
Ea = Beban emisi (gr/waktu)
A = Jumlah kendaraan (kend/waktu)
EF = Faktor emisi (gr/km)
L = Panjang jalan (km)
f = Faktor penyesuaian beban emisi dengan kecepatan

Faktor emisi pencemar udara non konservatif yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada faktor emisi yang ada pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Berikut adalah faktor emisi yang digunakan.

Tabel 3. 1 Faktor Emisi Pencemar Non Konservatif

Kategori perhitungan pencemar udara	NOx (g/km)
sepeda motor	0,29
mobil (bensin)	2
mobil (solar)	3,5
mobil*	2,3
Bis	11,9
Truk	17,7

Sumber: Permen LH 12/2010

Tabel 3. 2 Faktor Emisi Sub-kategori Mobil

Sub-kategori perhitungan pencemar udara	NOx (g/km)
Angkot	2,1
Taksi	2,8
Roda 3 (bajaj)	0,25
pick-up	2
Jeep	2,36
van/minibus	1,55
Sedan	1,9

Sumber: Permen LH 12/2010

Menurut Assomadi (2016), perbedaan rata-rata kecepatan menentukan beban emisi setiap kendaraan sehingga diperlukan koreksi beban emisi. Koreksi beban emisi kendaraan bermotor dilakukan dengan menambahkan faktor koreksi dari faktor emisi yang digunakan.

Faktor koreksi yang digunakan pada penelitian ini adalah faktor koreksi yang ada pada penelitian Assomadi (2016). Berikut adalah faktor koreksi untuk faktor emisi berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan.

Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata

Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Faktor Koreksi Emisi
110	1,5
100	1,4
90	1,25
80	1
70	1
60	1
50	1,1
40	1,25
30	1,4
20	1,75
10	2,5
5	3,6

Sumber: Assomadi (2016)

Untuk faktor koreksi yang lebih akurat dapat dilakukan interpolasi data dari faktor koreksi di atas. Rumus interpolasi yang digunakan adalah:

$$FK = FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} x\ (FK_2 - FK_1) \quad (2.29)$$

Dimana :

FK = Faktor koreksi yang dicari
v = Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)
FK_1 = Faktor koreksi 1
FK_2 = Faktor koreksi 2
v_1 = Kecepatan rata-rata kendaraan 1 (km/jam)
v_2 = Kecepatan rata-rata kendaraan 2 (km/jam)

Beban emisi yang didapatkan pada hasil perhitungan adalah beban emisi dari 16 jam pemantauan volume kendaraan. Untuk melengkapi data 24 jam dalam satu hari dan

7 hari dalam seminggu dibutuhkan ekstrapolasi data beban emisi. Ekstrapolasi dilakukan dengan mengalikan beban emisi rata-rata yang telah didapatkan dari hasil perhitungan dengan faktor harian dan faktor mingguan. Faktor harian dan faktor mingguan yang digunakan adalah faktor yang ada pada penelitian Assomadi (2016). Faktor harian dan mingguan yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 3. 4 Faktor Harian

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

Sumber: Assomadi (2016)

Tabel 3. 5 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)

2. Pengolahan Data Meteorologi.

Data meteorologi Kota Surabaya yang berupa tren arah dan kecepatan angin selama tahun 2017 pada 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Data tersebut lalu diolah untuk menghasilkan *windrose* yang menggambarkan arah dan kecepatan angin dominan. *Windrose* lalu dijadikan acuan pada saat pembuatan skenario persebaran emisi NO_x dan O_3. Pembuatan *windrose* dilakukan dengan bantuan piranti lunak WRPLOT. Cara pembuatan *windrose* adalah:

1. Merekapitulasi data kecepatan angin dan arah angin pada tahun 2017 pada masing-masing musim penghujan dan kemarau.
2. Memasukkan data tersebut ke dalam piranti lunak WRPLOT. Hasil dari pengolahan di piranti ini berupa gambar *windrose* dan tabel distribusi frekuensi arah dan kecepatan angin.

Pengolahan Data Meteorologi pada penelitian ini menggunakan dua variasi yaitu variasi musim dan variasi kecepatan angin. Variasi musim dibedakan menjadi dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Variasi musim dipilih karena

berpengaruh terhadap arah angin dominan. Pembuatan Model Persebaran Pencemar Udara.

Model persebaran pencemar non konservatif yang dibuat menggunakan dasar pendekatan model distribusi pencemaran di perkotaan. Data yang perlu dimasukkan antara lain:

- Data beban emisi pencemar non konservatif.
- Data arah angin terhadap jalan raya dan data kecepatan angin.
- Data tinggi efektif sumber pencemar. Sumber emisi pencemar yang diteliti adalah knalpot dari kendaraan bermotor, sehingga tinggi efektif yang digunakan adalah tinggi efektif sumber pencemar.
- Lokasi reseptor terhadap jalan raya sumber emisi pencemar dalam bentuk koordinat kartesius (x,y).
- Tinggi reseptor, dengan tinggi reseptor yang digunakan adalah tinggi Stasiun Pemantau Kualitas Udara yang ada di Surabaya (SUF).
- Kinetika reaksi. Kinetika reaksi yang digunakan berdasarkan dua musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Nilai konstanta kinetika reaksi untuk musim kemarau adalah 0.9466 ($\mu g/m^2)^2/watt$ dan untuk musim penghujan sebesar 1.1044 ($\mu g/m^{2)2}/watt$ (Assomadi, 2016).

Persamaan yang digunakan untuk membuat model persebaran adalah persamaan 2.30.

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

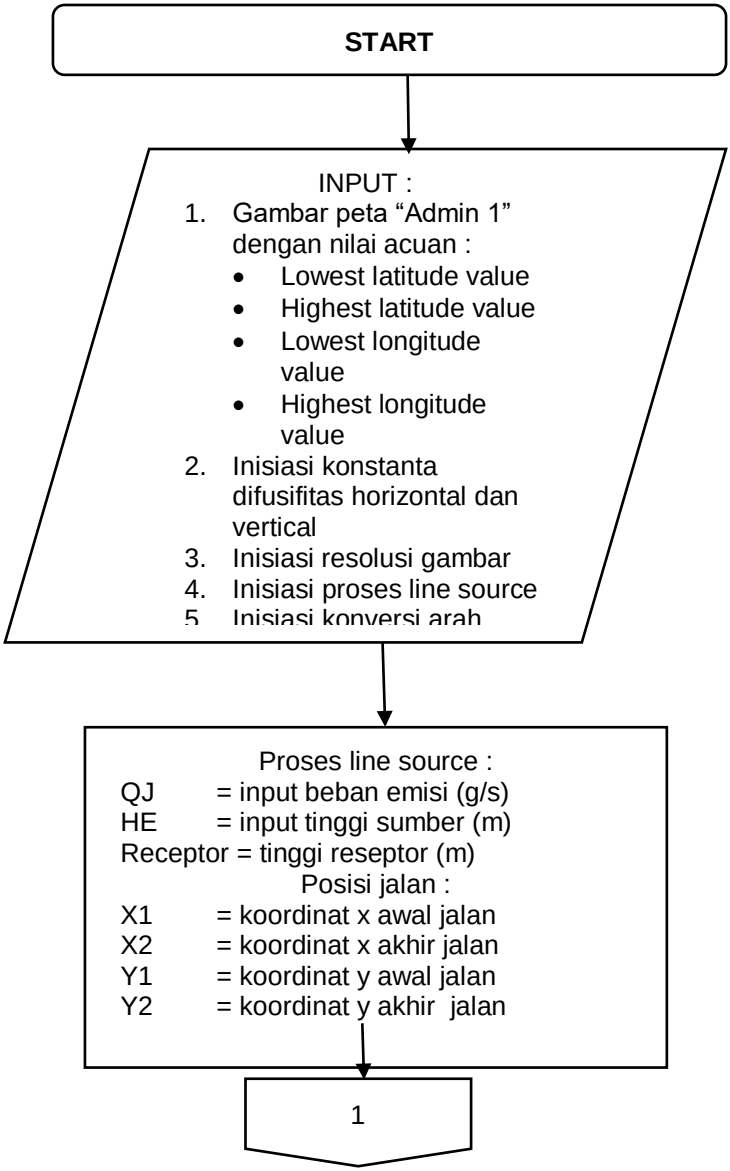
(2.30)

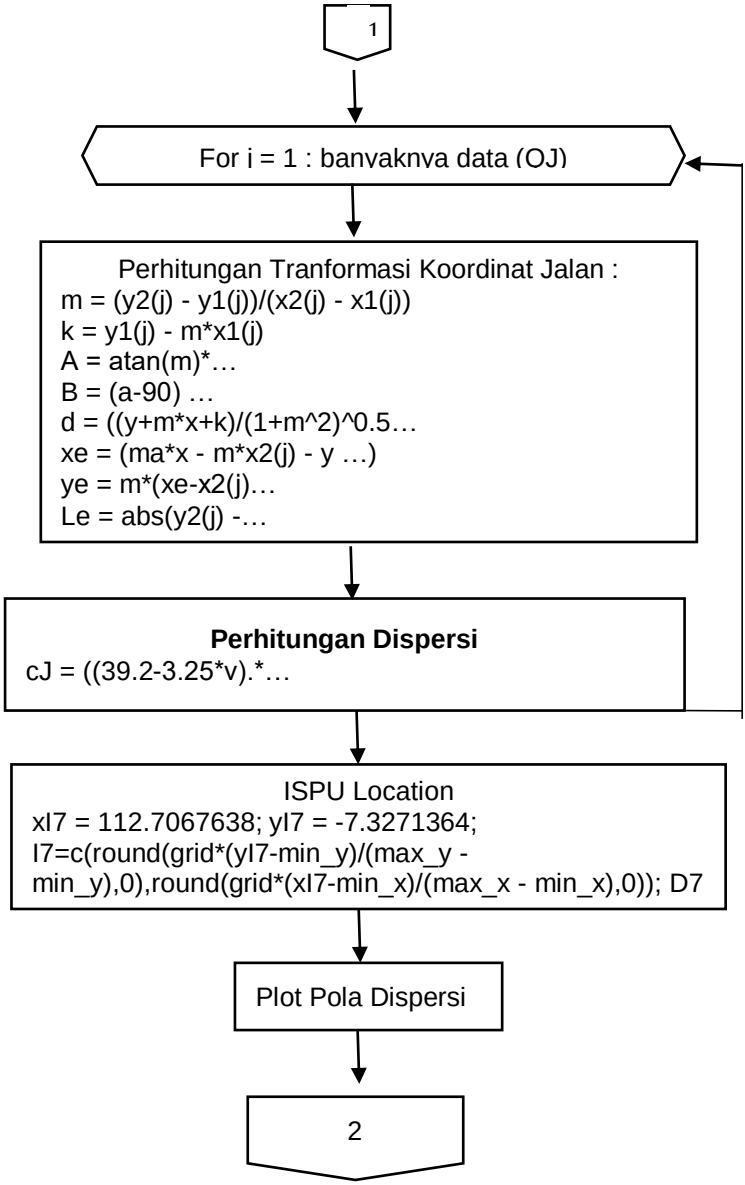
Dengan:

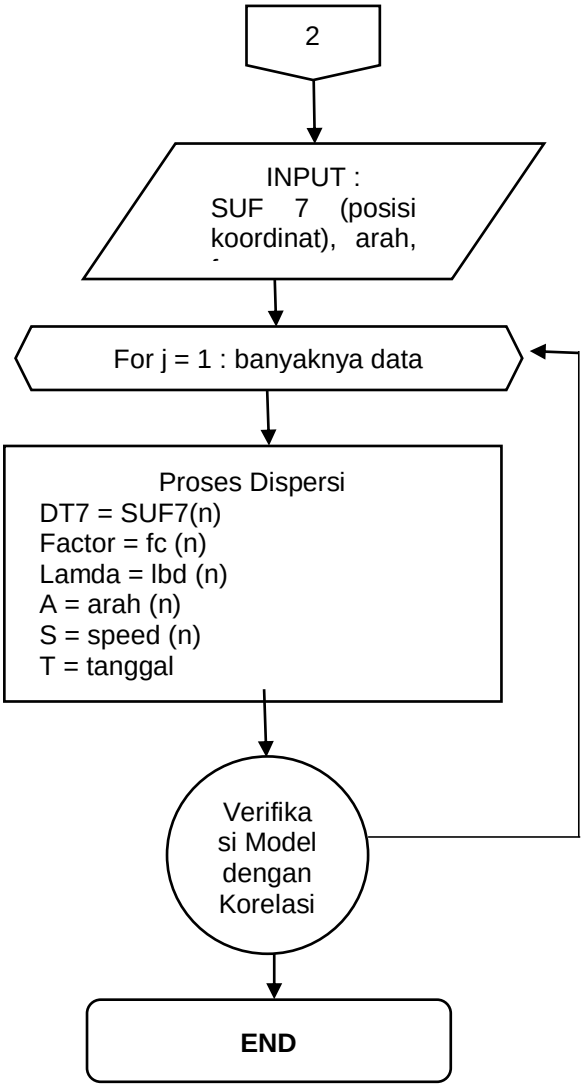
- C_L (x,y,z) = Konsentrasi pada titik (x,y,z) (gr/m^3)
- Q = Beban emisi (gr/det)
- x = Jarak searah angin (m)
- y = Jarak tegak lurus arah angin (m)
- z = Ketinggian reseptor (m)
- H =Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)
- v = Kecepatan angin (m/det)
- λ = Konstanta laju reaksi ((µg/m^2)^2/watt)
- D_z, D_y = Konstanta difusi (1,75 torr.cm^2/det pada T=30^{o}C)
- Θ = Sudut angin
- L = Panjang jalan

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

1) Membuat algoritma pemrograman.
   Algoritma pemrograman dibuat untuk mengetahui alur kerja dari *script* yang digunakan. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.


START
INPUT :
1. Gambar peta “Admin 1” dengan nilai acuan :
• Lowest latitude value
• Highest latitude value
• Lowest longitude value
• Highest longitude value
2. Inisiasi konstanta difusifitas horizontal dan vertical
3. Inisiasi resolusi gambar
4. Inisiasi proses line source
5 Inisiasi konversi arah
Proses line source :
QJ = input beban emisi (g/s)
HE = input tinggi sumber (m)
Receptor = tinggi reseptor (m)
Posisi jalan :
X1 = koordinat x awal jalan
X2 = koordinat x akhir jalan
Y1 = koordinat y awal jalan
Y2 = koordinat y akhir jalan
1


1
For i = 1 : banyaknya data (OJ)
Perhitungan Tranformasi Koordinat Jalan :
m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j))
k = y1(j) - m*x1(j)
A = atan(m)*…
B = (a-90) …
d = ((y+m*x+k)/(1+m^2)^0.5…
xe = (ma*x - m*x2(j) - y …)
ye = m*(xe-x2(j)…
Le = abs(y2(j) -…
Perhitungan Dispersi
cJ = ((39.2-3.25*v).*…
ISPU Location
xI7 = 112.7067638; yI7 = -7.3271364;
I7=c(round(grid*(yI7-min_y)/(max_y -
min_y),0),round(grid*(xI7-min_x)/(max_x - min_x),0)); D7
Plot Pola Dispersi
2



Gambar 3. 3 Algoritma Pemrograman

2) Membagi *grid* persebaran emisi.
Pembagian *grid* bertujuan untuk menetapkan lokasi-lokasi reseptor persebaran emisi dari aktivitas jalan raya. Sehingga, grid Pembagian *grid* dilakukan pada wilayah Surabaya Selatan dengan pusat emisi ada di jalan arteri sekunder yang telah ditetapkan. *Grid* dibagi menjadi 300 titik dikarenakan pada jumlah *grid* ini, dihasilkan penggambaran persebaran yang cukup baik.

3) Menghitung transformasi koordinat.
Setelah dilakukan penetapan *grid*, selanjutnya adalah menghitung transformasi koordinat. Sebelumnya, seluruh koordinat dikonversi dalam bentuk koordinat kartesius. Kemudian, koordinat reseptor ditransformasi terhadap koordinat jalan raya yang dimodelkan dengan persamaan 2.31 dan 2.32. Selain itu, sudut angin juga dikoreksi terhadap sudut jalan raya dengan persamaan 2.33-2.37.

Gradien jalan *m* =

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2.31)$$

Sudut arah jalan dari sudut angin *N* (*A*)=

$$a \tan (m) \quad (2.32)$$

Konstanta pada garis jalan (k)=

$$y_1 - mx_1 \quad (2.33)$$

Selisih sudut jalan dengan arah angin (B) =

$$\alpha - 90 + A \quad (2.34)$$

Jarak penerima dengan jalan searah angin

$$(d) = \frac{\left((mx_1 + k - y)/\sqrt{(1+m^2)}\right)}{sin\ B} \quad (2.35)$$

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

$$x_e = \frac{m_a x - m x_1 - y + y_1}{m_a - m}$$

(2.36)

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

(2.37)

4) Menghitung persebaran emisi.
Dengan menggunakan data-data yang diperlukan, maka persebaran emisi dapat dimodelkan untuk setiap titik reseptor. Perhitungan persebaran emisi dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.37 untuk setiap skenario yang ditetapkan.

3. Verifikasi Model Terbangun

Langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi hasil model terbangun. Verifikasi hasil permodelan dilakukan menggunakan data kualitas udara pada SUF-7. Verifikasi dilakukan secara *timeseries* terhadap data pada SUF-7. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(obs_i - \overline{obs})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2}\sqrt{(obs_i - \overline{obs})^2}} \quad (2.38)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}(y_i - obs_i)^2} \quad (2.39)$$

Dengan :

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

Target korelasi yang ingin dicapai adalah 0,572 dan RMSE 14,2 sesuai rekomendasi US EPA. Apabila target belum tercapai maka dilakukan koreksi terhadap model yang dibuat.

4. Pembuatan Skenario

Pembuatan skenario pada model digunakan untuk mengetahui kondisi pencemaran terburuk yang terjadi pada wilayah Surabaya Selatan. Untuk variasi kecepatan angin digunakan Skala Beaufort yang mengelompokkan kecepatan angin tertentu. Untuk penelitian ini digunakan tiga angka Skala

Beaufort yaitu 0,1, dan 2. Pengelompokkan kecepatan angin dengan Skala Beaufort dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 6 Skala Beaufort

Skala Beaufort	Kecepatan angin (m/s)	Tinggi Gelombang (m)
1	0 - 0,3	0
2	0,3 - 1,5	0 - 0,2
3	1,5 - 3,3	0,2 - 0,5
4	3,3 - 5,5	0,5 – 1
5	5,5 - 8	1,0 - 2,0
6	8 - 10,8	2,0 - 3,0
7	10,8 - 13,9	3,0 - 4,0
8	13,9 - 17,2	4,0 -5,5
9	17,2 - 20,7	5,5 - 7,5
10	20,7 - 24,5	7,5 – 10
11	24,5 - 28,4	10 - 12,5
12	28,4 - 32,6	12,5 – 16
13	32,6 <	16<

Untuk variabel pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. 7 Variabel Penelitian

Musim	Kecepatan Angin (Skala Beaufort)		
	3	4	5
Penghujan	P3	P4	P5
Kemarau	K3	K4	K5

Dari variabel diatas maka data yang didapat adalah nilai konsentrasi pencemar non konservatif pada reseptor (SUF-7).

3.6. Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan pembahasan, maka tahap selanjutnya adalah penarikan kesimpulan penelitian. Penarikan kesimpulan penelitian menjawab tujuan penelitian yang ingin dicapai. Kemudian dilanjutkan dengan saran penelitian lanjutan

maupun perbaikan yang harus dilakukan pada penelitian selanjutnya.

BAB 4
PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Kondisi Lalu Lintas

4.1.1. Karakteristik Jalan

Pada penelitian ini digunakan data survey lalu lintas Dinas Perhubungan yang dilaksanakan pada tahun 2017. Dimana jalan yang dipilih adalah jalan arteri, kolektor dan Tol yang berada pada wilayah Surabaya Selatan. Selanjutnya jalan yang dipilih diambil titik-titik koordinatnya melalui Google Maps. Berikut adalah koordinat jalan yang dipilih :

Tabel 4. 1 Jalan Raya di Surabaya Selatan

No	Nama Jalan	Koordinat Jalan (Kartesius)			
		y		x	
		in	fin	in	fin
1	Jl. A Yani	-7,347	-7,345	112,724	112,729
		-7,345	-7,337	112,729	112,729
		-7,337	-7,327	112,729	112,732
		-7,327	-7,306	112,732	112,736
2	Jl. Wonokromo	-7,306	-7,301	112,736	112,737
		-7,301	-7,298	112,737	112,738
3	Mastrip	-7,310	-7,313	112,711	112,710
		-7,313	-7,337	112,710	112,703
		-7,337	-7,351	112,703	112,662
4	Mayjen Sungkono	-7,293	-7,292	112,729	112,718
		-7,292	-7,290	112,718	112,713
		-7,290	-7,288	112,713	112,707
		-7,288	-7,286	112,707	112,705
5	Jemursari	-7,328	-7,306	112,735	112,762
6	Jemur Andayani Rungkut industri	-7,328	-7,331	112,733	112,769
	Tol Surabaya Gempol	-7,356	-7,317	112,709	112,717
7		-7,317	-7,306	112,717	112,700
		-7,306	-7,292	112,700	112,698
		-7,292	-7,283	112,698	112,708

Dari koordinat yang didapat maka didapatkan pula jarak jalan yang terpilih. Perhitungan jarak jalan menggunakan koordinat awal dan akhir jalan adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan panjang jalan pada Jalan Jemursari:
Diketahui :
Koordinat awal jalan
- Lattitude (X_{awal}) -7,328
- Longitude (Y_{awal}) 112,735

Koordinat akhir jalan
- Latitude (X_{akhir}) -7,306
- Longitude (Y_{akhir}) 112,762

Latitude = $[X_{awal} - X_{akhir}] \times 60$
= [(-7,328)-(-7,306)] x 60
= -1.901

Longitude = $[Y_{awal} - Y_{akhir}] \times 60$
= [(112,735)-(112,762)] x 60
= -1,650

Jarak antar titik = $\sqrt{(latitude)^2 + (longitude)^2 x 1852}$
= $\sqrt{(-1.901)^2 + (-1.650)^2 x 1852}$
= 3850 m = 3,85, km

Hasil perhitungan panjang jalan untuk semua jalan di wilayah studi dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4. 2 Jarak Jalan Raya di Surabaya Selatan

No	Nama Jalan	Jarak Jalan (km)
1	Ahmad Yani	5,04
2	Wonokromo	0,89
3	Mastrip	8,03
4	Mayjen Sungkono	2,78
5	Jemursari	3,85
6	Jemur Andayani	4,02
7	Tol Surabaya-Gempol	9,77

Sumber: Hasil Perhitungan

Sebagai pembanding dan bentuk perbaikan performa model, maka jalan utama lain yang tidak disurvey juga didata. Jalan yang dipilih mencakup jalan arteri dan kolektor lain yang ada di wilayah Surabaya Selatan. Berikut adalah data jalan raya yang ditambahkan.

Tabel 4. 3 Data Jalan Pelengkap

No	Nama Jalan	Koordinat Jalan (Kartesius)			
		y		x	
		in	fin	in	fin
1	Diponegoro	-7,2983	-7,2958	112,7378	112,7388
		-7,2958	-7,2846	112,7388	112,7338
		-7,2846	-7,2809	112,7338	112,7313
		-7,2809	-7,2748	112,7313	112,7262
2	Jagir Wonokromo	-7,3005	-7,3007	112,7372	112,7373
		-7,3007	-7,3006	112,7373	112,7374
		-7,3006	-7,3005	112,7374	112,7383
		-7,3005	-7,3007	112,7383	112,7398
		-7,3007	-7,3007	112,7398	112,7402
		-7,3007	-7,3008	112,7402	112,7404
		-7,3008	-7,3023	112,7404	112,7459
		-7,3023	-7,3065	112,7459	112,7617
3	HR. Muhammad	-7,2860	-7,2832	112,7051	112,6883
		-7,2832	-7,2828	112,6883	112,6859
		-7,2828	-7,2814	112,6859	112,6847
4	Menganti	-7,3129	-7,3128	112,7097	112,7090
		-7,3128	-7,3139	112,7090	112,6930
		-7,3139	-7,3117	112,6930	112,6878
		-7,3117	-7,3032	112,6878	112,6331
		-7,3032	-7,2939	112,6331	112,5885
		-7,2939	-7,2944	112,5885	112,5870
5	Jambangan	-7,3459	-7,3276	112,7009	112,7110
		-7,3276	-7,3099	112,7110	112,7136
		-7,3099	-7,3076	112,7136	112,7242
		-7,3076	-7,3009	112,7242	112,7375
6	Gayung Kebonsari Raya	-7,3276	-7,3304	112,7110	112,7323
7	Joyoboyo	-7,2983	-7,2987	112,7378	112,7330
		-7,2987	-7,2990	112,7330	112,7319
		-7,2990	-7,3002	112,7319	112,7302
8	Gunung Sari	-7,3005	-7,2994	112,7372	112,7374
		-7,2994	-7,2993	112,7374	112,7373
		-7,2993	-7,2994	112,7373	112,7331
		-7,2994	-7,3004	112,7331	112,7302
		-7,3004	-7,3021	112,7302	112,7269

No	Nama Jalan	Koordinat Jalan (Kartesius)			
		y		x	
		in	fin	in	fin
		-7,3021	-7,3066	112,7269	112,7227
		-7,3066	-7,3071	112,7227	112,7217
		-7,3071	-7,3076	112,7217	112,7161
		-7,3076	-7,3073	112,7161	112,7144
		-7,3073	-7,3073	112,7144	112,7140
		-7,3073	-7,3076	112,7140	112,7133
		-7,3076	-7,3079	112,7133	112,7128
		-7,3079	-7,3096	112,7128	112,7112

Sumber: Hasil Perhitungan

Sehingga dengan perhitungan yang sama dengan perhitungan panjang Jalan Jemursari di atas didapatkan hasil perhitungan panjang jalan sebagai berikut:

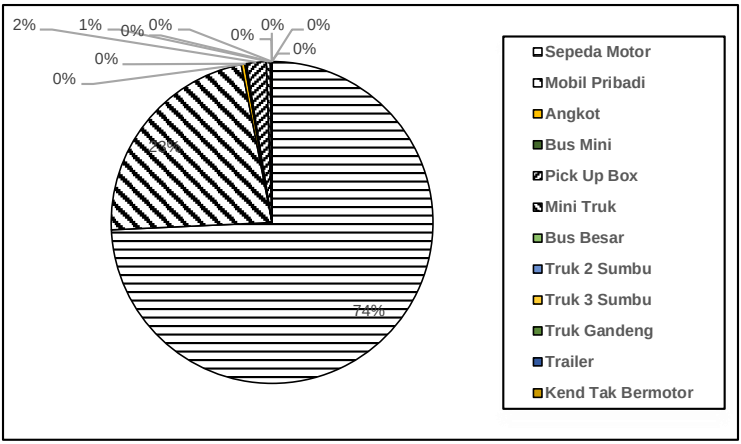
Tabel 4. 4 Panjang Jalan Pelengkap

No	Nama Jalan	Jarak Jalan (km)
1	Diponegoro	3,04
2	Jagir Wonokromo	2,83
3	HR. Muhammad	2,37
4	Menganti	13,88
5	Jambangan	7,17
6	Gayung Kebonsari Raya	2,39
7	Joyoboyo	0,89
8	Gunung Sari	3,44

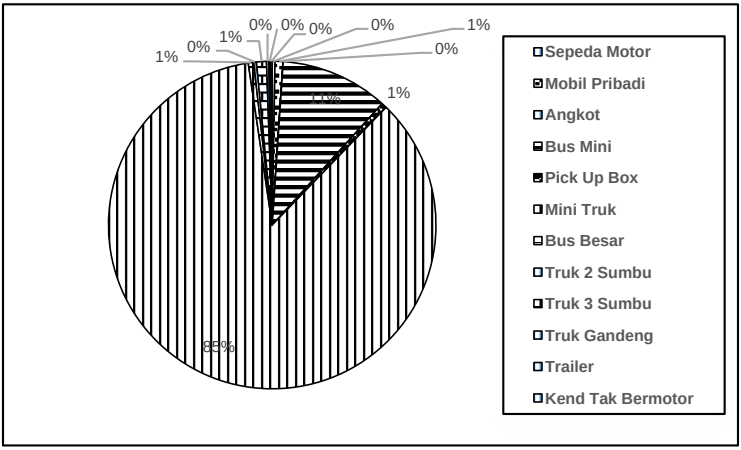
Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2. Volume Lalu Lintas

Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya pada tahun 2017, didapatkan volume LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) tiap jenis kendaraan yang ada wilayah Surabaya Selatan. Berikut adalah data dari volume LHR dari dua jalan yang ada di wilayah Surabaya Selatan yaitu Jalan Ahmad Yani dan Jalan Mastrip.



Gambar 4. 1 Volume LHR Jalan Ahmad Yani
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

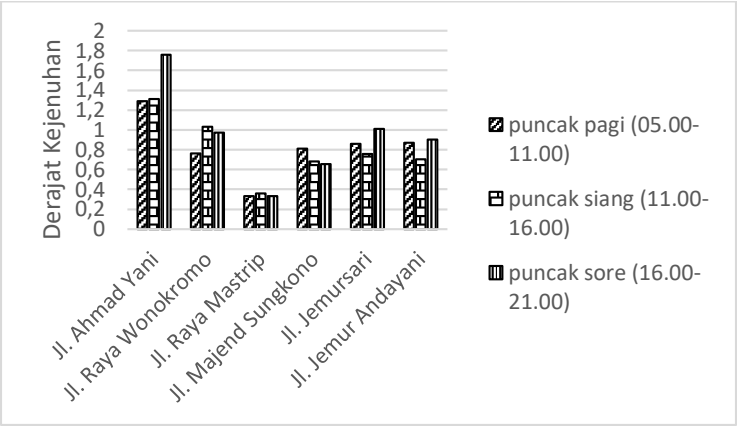


Gambar 4. 2 Volume LHR Jalan Mastrip
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan pada kedua grafik di atas, volume LHR pada Surabaya Selatan didominasi oleh kendaraan roda dua. Untuk Jalan Mastrip terdapat suatu perbadaan dimana volume LHR untuk jenis kendaraan pick up dan truk lebih besar dari jalan lain yang berada pada wilayah Surabaya Selatan. Hal ini

diakibatkan lokasi Jalan Mastrip yang terdapat pada kawasan industri.

Selain volume LHR, indicator kondisi lalu lintas adalah derajat kejenuhan (DS). Derajat kejenuhan menggambarkan perbandingan antara jumlah jalan dengan kapasitas jalan. Berikut adalah grafik yang menggambarkan derajat kejenuhan pada jalan yang di survey oleh Dinas Perhubungan pada tahun 2017.



Gambar 4. 3 Derajat Kejenuhan Jalan
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

Dari grafik di atas didapatkan bahwa masing-masing Jalan memiliki nilai derajat kejenuhan yang berbeda-beda yang didapat dari jam puncak yang berbeda-beda. Jam puncak tertinggi pada Jalan Ahmad Yani, Jalan Jemursari dan Jalan Jemur Andayani adalah pada saat sore hari. Untuk Jalan Raya Wonokromo dan Jalan Raya Mastrip jam puncak tertinggi adalah saat siang hari. Untuk Jalan Mayjend Sungkono jam puncak tertinggi didapatkan pada saat pagi hari.

Derajat kejenuhan jalan memiliki hubungan dengan kecepatan rata-rata kendaraan pada suatu jalan. Dimana semakin tinggi nlai derajat kejenuhan pada suatu jalan, kecepatan rata-rata pada jalan tersebut akan semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh volume kendaraan yang semakin tinggi dimana kapasitas jalannya tetap. Berikut adalah contoh

kecepatan rata-rata yang ada pada Jalan Mastrip pada setiap jam puncak.

Tabel 4. 5 Panjang Jalan Pelengkap

No	Nama Ruas	Perode Waktu Puncak	kecepatan kendaraan		
			LV	HV	MC
1	Jl. Mastrip	Puncak pagi	38,83	33	31,8
2	Jl. Mastrip	Puncak siang	39,11	34,1	32,2
3	Jl. Mastrip	Puncak sore	41,1	35,9	32,8

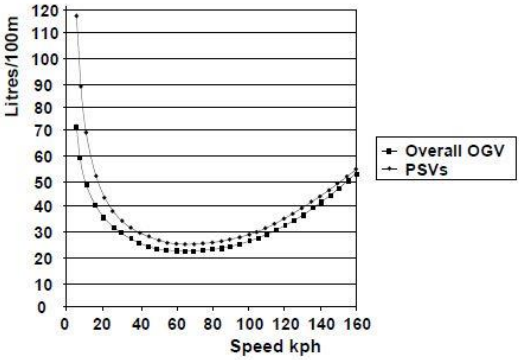
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

Untuk data lengkap kecepatan rata-rata kendaraan pada jalan tersurvey terlampir pada Lampiran 3.

4.2. Perhitungan Beban Emisi Sumber Garis

4.2.1. Perhitungan Faktor Koreksi Beban Emisi

Konsumsi bahan bakar memiliki pola hubungan yaitu menunjukkan konsumsi yang sangat tinggi pada kecepatan rendah dan konsumsi minimum pada kecepatan sedang (60 – 70 km/jam) (Mathew, 2014). Pola perubahan konsumsi bahan bakar dengan variasi kecepatan rata-rata kendaraan ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 4. 4 Pola Perubahan Konsumsi Bahan Bakar dengan Variasi Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Sumber: Matthew, 2014 dalam Assomadi 2016

Perbedaan rata-rata kecepatan menentukan beban emisi setiap kendaraan sehingga diperlukan koreksi beban

emisi. Koreksi beban emisi sumber transportasi dilakukan dengan menambahkan faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi digunakan untuk mendapatkan nilai yang dekat antara model dan kondisi riil lapangan. Faktor kalibrasi dapat mengakomodasi kondisi lapangan yang sulit digambarkan dalam model, seperti frekuensi pengereman dan tarikan gas, adanya pemberhentian kendaraan, adanya kemacetan dan sebagainya (Assomadi, 2016).

Nilai faktor koreksi berdasar nilai konsumsi bahan bakar rata-rata terendah dan emisi rata-rata terendah yaitu pada kecepatan 60 - 80 km/jam. Pada kecepatan ini faktor koreksi koreksi ditetapkan 1, sedangkan pada kecepatan yang lain dihitung berdasar emisi atau konsumsi bahan bakar (Assomadi, 2016).

$$\mathrm{Fk} = \frac{\mathrm{Emisi_v}}{\mathrm{Emisi_{60-80}}} \text{ x } 1 \approx \frac{\mathrm{Fuel_v}}{\mathrm{Fuel_{60-80}}} \text{ x } 1$$

Hasil pendekatan faktor koreksi dengan pendekatan berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 4. 6 Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Faktor Koreksi Emisi
110	1,5
100	1,4
90	1,25
80	1
70	1
60	1
50	1,1
40	1,25
30	1,4
20	1,75
10	2,5
5	3,6

Sumber: Assomadi, 2016

Berikut adalah perhitungan koreksi emisi gas buang berdasarkan kecepatan kendaraan di Jalan Mastrip pada pagi hari untuk jenis kendaraan LV (*Light Vehicle*), HV (*Heavy Vehicle*) dan MC (*Motor Cycle*).

Diketahui :

Kecepatan LV = 38,83 km/jam

FK $= FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} x (FK_2 - FK_1)$

FK $= 1{,}24 + \frac{(38{,}83 - 30)}{(40 - 30)} x (1{,}4 - 1{,}24)$

FK = 1,258

Kecepatan HV = 33 km/jam

FK $= FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} x (FK_2 - FK_1)$

FK $= 1{,}24 + \frac{(33 - 30)}{(40 - 30)} x (1{,}4 - 1{,}24)$

FK = 1,352

Kecepatan MC = 31,8 km/jam

FK $= FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} x (FK_2 - FK_1)$

FK $= 1{,}24 + \frac{(31{,}8 - 30)}{(40 - 30)} x (1{,}4 - 1{,}24)$

FK = 1,3712

Untuk data lengkap faktor koreksi emisi berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan pada jalan tersurvey terlampir pada Lampiran 3.

4.2.2. Perhitungan Beban Emisi Jalan

Perhitungan beban emisi dari sumber garis diperlukan untuk input data dalam perhitungan persebaran emisi. Untuk menghitung beban emisi dari sumber garis data yang diperlukan adalah volume trafik jalan. Volume trafik jalan menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalanan pada ruas jalan selama interval waktu tertentu. Data trafik yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data hasil *counting* yang dilaksanakan oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya pada tahun 2017.

Perhitungan beban emisi NO_x dari sumber garis didasarkan pada perhitungan beban emisi IPCC Tier 1. Rumus perhitungan beban emisi tersebut adalah :

$E_a = A \; x \; EF \; x \; L \; x \; f$

Dimana :

Ea = Beban emisi (gr/waktu)

A = Jumlah kendaraan (kend/waktu)

EF = Faktor emisi (gr/km)

L = Panjang jalan (km)

f = Faktor penyesuaian kecepatan

Berikut adalah contoh perhitungan beban emisi sepeda motor untuk Jalan Mastrip pada jam 05.00-05.30 :

Diketahui

Panjang jalan = 8,028 km

Jumlah motor = 553 kendaraan

Kecepatan rata-rata = 25,8 km/jam

Faktor emisi = 0,29 gr/km

Faktor penyesuaian = 1,3712

Beban emisi = 553 kendaraan x 0,29 gr/km x 8,028 km x 1,3712

= 1765,388 gr/30 menit

Untuk perhitungan lengkap beban emisi Jalan Mastrip pada pukul 05.00-05.30 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 7 Data Perhitungan Beban Emisi Jalan Mastrip

Klasifikasi	Jumlah Kendaraan (unit)	Kecepatan rata-rata (km/jam)	Beban Emisi (gr/km)	Faktor Penyesuaian	Beban Emisi (gr/30 menit)
Motor	553	31,8	0,29	1,3712	1765,388
Mobil Pribadi	86	38,83	2,3	1,25872	1998,81
Angkot	4	38,83	2,1	1,25872	84,88376
Taxi	0	38,83	2,8	1,25872	0
Bus Mini	4	38,83	1,55	1,25872	62,6523
Pick Up/box	18	38,83	2	1,25872	363,7875
Mini Truk	7	38,83	2	1,25872	141,4729
Bus Besar	0	33	11,9	1,352	0
Truk 2 sb	4	33	17,7	1,352	768,4686
Truk 3 sb	1	33	17,7	1,352	192,1171
Truk Gandeng	3	33	17,7	1,352	576,3514
Trailer	1	33	17,7	1,352	192,1171
Beban Emisi Total (gr/30 menit)					6146,049
Beban Emisi Total (gr/detik)					3,414472

Sumber: Hasil Perhitungan

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan total beban emisi di Jalan Mastrip pada Pukul 05.00-05.30 adalah 6146,049 gr/30 menit atau 3,414 gr/detik.

Dari data perhitungan beban emisi di masing-masing 30 menit maka data tersebut dirata-rata untuk didapatkan data beban emisi rata-rata harian dari aktivitas transportasi di jalan pada wilayah Surabaya Selatan. Beban emisi rata-rata pada jalan tersurvey di Surabaya Selatan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. 8 Beban Emisi Jalan di Surabaya Selatan

Jalan	Beban Emisi (gr/detik)
Ahmad Yani	9,057
Wonokromo	5,781
Mastrip	3,296
Mayjend Sungkono	3,350
Jemursari	0,931
Jemur Andayani	0,930
Tol Surabaya-Gempol	6,46

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa beban emisi terbesar pada yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas di Surabaya Selatan terdapat pada Jalan Ahmad Yani yaitu sebesar 9,057 gr/detik. Hal tersebut dikarenakan Jalan Ahmad Yani yang memiliki nilai derajat kejenuhan yang lebih tinggi, sehingga berpengaruh pada nilai beban emisinya yang tinggi.

4.2.3. Faktor Harian dan Mingguan

Beban emisi hasil perhitungan merupakan beban emisi 16 jam pemantauan. Sehingga untuk memperoleh beban emisi selama 24 jam dibutuhkan ektrapolasi data beban emisi lalu lintas. Ekstrapolasi untuk melengkapi data yang kurang dengan menggunakan pola perubahan beban emisi dari kegiatan transportasi (*line source*) rata-rata Kota Surabaya.

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-7 yang memiliki frekuensi 30 menit. Berikut adalah faktor harian yang digunakan dalam penelitian ini

Tabel 4. 9 Faktor Harian

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

Sumber: Assomadi (2016)

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. 10 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)

Maka untuk mendapatkan faktor harian di pada jam dan hari yang diinginkan, maka faktor harian dikali dengan faktor mingguan. Berikut adalah contoh perhitungan faktor harian hari Minggu pada pukul 13.00.

Contoh perhitungan:

FH Minggu 13.00 = Faktor Hari Minggu x Faktor Pukul 13.00
= 0,510386 x 1,53
= 0,78089058.

4.3. Pemilihan Data Verifikasi Model

Dalam proses pembangunan model ini, diperlukan data kualitas udara dari Stasiun Pemantau Kualitas Udara yang ada di Kota Surabaya. Data tersebut digunakan untuk verifikasi model yang terbangun. Model terbangun diverifikasi untuk meyakinkan bahwa model tersebut memberikan estimasi perhitungan dispersi sesuai dengan model terdahulu yang telah diaplikasikan.

Data kualitas udara yang digunakan pada penelitian ini adalah data Stasiun Pemantau Kualitas Udara di wilayah Surabaya Selatan (SUF-7). Data kualitas udara dari SUF-7 yang diperlukan adalah data konsentrasi pencemar non konservatif primer (NO_2). Data yang dipilih adalah data SUF-7

yang didapat pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya pada tahun 2017.

Pemilihan data konsentrasi pencemar non konservatif dibedakan berdasarkan dua musim yaitu musim penghujan dan kemarau. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data konsentrasi pencemar di masing-masing musim. Kriteria pemilihan data konsentrasi pencemar adalah sebagai berikut :

1. Kesesuaian data dengan kondisi umum berdasarkan literatur atau data yang sudah terpublikasi.
2. Data masuk dalam rentang standar deviasi.
3. Kelengkapan data pada semua parameter kualitas udara maupun meteorologis.
4. Data yang dipilih adalah data selama tujuh hari.

Dari data yang didapat dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya didapatkan data konsentrasi pencemar di musim kemarau yaitu di bulan Agustus hingga Oktober 2017. Untuk data konsentrasi pencemar di musim penghujan didapatkan di bulan November hingga Desember 2017. Setelah itu data yang didapat dibuat grafik standar deviasinya untuk membuang data-data yang menyimpang. Data yang dihitung standar deviasinya adalah data rata-rata harian konsentrasi pencemar.

Berikut adalah perhitungan pembuatan grafik standar deviasi pada bulan kemarau 2017.

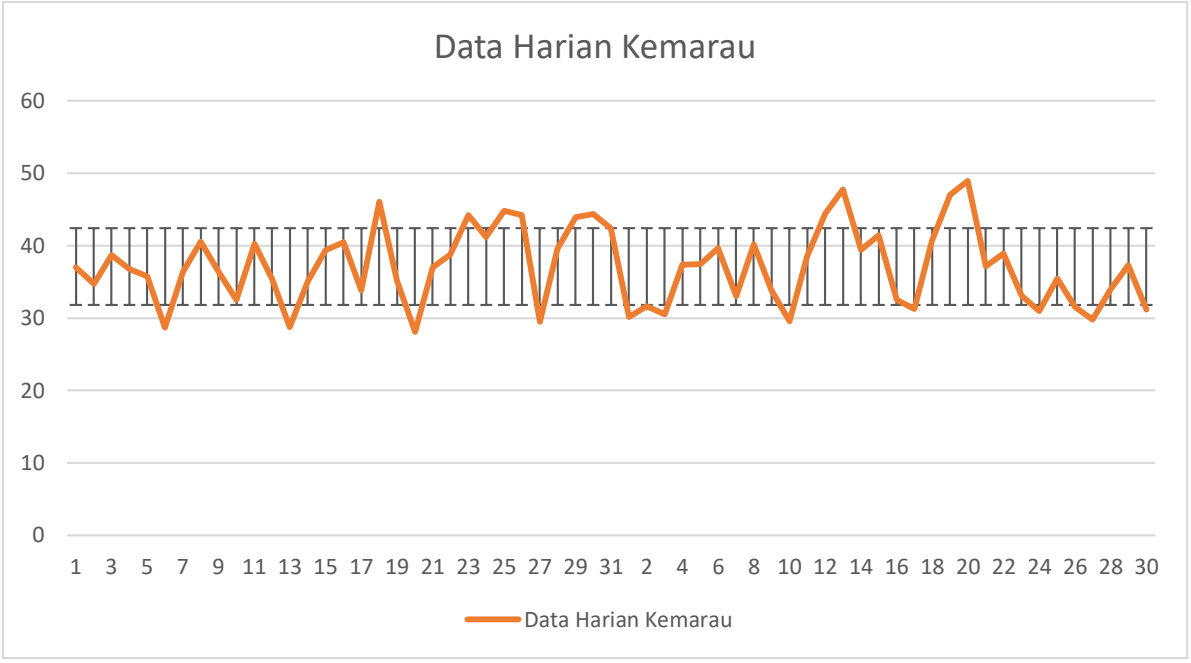
Diketahui

Standar deviasi = 5,19

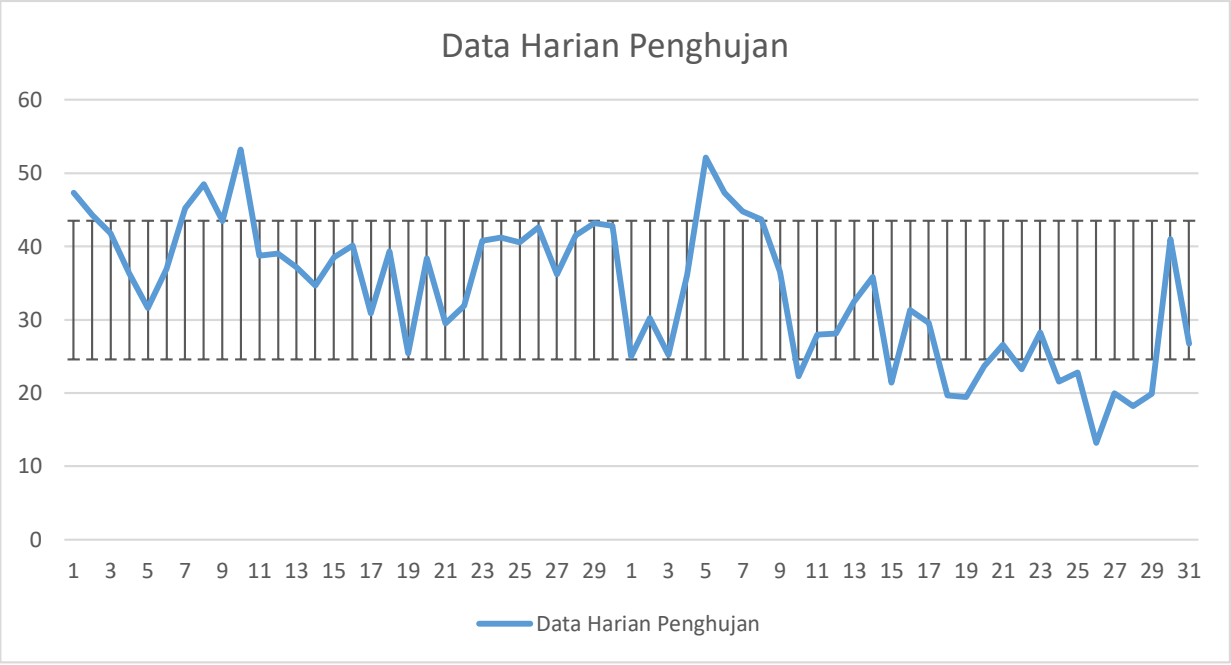
Rata-rata data = 36,52

Standar deviasi maksimum =Standar deviasi + rata-rata
= 36,52+5,19
= 41,76

Standar deviasi minimum = Standar deviasi – rata-rata
= 36,52-5,19
= 31,32



Gambar 4. 5 Data Harian Konsentrasi Pencemar Musim Kemarau



Gambar 4. 6 Data Harian Konsentrasi Pencemar Musim Penghujan

Dari grafik tersebut maka data yang diambil adalah:

- Musim Kemarau : 4 Agustus 2017 – 10 Agustus 2017;
- Musim Penghujan : 10 November 2017 – 16 November 2017.

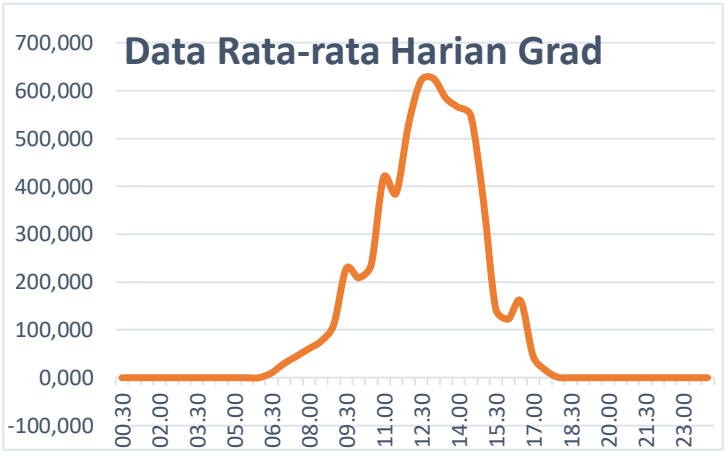
Berdasarkan pemilihan data di atas, maka model akan dibuat dengan *time series* sesuai dengan periode yang sudah ditentukan. Data penunjang perhitungan model seperti kecepatan angin, arah angin dan intensitas cahaya yang digunakan mengambil data yang sesuai dengan periode data untuk verifikasi.

4.4. Kondisi Meteorologi

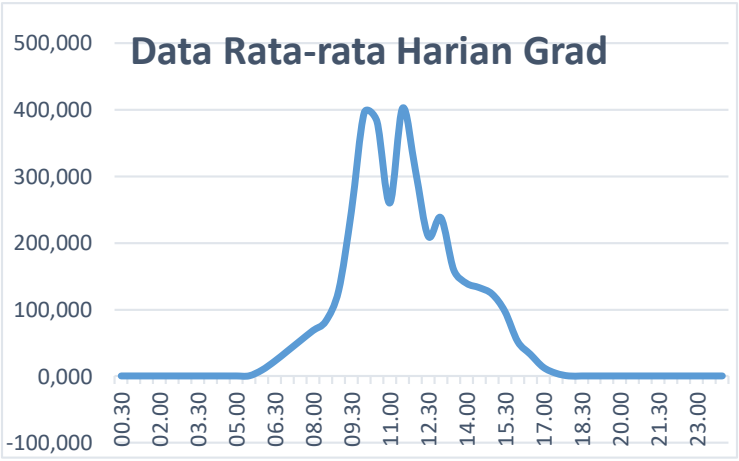
4.4.1. Kondisi Meteorologi Lokal

Pada penelitian ini dibutuhkan data parameter kondisi meteorologi lokal di wilayah Surabaya Selatan. Parameter tersebut antara lain GRAD, kecepatan dan arah angin. Parameter tersebut dibutuhkan untuk input data ketika perhitungan persebaran emisi pada model. Pada penelitian ini digunakan data meteorologi lokal dari SUF-7 yang mewakili data meteorologi lokal wilayah Surabaya Selatan.

GRAD (*Global Radiation*) adalah intensitas penyinaran matahari yang berperan dalam reaksi pembentukan NO_x. Berikut adalah data rata-rata harian lokal GRAD pada daerah penelitian di masing-masing musim.



Gambar 4. 7 Data Rata-rata Harian Lokal GRAD Musim Kemarau



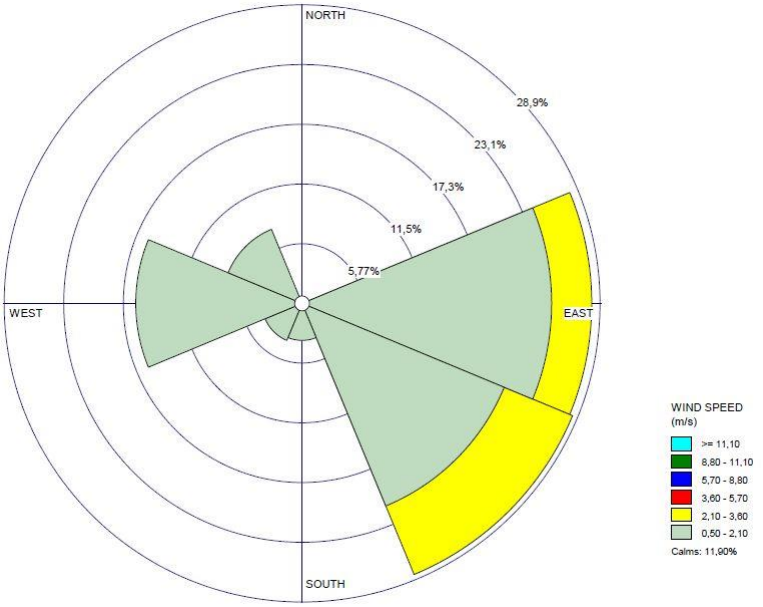
Gambar 4. 8 Data Rata-rata Lokal GRAD Musim Penghujan

Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai GRAD mulai naik pada kisaran pukul 06.30 WIB dan mulai kembali ke nilai 0 (nol) pada sekitar pukul 18.30 WIB.

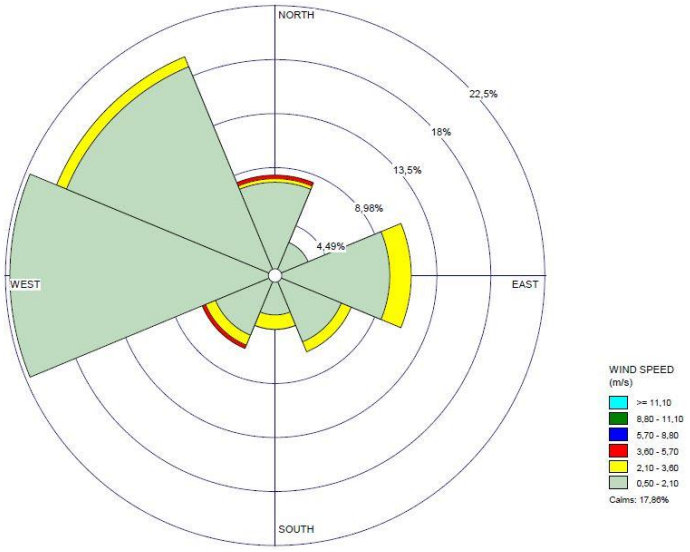
Pada penelitian ini digunakan konstanta kinetika reaksi untuk musim kemarau dan musim hujan. Nilai konstanta kinetika reaksi NO_2 di Kota Surabaya untuk musim kemarau adalah 0.9466 $(\mu g/m^2)^2/watt$ dan untuk musim penghujan sebesar 1.1044 $(\mu g/m^{2)2}/watt$ (Assomadi, 2016).

Selain GRAD, parameter meteorologis yang diperhatikan pada penelitian ini adalah kecepatan dan arah angin. Pada penelitian ini, kecepatan dan arah angin berpengaruh kepada arah dan luasan persebaran emisi sumber garis.

Untuk mengetahui kecepatan dan arah angin lokal di wilayah Surabaya Selatan, maka dibuat *Windrose* untuk masing-masing musim. Berikut *windrose* masing-masing musim untuk wilayah Surabaya Selatan.



Gambar 4. 9 *Windrose* Musim Kemarau



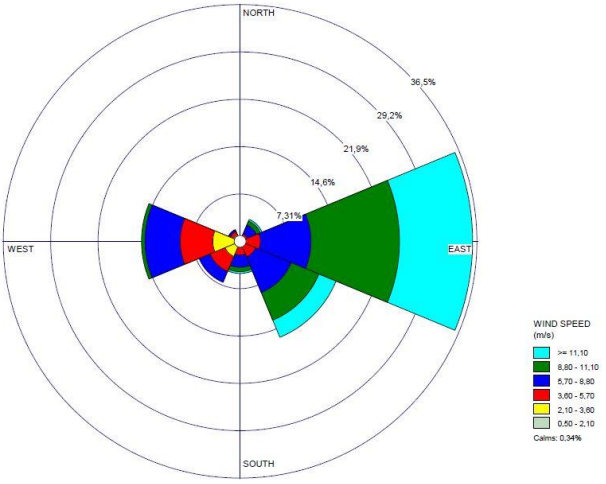
Gambar 4. 10 *Windrose* Musim Penghujan

4.4.2. Kondisi Meteorologi Surabaya

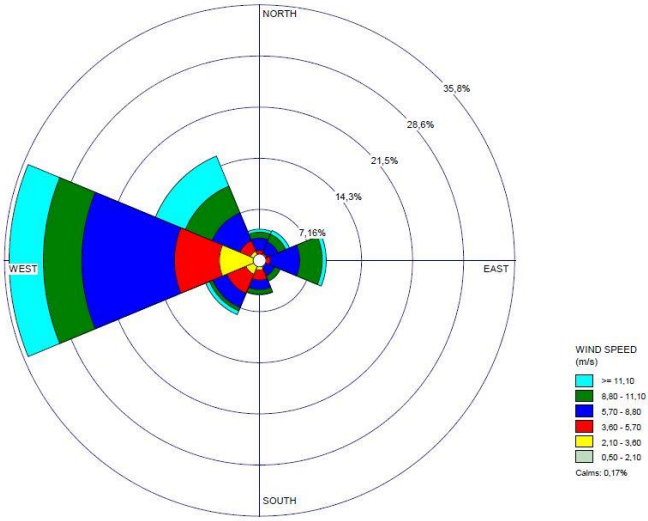
Kondisi meteorologi Kota Surabaya diperlukan dalam model untuk mengetahui arah angin dominan pada masing-masing musim yang digambarkan dengan grafik *windrose*. Rentang musim mengacu pada literatur Perkiraan Musim Kemarau BMKG (2018), dimana disebutkan bahwa untuk wilayah kota Surabaya musim kemarau diperkirakan dimulai pada minggu 1 bulan Mei. Sehingga pembagian periode musim pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Musim Kemarau : Mei – Oktober
- Musim Penghujan : November – April

Dari justifikasi di atas maka dapat dibuat *windrose* untuk masing-masing musim. Data kecepatan dan arah angin yang digunakan sebagai input *windrose* berasal dari NDCC yang memuat data kecepatan dan arah angin Surabaya per 3 jam. Grafik *windrose* dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 4. 11 Windrose Musim Kemarau Surabaya



Gambar 4. 12 Windrose Musim Hujan Surabaya

Dari data windrose di atas dapat dilihat bahwa arah angin dominan berbeda pada masing-masing musim. Pada

saat musim kemarau arah angin dominan bertiup dari timur ke barat. Sedangkan untuk musim penghujan arah angin dominan bertiup dari barat ke timur.

4.5. Pembangunan Model Dispersi Pencemar Sumber Garis

Dari data-data yang telah didapatkan di atas, maka dapat dibangun model dispersi pencemar sumber garis di wilayah Surabaya Selatan. Reseptor yang dijadikan acuan adalah SUF -7, dimana data yang diterima pada SUF-7 pada model dibandingkan dengan data konsentrasi pencemar di SUF-7 di kondisi asli. Pembuatan model pada penelitian ini menggunakan Microsoft Excel 2016 dan Matlab R2013.

Pembuatan model ini mengkombinasikan penggunaan Matlab dan Microsoft Excel. Aplikasi Matlab berfungsi untuk menghitung persebaran emisi non konservatif sumber garis dan menginterpretasikannya ke dalam model. Sedangkan keberadaan Microsoft Excel adalah sebagai database input dan result model. Sistematikanya adalah Excel menyediakan data-data mengenai parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan model. Selanjutnya Matlab akan mengambil input dari Excel dan melaksanakan perhitungan sesuai perintah dari *script* dan memunculkan data model sesuai dengan *time series* yang telah diatur. Langkah terakhir hasil permodelan di-*transfer* oleh Matlab ke dalam sheet *Result Model* yang ada pada Excel.

4.5.1. Data Pembanding untuk Verifikasi Model

Data pembanding yang digunakan untuk verifikasi adalah data hasil monitoring SUF 7 untuk data NO_2 pada musim kemarau pada tanggal 4 - 10 Agustus 2017, sedangkan untuk musim hujan adalah tanggal 17-23 November 2017. Data hasil monitoring dimasukkan dalam Microsoft Excel sebagai inputan perhitungan nilai korelasi dan simpangan pada MATLAB dengan dibandingan hasil model. Berikut contoh inputan inputan hasil monitoring yang ditunjukan pada tabel di bawah:

Tabel 4. 11 *Air Quality Data* untuk Verifikasi Model

NO2	Air Quality Data
Date, time	Ambient Concentration ($\mu g/m^3$)
	SUF7
04/08/2017 00.30	27,80
04/08/2017 01.00	23,06
04/08/2017 01.30	17,13
04/08/2017 02.00	17,39
04/08/2017 02.30	19,13
04/08/2017 03.00	20,60
04/08/2017 03.30	15,02

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5.2. Data Pendukung untuk Perhitungan Emisi, Dispersi dan Pengaturan Batasan Model

Data-data pendukung yang diperlukan untuk menghitung emisi, kriteria dispersi dan pengaturan model dimasukkan dalam Microsoft Excel sebagai inputan model. Berikut inputan parameter untuk estimasi dispersi yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 4. 12 Parameter dalam Estimasi Dispersi

No	**Parameter**	**Symbols**	**Value**	**Unit**
1	Dispersion Coeffisien in horizontal direction	Dy	1000	m^2/s
2	Dispersion Coeffisien in vertical (z) direction	Dz	1000	m^2/s
3	Ambient Temperature	T_0	30	C
4	Wind speed (average, dominant)	s		m/s
5	Wind direction (average, dominant)	a		^{0} (N)
6	Parameter Analysis	NO2	Oxides Nitrogen	
7	Kinetic Constant	λ		

Sumber: Hasil Perhitungan

Model dapat diatur periode waktu untuk *timeseries* yang diinginkan yang ditunjukkan pada table di bawah.

Tabel 4. 13 Penentuan Waktu dan Jumlah Grid

Model Setting				
1	Starting Date, time	04/08/2017 00.30		
2	Interval of Analysis	0,5		hour
3	Grid Number	300		n x n
4	Average length per grid (l, w), modelled	93,33	60	m

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam penelitian ini digunakan jumlah grid sebanyak 300 karena sudah cukup memberikan degradasi pola dispersi yang cukup. Menurut Assomadi (2016), jumlah grid lebih besar dari 300 tidak banyak memberikan perubahan pola dispersi yang nyata. Pola dipersi dengan jumlah grid 300 atau lebih cukup memberikan hasil yang baik dalam estimasi pencemar di Kota Surabaya.

Batas-batas peta juga dapat diatur. Berikut adalah data penentuan koordinat dan batas wilayah.

Tabel 4. 14 Penentuan Koordinat dan Batas Wilayah

Determine of Modelling Area			
1	Lowest Lattitude; min_x	112,674	^{0} (E)
2	Highest Lattitute; max_x	112,761	^{0} (E)
3	Lowest Longitude; min_y	-7,349	^{0} (S)
4	Highest Longitude; max_y	-7,261	^{0} (S)
5	Citie's Identity	Surabaya	
6	Insert Administrative Map		

Sumber: Hasil Perhitungan

Data beban emisi dan koordinat jalan pada wilayah studi juga perlu dimasukkan. Data ini akan menggambarkan letak jalan di wilayah studi dan emisi yang diproduksi di masing-masing jalan.

Tabel 4. 15 Beban Emisi dan Koordinat Jalan

Street Identity	**Street Coordinate of Straight Segment (min_x, min_y, max_x, max_y) E, S**				**normalized average load (g/s)**
	y-in	**y-fin**	**x-in**	**x-fin**	
Jl. A Yani	-7,3466	-7,3454	112,7237	112,7288	9,057
	-7,3454	-7,3372	112,7288	112,7291	9,057
	-7,3372	-7,3271	112,7291	112,7317	9,057
	-7,3271	-7,3061	112,7317	112,7362	9,057
Jl. Wonokromo	-7,3061	-7,3005	112,7362	112,7372	5,781
	-7,3005	-7,2983	112,7372	112,7378	5,781
Mastrip	-7,3096	-7,3129	112,7112	112,7097	3,296
	-7,3129	-7,3367	112,7097	112,7031	3,296
	-7,3367	-7,3508	112,7031	112,6615	3,296
Mayjen Sungkono	-7,2925	-7,2918	112,7286	112,7184	3,350
	-7,2918	-7,2904	112,7184	112,7134	3,350
	-7,2904	-7,2882	112,7134	112,7071	3,350
	-7,2882	-7,2860	112,7071	112,7051	3,350

Sumber: Hasil Perhitungan

Pola perubahan beban emisi ditentukan berdasarkan hasil *counting volume traffic*. Sepanjang siklus harian dan mingguan. Untuk perhitungan beban emisi per hari dan minggu dapat dihitung dengan mengalikan faktor harian dan mingguan yang ada di poin 4.2.3

4.5.3. Perhitungan Dengan Matlab

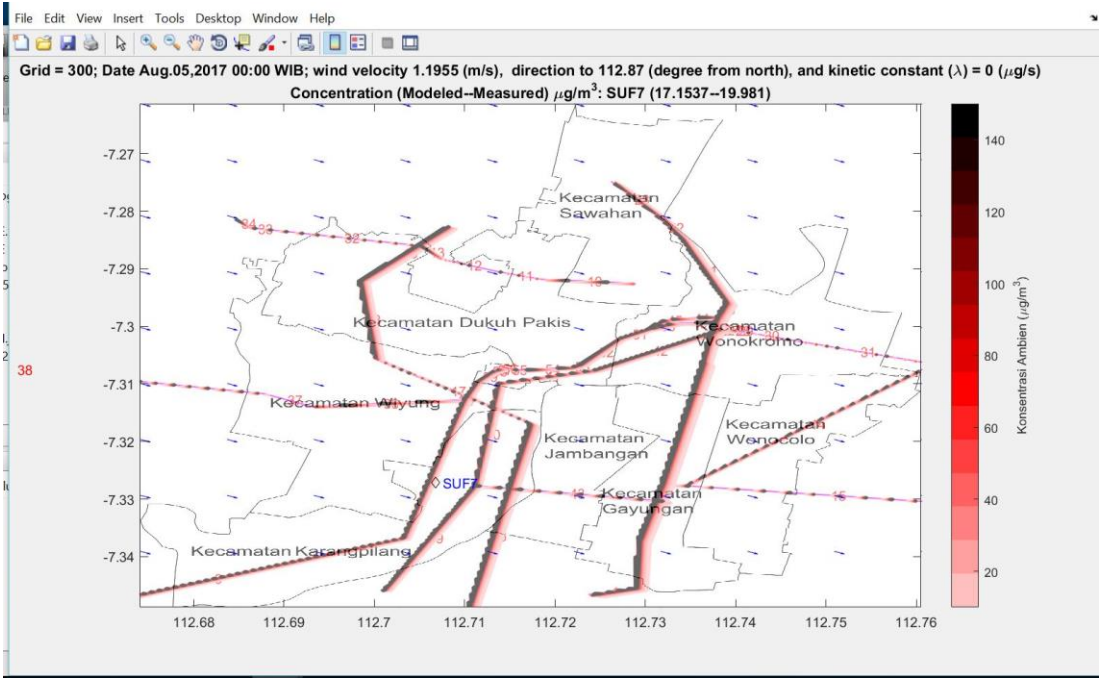
Setelah memasukkan parameter yang diperlukan ke dalam dokumen Microsoft Excel dan membuat peta wilayah Surabaya Selatan, selanjutnya adalah menyusun script Matlab. Urutan Script Matlab menyesuaikan dengan urutan pengerjaan model. Script Matlab yang digunakan terbagi atas dua file, yaitu terkait dengan rumus perhitungan dan terkait masukan data dan analisis. Script MATLAB yang digunakan pada penelitian

ini terlampir pada Lampiran 4. Langkah running script perhitungan adalah sebagai berikut.

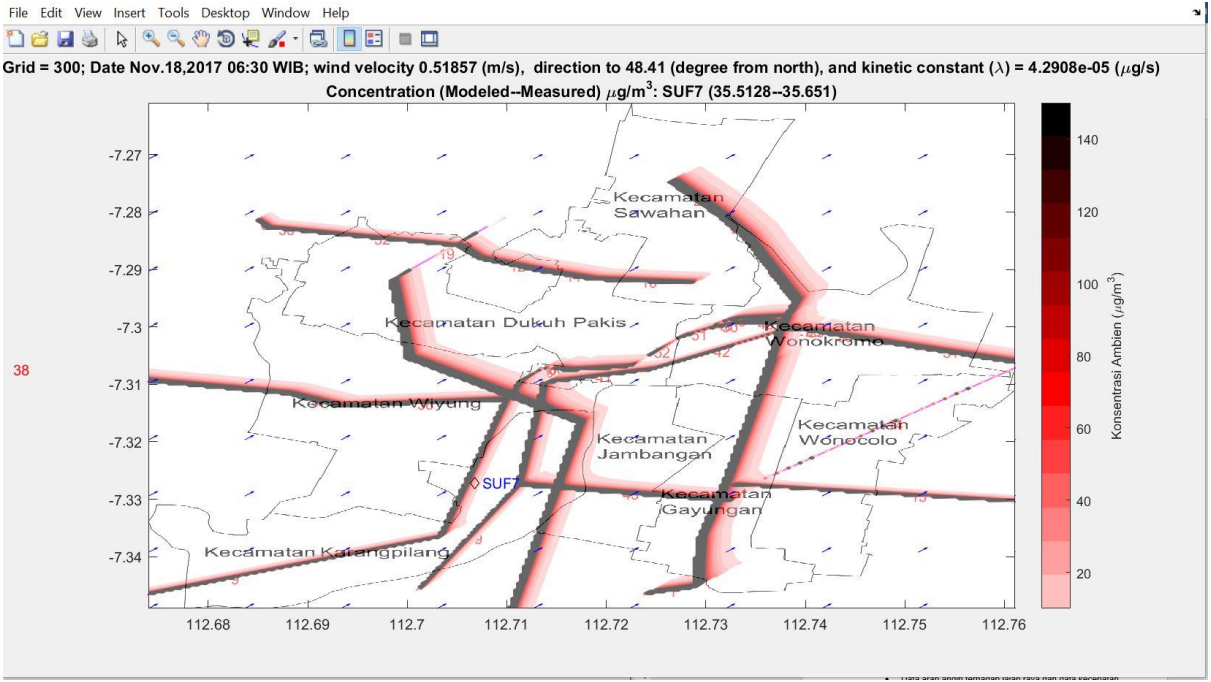
1. Memasukkan peta wilayah Surabaya Selatan dan koordinatnya ke dalam *script*.

Gambar 4. 13 Peta Wilayah Surabaya Selatan

2. Memasukkan data penunjang model ke dalam script. Data penunjang script yang dibutuhkan adalah data kecepatan dan arah angin, GRAD dan beban emisi dari masing-masing jalan arteri dan kolektor di wilayah Surabaya Selatan.
3. Menjalankan hasil perhitungan script masing-masing musim. Model yang dibuat pada aplikasi MATLAB menghitung dan menampilkan hasil perhitungan secara *timeseries* dalam kelipatan 30 menit sesuai dengan data yang telah diatur. Untuk tampilan hasil model pada MATLAB dapat dilihat pda gambar di bawah.



Gambar 4. 14 Peta Kontur Persebaran Emisi di Musim Kemarau



Gambar 4.15 Peta Kontur Persebaran Emisi di Musim Penghujan

Gambar 4.14 menampilkan peta kontur persebaran emisi dari sumber kendaraan bermotor di musim kemarau pada tanggal 5 Agustus 2017 pukul 00.00 WIB. Pada peta wilayah tersebut ditampilkan posisi jalan raya yang ada pada wilayah Surabaya Selatan. Ditampilkan pula posisi SUF-7 yang pada penelitian ini berfungsi menjadi reseptor pencemar yang dijadikan data verifikasi.

Pada gambar tersebut kita dapat mengetahui persebaran emisi yang terjadi berdasarkan data yang telah disediakan (kecepatan dan arah angin, konstanta kinetik). Pada hasil perhitungan model, konsentrasi pencemar di reseptor sebesar 17,1537 µg/m^3, sedangkan untuk data *real time* pada 5 Agustus 2017 pukul 00.00 WIB konsentrasi pencemar pada reseptor adalah sebesar 19,981 µg/m^3.

Gambar 4.15 menampilkan contoh peta kontur persebaran emisi dari sumber kendaraan bermotor di musim penghujan pada tanggal 18 November 2017 pukul 00.00 WIB. Untuk hasil perhitungan model, konsentrasi pencemar pada reseptor yaitu sebesar 35,5128 µg/m^3, sedangkan untuk hasil pengukuran *real time* adlah sebesar 35,651 µg/m^3. Data reseptor berdasarkan hasil model dan hasil pengukuran *real time* ini nantinya dijadikan data input untuk verifikasi model.

4.5.4. Verifikasi Model

Pada *script* yang digunakan pada penelitian ini, setelah model menjalankan perhitungan data selama 30 menit x 24 jam x 7 hari maka script akan melakukan verifikasi model. Verifikasi model dilakukan dengan menggunakan data pencemar yang diterima oleh reseptor baik dari hasil perhitungan model maupun dari hasil pengukuran *real time*. Rumus yang digunakan pada verifikasi model adalah sebagai berikut:

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

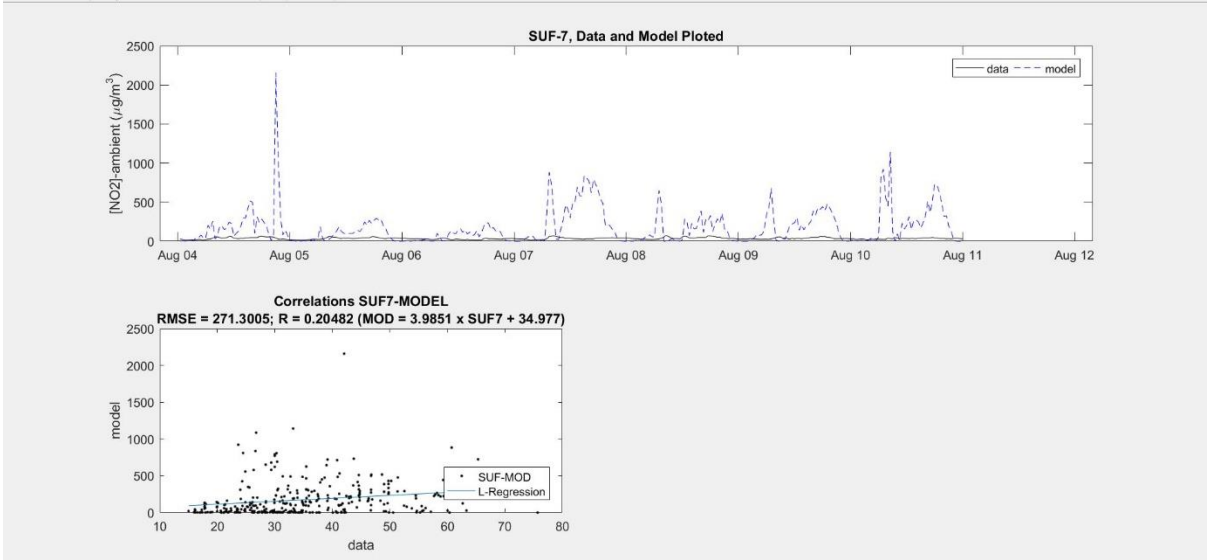
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}(y_i - obs_i)^2}$$

Dengan :

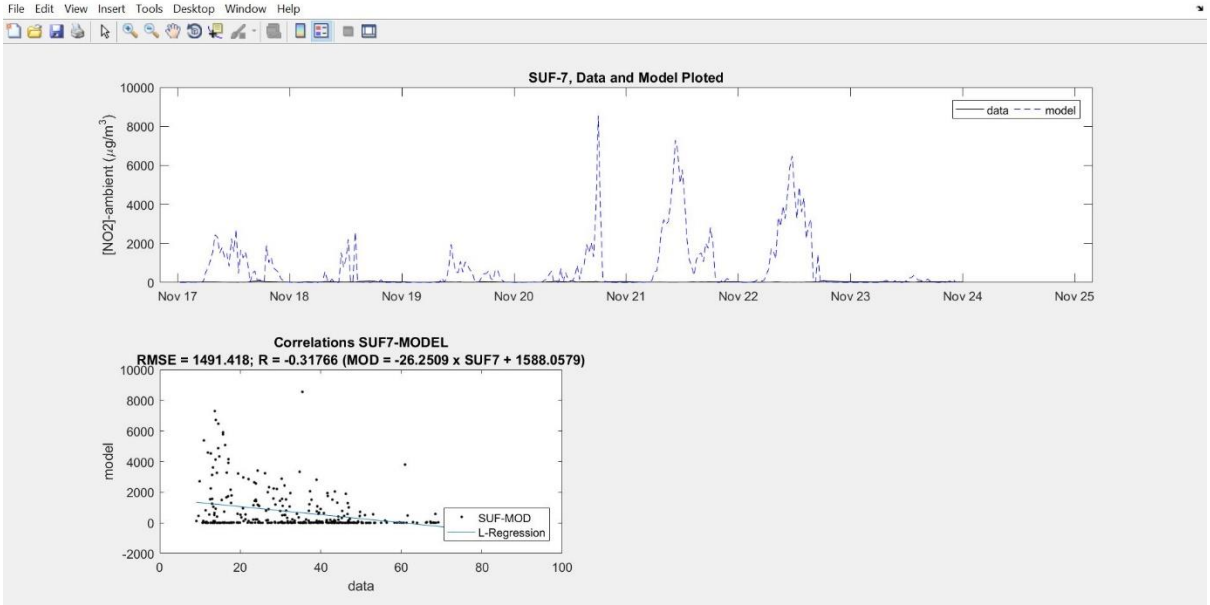
y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

Hasil verifikasi model dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. 16 Hasil Verifikasi Model Musim Kemarau



Gambar 4. 17 Hasil Verifikasi Model Musim Penghujan

Gambar 4.16 menunjukkan hasil verifikasi yang dilakukan model terhadap data pengukuran *real time* untuk periode waktu musim kemarau. Dari gambar tersebut didapati bahwa model mendapatkan nilai RMSE sebesar 271,3005. Untuk nilai R sendiri model ini mendapatkan nilai sebesar 0,20482.

Gambar 4.17 menunjukkan hasil verifikasi model pada musim penghujan. Didapatkan bahwa model tersebut mendapatkan nilai RMSE sebesar 1491,418 sedangkan untuk nilai R yaitu sebesar 0,31766.

Target korelasi menurut US-EPA yaitu sebesar 0,572 merupakan nilai korelasi yang digunakan untuk model dengan *multiple sources*. Perlu diketahui bahwa sektor transportasi merupakan penyumbang 80% pencemaran udara di daerah perkotaan di Indonesia (Sandra, 2013). Sehingga dengan nilai korelasi sebesar 0,31766 hasil model dianggap sudah dekat dengan hasil data lapangan.

Pada model yang digunakan pada penelitian ini diasumsikan bahwa area studi merupakan wilayah *flat* yang tidak terdapat *barrier* seperti gedung dan tidak memperhitungkan serapan tumbuhan pada ruang terbuka hijau. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variabel *barrier* maupun serapan RTH untuk mengetahui perbedaan hasil dari penelitian ini.

4.6. Pembuatan Skenario

Pada penelitian ini dibuat skenario dari faktor-faktor yang mempengaruhi dispersi pencemar udara non-konservatif. Faktor yang mempengaruhi adalah arah angin dan kecepatan angin. Dimana arah angin dan kecepatan angin dipengaruhi oleh musim. Musim juga membedakan kinetika reaksi pencemar non konservatif.

Sehingga disusun skenario pada musim yang berbeda yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Kondisi yang diambil adalah kondisi pada faktor lalu lintas tertinggi. Untuk kecepatan angin diambil nilai rata-rata dari kecepatan angin di Surabaya yang dibagi dengan skala Beaufort.

Tujuan pembuatan skenario pada penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi terburuk pencemar saat kondisi

lalu lintas terburuk dan kecepatan angin tertentu pada arah angin yang didapatkan. Pada penelitian ini ditentukan skenario model adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 16 Skenario Persebaran Emisi

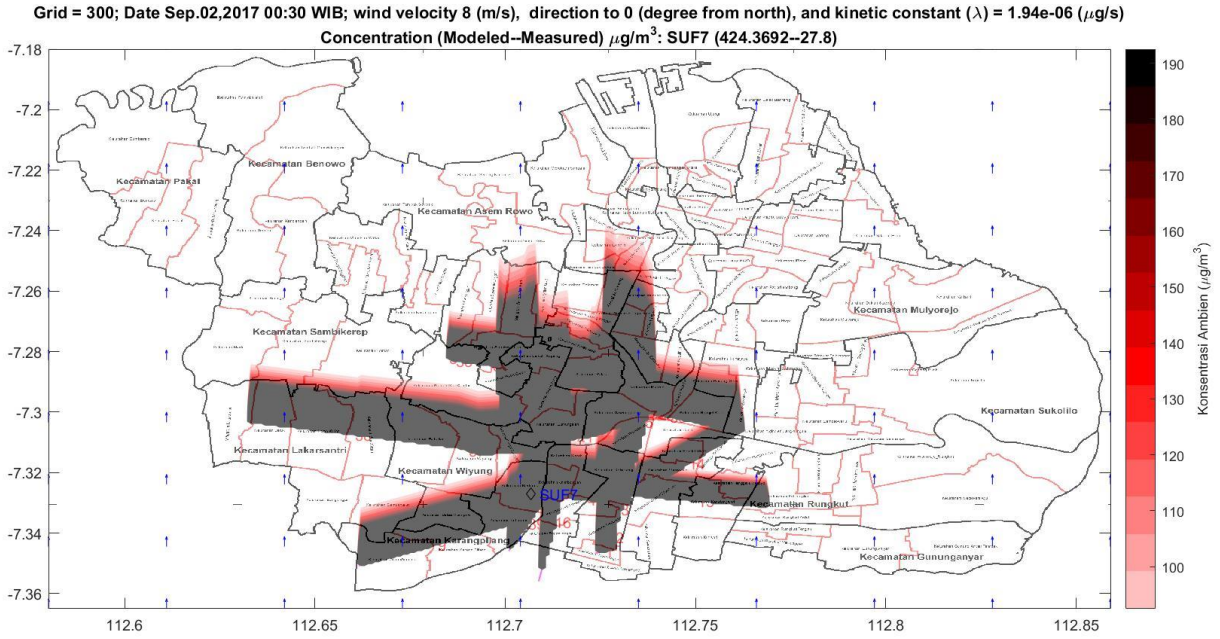
Arah	Kecepatan Angin (m/det)					
	Kemarau			Penghujan		
	3	4	5	3	4	5
Utara (0)	2,50	4,50	8,00	3,00	4,91	6,90
Timur Laut (45)	3,00	4,80	7,23	2,83	5,00	6,95
Timur (90)	2,89	4,86	7,10	3,00	4,77	7,14
Tenggara (135)	2,78	4,93	7,03	3,00	4,80	7,05
Selatan (180)	3,00	5,00	6,43	2,56	4,94	6,69
Barat Daya (225)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

Penentuan kecepatan angin diatas adalah berdasarkan nilai kecepatan angin yang ada di masing-masing arah angin. Kecepatan angin dan arah angin yang didapat adalah data hasil pengukuran stasiun BMKG Juanda.

Setelah didapatkan kecepatan angin pada masing-masing arah mata angin maka data tersebut dimasukkan ke dalam script MATLAB untuk mengetahui nilai konsentrasi pencemar yang diterima oleh reseptor (SUF-7).

Dari script dan skenario yang telah dibuat maka aplikasi MATLAB akan menampilkan kontur pencemar udara yang dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor pada kondisi lalu lintas terburuk. Data lain yang didapatkan adalah konsentrasi pencemar yang diterima oleh reseptor pada saat kondisi lalu lintas terburuk berdasarkan skenario yang dibuat. Script untuk pembuatan skenario dapat dilihat pada Lampiran 4.3 dan 4.4.

Contoh tampilan kontur pencemar non-konservatif berdasarkan skenario arah angin dan kecepatan angin dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 4.18 Skenario K3 arah 0^{o}

Gambar diatas merupakan kontur persebaran emisi pada skenario K3 arah 0^{o}. Skenario tersebut adalah skenario yang menggunakan kinetika reaksi musim kemarau dengan arah angin 0^{o} dan kecepatan angin 2,5 m/s. Dari skenario tersebut didapatkan bahwa konsentrasi emisi yang diterima reseptor pada kondisi yang telah ditentukan adalah sebesar 124,5177 µg/m^{3}.

Untuk hasil lengkap *running* script berdasarkan skenario maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 17 Skenario Persebaran Emisi

Arah	Konsentrasi (µg/m^{3})					
	Kemarau			Hujan		
	3	4	5	3	4	5
(0)	124,51	311,07	471	169,57	348,78	471,88
(45)	4946,38	9887,75	13944	3844,4	8894,37	11799,21
(90)	17655,66	38086,44	52624,95	16048,31	31811,2	45061,76
(135)	13534,76	31694,85	42912,37	13127,44	26299,86	36378,97
(180)	1597,6	1597,6	4278,9	1068,29	2885	3818,12
(225)	337,79	337,79	855,43	350,54	64,85	984,58
(270)	911,68	911,68	2620,09	909,49	2077,83	2757,79
(315)	831,47	831,47	2655,8	872	2077,41	2685,76

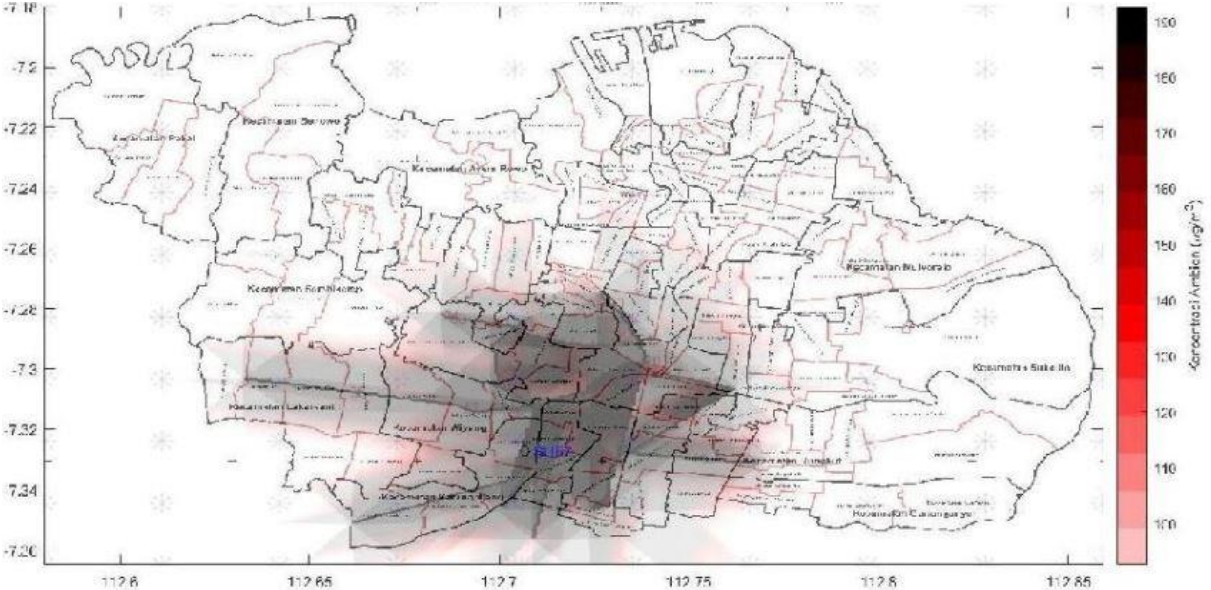
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa kondisi konsentrasi pencemar terburuk pada masing-masing musim adalah pada kondisi kecepatan angin dengan skala 5. Konsentrasi pencemar pada udara ambien yang dibaca oleh titik reseptor SUF-7 adalah pada skenario musim kemarau dengan skala kecepatan angin 5 dan arah angin 90 ^{o}, yaitu dengan konsentrasi pencemar pada reseptor sebesar 42912,37 µg/m^{3}. Hasil *running* script kondisi terburuk masing-masing skenario pada masing-masing musim dapat dilihat pada Lampiran 5.

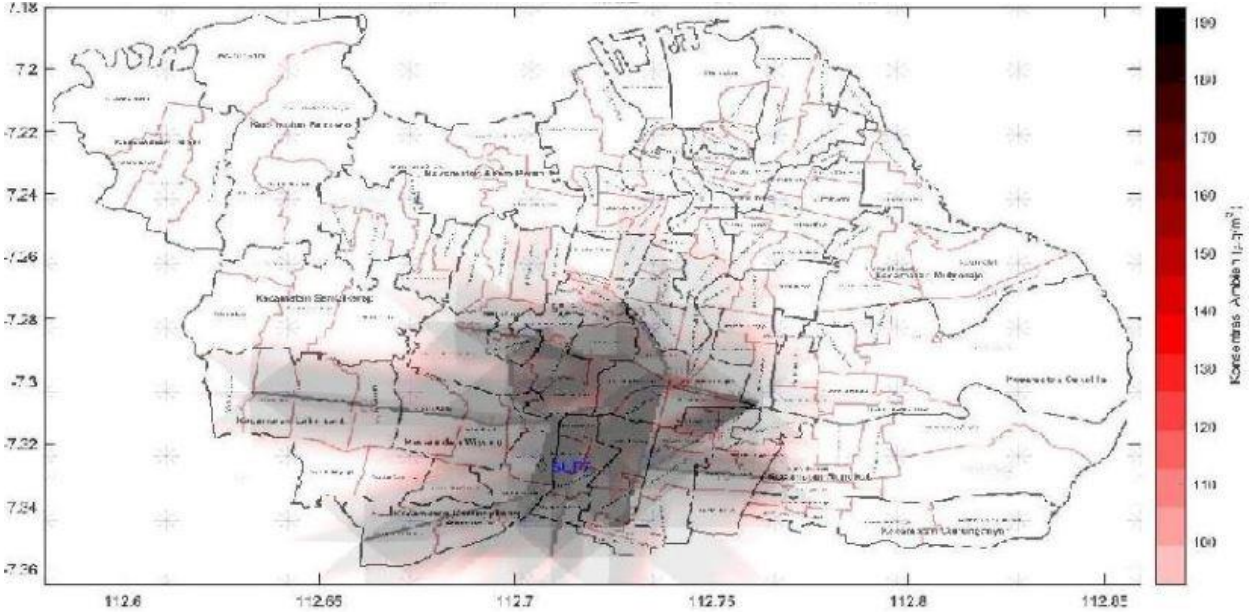
Setelah didapatkan kondisi terburuk pada masing-masing skenario, maka dibuat *overlay* kontur persebaran emisi yang berasal dari gabungan skenario delapan arah mata angin pada masing-masing musim. *Overlay* dibuat dengan tujuan mengetahui batas sebaran emisi yang melebihi baku mutu udara ambien. Dari hasil *overlay* tersebut maka dapat diketahui titik-titik mana yang kualitas udara ambiennya melebihi baku

mutu akibat emisi yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor. Script yang digunakan untuk *overlaying* kontur persebaran emisi dari delapan arah mata angin dapat dilihat pada Lampiran 4.5.

Baku mutu NO_x yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 yaitu 92,5 µg/m^3. Sehingga batas bawah pada *overlay* kontur pencemar berdasarkan skenario diatur mengikuti baku mutu ambien untuk memudahkan penentuan wilayah studi yang konsentrasi pencemar pada ambiennya melebihi baku mutu. Gambar berikut menunjukkan kontur persebaran pencemar non konservatif dari aktivitas lalu lintas di wilayah Surabaya Selatan terhadap kondisi kualitas udara ambien di Kota Surabaya.



Gambar 4. 19 Hasil *Overlay* Skenario Musim Kemarau



Gambar 4. 20 Hasil *Overlay* Skenario Musim Penghujan

Berdasarkan kedua gambar hasil *overlay*, direpresentasikan dispersi pencemar udara pencemar non konservatif dari aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor di wilayah Surabaya Selatan dengan kontur warna hitam hingga merah. Kontur warna tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi udara ambien daerah yang dilapisi kontur melebihi konsentrasi baku mutu udara ambien menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009.

Dari hasil *overlay* maka dapat ditentukan batas wilayah di Kota Surabaya yang konsentrasi udara ambiennya melebihi baku mutu yang diakibatkan oleh aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor di wilayah Surabaya Selatan. Batas paling utara persebaran emisi di udara ambien dari aktivitas kendaraan bermotor Surabaya Selatan adalah pada Kelurahan Gundih Kecamatan Bubutan. Untuk wilayah selatan persebaran emisi pada ambien melewati wilayah Surabaya Selatan pada Kelurahan Waru Gunung Kecamatan Karangpilang. Titik batas timur persebaran emisi pada ambien adalah pada Kelurahan Rungkut Tengah Kecamatan Gunung Anyar. Sedangkan titik terjauh pada batas barat adalah pada Kelurahan Lakarsantri Kecamatan Lakarsantri.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5
KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan sementara dari penelitian ini adalah :

1. Dari perhitungan beban emisi pada jalan di wilayah Surabaya Selatan nilai beban emisi tertinggi ada pada Jalan Ahmad Yani dengan beban emisi 9,057 gr/detik. Hal ini dipengaruhi oleh derajat saturasi jalan Ahmad Yani yang cukup tinggi yang mengakibatkan kecepatan rata-rata kendaraan yang melewati jalan tersebut rendah. Tingginya volume lalu lintas pada jalan juga mempengaruhi nilai beban emisi pada jalan tersebut.
2. Aplikasi model pencemar udara non konservatif dari aktivitas kendaraan bermotor pada wilayah Surabaya Selatan yang telah dibuat menghasilkan korelasi nilai konsentrasi pencemar di reseptor (SUF-7) pada hasil model dengan nilai konsentrasi di reseptor pada hasil pengukuran asli pada musim kemarau dan penghujan berturut-turut adalah sebesar 0,20482 dan 0,31766. Titik terjauh konsentrasi pencemar non-konservatif pada udara ambien yang melebihi baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 pada titik utara ada pada Kelurahan Gundih Kecamatan Bubutan, titik selatan pada Kelurahan Waru Gunung Kecamatan Karangpilang, titik barat terletak di Kelurahan Lakarsantri Kecamatan Lakarsantri, dan titik timur pada Kelurahan Rungkut Tengah Kecamatan Gunung Anyar.

6.2 Saran

Saran untuk penelitian lanjutan adalah :

1. Perlu adanya kalibrasi model lebih lanjut, sehingga model dapat menghasilkan performa yang lebih baik pada wilayah studi.
2. Melakukan penelitian lanjutan yaitu dengan menambahkan sumber emisi lain seperti sumber titik dan sumber area untuk mendapat hasil model yang lebih baik.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variabel *barrier* maupun serapan RTH untuk mengetahui perbedaan hasil dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aleksic, N., Kent, J., dan Walcek, C. 2016. "Ozone concentrations in air flowing into New York State." **Atmospheric Environment** 141, 454-461.

Antanasijević, D., Pocajt, V., Perić-Grujić, A., dan Ristić, M. 2017. "Multiple-input-multiple-output general regression neural networks model for the simultaneous estimation of traffic-related air pollutant emissions." **Atmospheric Pollution Research**, https://doi.org/10.1016.j.apr.2017.10.011.

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_x photoreaction related to ground measurement of solar radiation in estimates of surface ozone concentration." **International Journal of ChemTech Research** 9, 182-190.

Badan Pusat Statistika Kota Surabaya. 2017. **Kota Surabaya Dalam Angka 2017**. Surabaya: Badan Pusat Statistika Kota Surabaya.

Briant, R., Korsakissok, I., Seigneur, C. 2011."An Improved Line Source Model for Air Pollutant Dispersion from Roadway Traffic". **Atmospheric Environment** 45 (2011) 4099-4107.

Bruno, Sportisse. 2010. **Fundamentals In Air Pollution From Process To Modelling.** New York: Springer.

Budiyono, A. 2001. "Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan." **Berita Dirgantara** Vol. 2, No 1 Maret 2001.

Chen, X., Liu, Y., Lai, A., Han, S., Fan, Q., Wang, X., Ling, Z., Huang, F., dan Fan, S. 2018. "Factors dominating 3-dimensional ozone distribution during high tropospheric ozone period." **Environmental Pollution** 232, 55-64.

Colls, J. 2010: **Air Pollution Measurement , Modelling And Mitigation, Third Edtion.** New York: Routledge

Constantya, Q. 2017. **Studi Pola Konsentrasi Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya (Parameter : NO, NO_2, O_3)**. Tugas Akhir, Departemen Teknik Lingkungan ITS.

De Visscher, Alex. 2014. **Air Dispersion Modeling.** New Jersey:John Wiley & Sons.Inc.

Environment Canada, 2012. **National Pollutant Release Inventory (NPRI)**. CAC Trends. Retrieved 2011 December, from. http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=En&n=4A577BB9-1.

Gao, W., Tie, X., Xu, J., Huang, R., Mao, X., Zhou, G., dan Chang, L. 2017. "Long term trend of O_3 in a mega city (Shanghai), China : Characteristics, causes, and interaction with precursors." **Science of Total Environment**, 603-604, 425-433.

Geng, F.H., Tie, X., Xu, J., Zhou, G., Peng, L., Gao, W., Tang, X., Zhao, C., 2008. Characterizationsof ozone, NOx, and VOCs measured in Shanghai, China. **Atmos. Environ.** 42, 6873–6883.

Haryanto, B. 2008. "Pengaruh pemilihan kondisi batas, langkah ruang, langkah waktu, dan koefisien difusi pada model difusi." **Aplika** 8, 1-7.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K, eds. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. **Peraturan Menteri Lingkungan No. 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.** Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.

Landolsi, J., Rehimi, F., dan Kalboussi, A. 2017. "Urban traffic and induced air quality modeling and simulation : Methodology and illustrative example." **Urban Climate** 21, 154-172.

Media Indonesia. 4 Januari 2005. **Polusi Udara di Surabaya Rusak Kesehatan.**

Nuryanto, D. E. 2015. “Simulation of Forest Fires Smoke Using WRF-Chem Model with FINN Fire Emissions in

Sumatera." **Procedia Environmental Sciences** 24 (2015) 65-69.

Pemerintah Kota Surabaya. 2014. **Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomoe 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034**. Pemerintah Kota Surabaya.

Pemerintah Kota Surabaya. <URLhttp://surabaya.go.id/berita/8166-kecamatan>

Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2009. **Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur**. Pemerintah Provinsi Jawa Timur.

Putro, R.K.P., Syafei, A.D., Boedisantoso, R., Assomadi, A.F., Slamet, A., Hermana, J. 2017. "Characterizing Concentration of NO_2 in Indonesia Using Satellite Instrument of GOME 2 MetOp-B". **Advanced Science Letters** 23, 1384-1387.

Sandra, C., Maret 2013. "Pengaruh Penurunan Kualitas Udara Terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan pada Polisi Lalu Lintas Polwiltabes Surabaya." **Jurnal IKESMA** Volume 9 No. 1.

Sugiarti. 2013. "Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia". **Jurnal Chemica Vol. 10 Nomor 1 Juni 2009, 50-58.**

Soedomo, M., 2001. **Pencemaran Udara**. Bandung: ITB Press.

[SARPEDAL KLH] Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. **Air Quality Monitoring 2003**. Jakarta : KLH.

Siregar, E.B. 2005. "Pencemaran udara, respon tanaman, dan pengaruhnya pada manusia." **e-USU Repository.**

Sportisse, B. 2010. **Fundamentals in Air Pollution.** New York : Wiley.

Zouzelka, R., Rathousky, J., 2017. "Photocatalytic Abatement of NO_x Pollutants in the Air Using Commercial Functional Coating With Porous Morphology". **Applied Catalysis B: Environmental** 217 (2017) 466-476.

Zongchao, T. 2014. **Air Pollution and Greenhouse Gases**. Singapura:Springer.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

Data monitoring kualitas udara ambien, kecepatan angin beserta arah angin dan GRAD wilayah Surabaya Selatan yang diwakili oleh data SUF-7.

L1.1 Data monitoring kualitas udara ambien NO_2 SUF-7.

- Data Monitoring 4–10 Agustus 2017.

Time	04-Agu 2017	05-Agu 2017	06-Agu 2017	07-Agu 2017	08-Agu 2017	09-Agu 2017	10-Agu 2017
00.30	27,800	18,936	37,645	30,392	40,934	26,376	31,582
01.00	23,061	18,778	34,048	28,371	34,443	27,789	23,406
01.30	17,125	17,019	31,362	28,669	32,411	27,034	23,309
02.00	17,394	16,568	31,142	27,293	30,358	27,198	27,189
02.30	19,133	16,146	30,554	25,688	29,386	32,624	28,421
03.00	20,600	15,950	30,891	21,195	26,467	29,784	23,979
03.30	15,016	17,946	30,635	16,106	26,090	28,517	18,317
04.00	17,304	21,285	29,973	17,894	24,842	26,392	22,443
04.30	24,176	22,101	29,344	20,603	23,523	25,323	23,578
05.00	19,994	26,058	29,552	20,690	23,101	25,179	24,862
05.30	16,173	24,717	28,123	21,125	22,384	25,712	29,173
06.00	21,597	23,418	23,643	21,544	23,438	25,582	25,926
06.30	26,232	24,086	21,885	21,640	25,354	24,344	24,482
07.00	28,459	28,218	23,098	32,342	28,411	29,398	23,648
07.30	41,192	36,570	25,674	60,762	38,675	35,552	24,864
08.00	55,840	49,317	33,286	65,342	50,584	48,978	38,189
08.30	56,219	63,325	41,576	68,422	75,691	55,261	33,195
09.00	46,323	53,832	41,632	60,046	60,397	54,638	31,821
09.30	40,421	52,477	34,858	54,706	46,693	39,203	49,862
10.00	43,419	49,621	26,237	48,387	33,440	42,123	41,176
10.30	46,934	40,730	20,131	49,803	33,360	32,699	27,763
11.00	60,813	32,075	21,238	35,461	32,709	26,958	35,949
11.30	59,350	41,512	26,699	37,915	29,701	37,547	34,768
12.00	39,323	35,866	26,122	36,874	55,624	30,190	33,950
12.30	34,966	41,106	21,691	32,730	64,294	35,803	32,246

Time	04-Agu 2017	05-Agu 2017	06-Agu 2017	07-Agu 2017	08-Agu 2017	09-Agu 2017	10-Agu 2017
13.00	31,480	35,394	21,363	31,394	57,891	34,803	35,365
13.30	37,645	33,613	19,904	30,421	44,264	31,158	33,936
14.00	33,870	34,917	24,392	29,395	42,438	36,099	32,667
14.30	44,792	36,274	17,992	26,325	39,141	39,309	37,475
15.00	44,411	41,786	19,912	26,646	46,248	42,890	37,390
15.30	46,800	44,747	17,802	30,298	49,005	49,762	44,610
16.00	46,742	53,376	28,046	29,981	62,080	57,305	47,293
16.30	60,515	62,006	38,290	39,168	75,156	64,849	49,975
17.00	74,288	70,635	48,534	48,355	88,231	72,392	52,658
17.30	60,515	57,691	33,168	39,168	68,618	61,077	48,634
18.00	62,544	58,208	39,202	39,002	67,350	59,274	43,744
18.30	58,470	52,542	30,211	41,258	62,686	59,774	40,850
19.00	54,560	46,741	30,885	40,936	58,838	51,398	35,477
19.30	55,539	36,414	29,915	43,206	51,347	50,250	34,824
20.00	57,122	35,538	28,429	43,202	54,522	43,643	35,451
20.30	52,950	31,354	27,478	42,938	39,566	30,466	30,584
21.00	42,064	37,722	25,928	46,158	37,243	31,683	33,325
21.30	26,755	42,163	26,934	42,885	36,074	32,781	29,934
22.00	24,005	40,648	32,909	41,936	31,275	31,907	34,645
22.30	28,094	41,531	33,541	41,557	35,419	33,221	37,702
23.00	24,872	40,091	33,667	42,331	34,627	34,267	37,267
23.30	19,941	37,803	34,760	42,120	30,867	32,579	32,642
00.00	19,981	36,091	32,293	40,771	26,171	30,094	31,334

- **Data Monitoring 17–23 November 2017.**

Time	17-Agu 2017	18-Agu 2017	19-Agu 2017	20-Agu 2017	21-Agu 2017	22-Agu 2017	23-Agu 2017
00.30	30,570	16,211	36,296	13,592	49,077	31,691	48,219
01.00	34,930	14,304	32,672	11,971	46,034	22,942	44,574
01.30	29,416	13,163	25,147	11,432	35,661	17,894	45,208
02.00	30,558	14,218	19,427	12,717	31,768	14,875	43,450
02.30	30,885	25,547	15,718	15,931	31,070	12,691	44,341
03.00	29,475	30,642	14,722	17,610	28,702	11,272	45,546
03.30	28,651	38,158	12,640	17,184	21,818	11,514	42,938
04.00	27,038	42,173	11,819	18,362	23,688	10,786	37,517
04.30	27,806	33,053	11,906	17,802	24,446	9,098	35,478
05.00	29,907	32,749	11,597	16,653	24,648	11,605	35,739
05.30	32,459	30,450	10,637	15,621	22,070	13,674	35,738
06.00	31,149	26,781	10,675	16,138	20,058	14,232	37,130
06.30	31,398	35,651	15,166	20,816	19,349	16,022	47,317
07.00	30,539	38,384	27,586	41,494	23,565	16,962	58,938
07.30	30,387	52,990	33,560	44,347	23,477	28,238	43,421
08.00	31,005	55,962	46,882	46,646	19,464	37,170	40,363
08.30	27,150	48,179	36,341	61,317	20,741	34,744	34,507
09.00	23,859	43,344	28,602	62,907	12,994	22,064	39,834
09.30	17,829	41,557	26,467	67,334	13,859	17,045	56,347
10.00	17,722	31,829	26,397	49,763	10,971	14,187	37,251
10.30	15,398	35,618	32,427	45,355	13,675	12,694	56,387
11.00	11,392	31,355	24,678	50,974	13,930	15,706	39,160
11.30	12,674	29,936	21,296	26,834	16,235	14,546	37,749
12.00	13,021	28,746	30,450	77,976	15,704	11,938	49,269
12.30	9,912	29,088	39,134	91,792	17,074	16,651	32,928
13.00	9,616	40,160	13,531	45,210	17,611	14,514	21,267
13.30	16,576	42,864	13,320	27,038	23,294	13,224	20,267
14.00	12,982	23,888	13,893	33,512	37,043	14,798	23,229
14.30	12,528	51,989	13,579	45,326	34,507	28,309	46,806
15.00	20,654	59,557	12,299	39,958	24,363	30,278	39,616

Time	17-Agu 2017	18-Agu 2017	19-Agu 2017	20-Agu 2017	21-Agu 2017	22-Agu 2017	23-Agu 2017
15.30	47,784	60,053	13,365	41,645	23,917	26,149	35,928
16.00	61,566	66,154	30,291	42,872	37,698	39,931	39,633
16.30	68,456	69,205	38,755	43,485	32,258	34,900	41,486
17.00	75,347	72,256	47,218	44,099	26,818	29,869	43,338
17.30	84,530	68,589	49,674	60,941	41,717	67,914	49,298
18.00	66,365	67,229	45,795	35,451	38,934	77,202	47,192
18.30	59,555	58,317	39,414	24,315	37,322	79,182	45,298
19.00	46,205	32,658	44,371	19,562	31,651	71,010	46,114
19.30	46,949	38,982	43,562	42,731	40,493	68,232	51,419
20.00	46,694	44,050	39,565	42,634	39,472	68,304	47,434
20.30	38,998	46,683	34,058	43,246	41,419	63,899	41,938
21.00	40,765	46,499	23,848	46,547	41,379	60,597	41,496
21.30	31,027	44,440	24,659	48,219	42,341	54,989	40,224
22.00	24,214	44,760	22,512	45,997	46,906	53,464	37,006
22.30	31,757	41,958	19,915	50,456	46,795	51,334	33,134
23.00	28,560	32,640	19,162	51,890	50,128	48,728	32,466
23.30	19,518	35,392	17,368	50,163	48,277	51,248	31,910
00.00	24,595	34,896	14,805	53,272	42,982	52,310	30,438

L1.2 Data monitoring kecepatan dan arah angin SUF-7

- Data 4-10 Agustus 2017

  Keterangan:

  1. Kecepatan angin (m/s) : **1**
  2. Arah angin (degree) : **2**

Time	04/08/2017		05/08/2017		06/08/2017		07/08/2017		08/08/2017		09/08/2017		10/08/2017	
	1	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
00.30	0,55	295,61	1,08	291,06	0,87	265,77	1,14	199,16	0,19	200,82	0,72	147,16	1,44	282,10
01.00	0,78	275,65	0,97	290,42	0,55	275,11	1,17	201,44	0,89	222,59	0,23	114,14	0,93	279,41
01.30	0,81	276,69	0,43	283,88	0,79	274,79	1,05	230,03	0,68	283,95	0,11	238,70	0,95	277,25
02.00	0,56	285,57	0,64	296,74	0,66	272,60	1,03	284,27	0,91	269,21	0,48	248,11	0,74	271,06
02.30	0,64	304,03	0,35	317,29	0,73	275,26	1,20	284,35	0,87	273,65	1,01	266,77	1,24	230,39
03.00	0,38	297,22	0,55	304,79	0,88	264,84	1,26	292,58	0,78	283,07	0,96	280,42	1,12	203,15
03.30	0,84	322,71	0,32	340,97	0,70	278,89	0,88	282,95	0,70	285,07	1,04	282,93	1,03	215,60
04.00	0,96	328,57	0,44	297,50	0,48	287,86	0,85	276,26	0,80	287,10	1,10	279,02	1,07	227,88
04.30	1,11	335,46	0,53	300,38	0,78	262,02	0,49	304,35	0,76	283,81	0,98	265,35	0,65	291,35
05.00	0,90	296,81	0,26	309,85	0,75	274,50	0,10	71,21	0,94	303,60	0,89	281,12	0,47	317,90
05.30	0,56	249,22	0,59	304,17	0,38	274,20	0,16	163,80	0,68	258,85	0,96	291,74	0,38	347,70
06.00	0,35	258,52	0,41	316,78	0,55	206,04	0,80	209,53	0,81	220,14	0,85	284,85	0,44	321,37
06.30	0,61	323,09	0,66	310,25	0,34	152,80	0,39	209,44	0,63	284,41	0,76	307,30	1,01	298,53
07.00	0,33	279,20	0,46	349,74	0,84	177,89	0,55	254,46	0,80	314,08	0,80	258,64	0,85	295,45
07.30	0,66	340,48	0,22	1,58	0,71	228,09	0,66	271,30	0,52	295,02	0,77	228,75	0,56	283,62
08.00	0,37	357,05	0,55	130,09	0,36	240,46	0,54	271,66	0,55	198,97	0,69	202,35	0,54	318,09

Time	04/08/2017		05/08/2017		06/08/2017		07/08/2017		08/08/2017		09/08/2017		10/08/2017	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
08.30	0,72	104,19	0,64	116,84	0,33	356,36	0,35	304,84	0,28	196,16	0,36	185,20	0,79	256,60
09.00	1,35	122,39	1,06	139,57	0,43	30,45	0,52	138,68	0,17	200,23	0,23	126,04	0,44	227,89
09.30	1,49	130,90	1,28	111,05	0,90	112,90	0,55	118,66	0,67	122,83	0,84	205,44	0,74	190,85
10.00	1,54	145,09	1,59	123,29	1,68	103,63	1,35	135,70	0,39	215,11	0,71	148,91	1,23	146,76
10.30	1,43	128,61	2,01	136,85	1,99	125,13	1,62	105,05	1,17	187,45	1,48	148,98	0,61	136,75
11.00	1,73	122,48	1,75	130,62	1,82	120,92	2,35	124,77	0,88	178,38	1,85	133,38	1,94	100,93
11.30	1,77	117,72	1,54	113,88	1,74	105,02	2,10	115,95	1,43	197,81	1,90	136,18	1,47	105,12
12.00	1,11	110,46	1,58	113,18	2,15	103,73	1,97	112,49	0,83	164,66	1,96	127,16	1,80	112,45
12.30	1,34	109,59	1,69	122,91	2,33	115,50	2,49	113,51	2,01	106,13	2,15	113,20	2,20	113,51
13.00	1,52	100,56	1,64	122,71	1,98	106,15	2,49	116,30	1,91	110,70	1,54	109,33	1,57	113,33
13.30	1,73	104,93	1,64	109,59	2,14	117,58	2,91	110,98	1,23	86,27	1,82	106,27	2,00	114,54
14.00	2,06	116,06	1,73	108,03	1,73	106,50	2,60	113,74	1,79	113,79	1,53	99,64	1,97	114,13
14.30	2,01	110,48	1,80	115,63	1,99	117,88	2,56	117,62	1,51	109,70	1,68	102,71	1,86	111,14
15.00	2,30	112,93	1,65	104,37	1,62	98,57	2,96	113,15	1,45	103,84	1,66	97,61	1,52	92,33
15.30	2,39	103,70	1,70	111,37	1,60	89,25	2,70	111,16	1,58	93,80	1,64	108,76	1,58	96,44
16.00	2,33	101,30	2,07	118,85	1,93	95,95	2,62	108,60	1,99	110,43	2,02	115,96	1,84	102,23
16.30	1,04	97,16	1,93	97,83	1,20	116,01	2,31	119,86	1,20	81,30	1,89	102,94	1,87	90,72
17.00	1,68	99,23	2,00	108,34	1,56	105,98	2,46	114,23	1,60	95,87	1,96	109,45	1,85	96,47
17.30	1,38	95,68	1,76	105,53	1,98	112,19	2,26	107,85	1,45	102,95	1,83	107,33	2,10	104,24
18.00	1,49	103,28	1,88	111,09	2,19	114,36	2,13	101,57	1,62	102,47	1,87	110,61	2,48	111,43
18.30	1,36	111,95	2,02	112,31	2,23	110,90	1,95	103,80	1,05	90,90	1,80	116,82	2,51	112,25

Time	04/08/2017		05/08/2017		06/08/2017		07/08/2017		08/08/2017		09/08/2017		10/08/2017	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
19.00	1,28	112,25	2,04	116,06	1,83	113,48	1,91	109,93	1,37	108,45	2,10	116,36	2,46	118,62
19.30	0,90	101,89	2,19	116,46	2,11	114,49	1,29	100,75	1,67	115,98	2,08	109,58	2,22	114,77
20.00	0,33	117,12	1,91	120,05	1,95	118,97	1,18	92,74	1,56	114,57	2,02	107,45	1,87	121,48
20.30	0,28	245,41	1,85	120,12	1,88	120,29	1,42	101,46	2,13	112,94	1,95	117,17	2,01	115,51
21.00	1,26	292,22	1,44	122,38	2,12	118,22	1,30	111,18	1,45	108,99	1,76	119,51	1,63	109,26
21.30	1,13	296,30	1,24	119,59	1,89	117,22	1,51	109,07	1,85	115,31	1,50	121,76	1,70	111,96
22.00	0,94	306,55	1,18	115,74	1,60	110,20	1,28	114,70	1,72	115,39	1,32	126,21	1,14	111,45
22.30	0,78	269,94	0,67	148,04	1,27	109,00	1,07	117,56	1,35	113,09	0,64	130,49	0,35	101,48
23.00	1,18	281,78	0,55	192,10	1,06	108,63	0,67	128,96	1,14	130,49	0,35	148,85	0,14	101,56
23.30	1,22	294,07	0,36	194,97	0,53	120,29	0,46	152,88	0,81	125,48	0,14	257,97	0,40	205,67
00.00	1,20	292,87	0,92	215,98	0,55	187,32	0,31	169,56	0,89	135,49	0,51	250,73	0,46	261,49

- Data 17-23 November 2017
  Keterangan:
  1. Kecepatan angin (m/s) : **1**
  2. Arah angin (degree) : **2**

Time	17/11/2017		18/11/2017		19/11/2017		20/11/2017		21/11/2017		22/11/2017		23/11/2017	
	1	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
00.30	0,34	142,85	0,90	286,99	0,45	291,39	0,35	302,48	0,32	329,17	1,09	302,84	0,31	360,26
01.00	0,23	104,28	0,80	279,26	0,39	278,52	0,45	269,83	0,36	278,91	0,93	290,19	0,01	103,98
01.30	0,45	166,19	0,78	281,45	0,87	292,35	0,52	269,02	0,68	282,23	0,86	294,57	0,03	230,38
02.00	0,17	184,49	0,65	273,11	0,87	300,55	0,87	281,61	1,00	295,93	0,77	298,07	0,04	198,41
02.30	0,36	279,13	0,47	287,66	0,76	303,86	0,65	273,68	0,55	281,22	0,93	290,08	0,20	173,43
03.00	0,55	283,13	0,22	286,47	0,95	306,84	0,34	271,86	0,50	287,23	1,21	296,08	0,12	291,09
03.30	0,51	278,50	0,57	280,36	0,41	287,05	0,21	268,91	0,51	264,45	1,21	300,45	0,20	260,45
04.00	0,26	252,15	0,53	257,62	0,45	301,50	0,55	295,29	0,43	279,84	1,42	289,29	0,27	209,49
04.30	0,85	227,17	0,75	215,19	0,43	304,74	0,74	324,39	0,47	274,89	1,27	286,43	0,70	195,90
05.00	0,67	252,16	0,04	174,83	0,36	331,60	0,16	272,90	0,49	290,16	0,86	287,89	0,29	199,89
05.30	0,72	286,56	0,06	274,71	0,27	256,46	0,44	313,37	1,01	296,73	0,97	301,23	0,20	221,26
06.00	1,15	280,52	0,08	194,84	0,38	184,98	0,25	276,71	1,17	283,44	1,02	291,34	0,14	302,60
06.30	1,06	282,61	0,52	228,41	0,20	192,96	0,47	246,85	0,91	286,52	1,02	281,12	0,68	272,81
07.00	1,01	290,01	0,96	204,96	0,08	224,93	0,37	292,19	1,15	281,49	1,31	270,96	0,46	266,71
07.30	1,04	291,25	0,79	287,99	0,44	206,07	0,48	295,31	1,38	295,78	1,08	268,80	1,11	204,07
08.00	1,17	283,08	0,65	341,34	0,34	29,53	0,78	334,55	1,40	300,08	1,54	228,41	0,89	213,19
08.30	1,10	275,70	0,60	16,34	0,91	339,67	0,18	213,46	1,29	301,72	1,35	271,49	0,36	205,15

Time	17/11/2017		18/11/2017		19/11/2017		20/11/2017		21/11/2017		22/11/2017		23/11/2017	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
09.00	0,91	276,09	0,44	308,59	1,15	5,12	0,49	213,69	1,44	261,05	1,27	273,42	0,47	118,40
09.30	1,06	303,12	0,43	74,96	1,32	353,76	0,32	30,11	1,77	261,39	1,57	292,08	0,97	151,07
10.00	1,16	321,97	0,62	21,37	2,20	344,24	1,02	338,37	1,90	294,97	1,80	251,07	0,44	158,44
10.30	1,32	326,60	0,59	23,38	2,52	328,84	0,35	114,54	2,35	303,11	1,77	274,28	0,43	103,25
11.00	1,15	335,64	1,54	318,23	2,68	344,08	0,56	310,32	2,31	306,69	2,01	291,23	0,22	88,74
11.30	1,30	301,11	1,10	318,52	2,82	355,18	0,45	330,09	1,87	296,94	2,17	295,57	0,64	3,87
12.00	1,41	327,48	1,54	328,87	3,35	359,13	0,76	106,83	2,03	302,00	1,77	293,19	1,18	331,28
12.30	1,48	310,98	1,55	297,12	3,26	350,06	0,92	112,62	1,78	309,16	1,50	302,39	1,63	300,08
13.00	0,73	324,79	0,24	117,93	3,17	358,10	0,48	315,26	2,44	346,02	1,99	310,28	2,00	309,02
13.30	1,04	299,72	2,20	201,89	2,60	344,76	0,69	300,85	2,29	353,51	1,52	292,68	2,08	311,56
14.00	1,07	321,67	2,58	236,19	2,26	342,84	1,64	6,54	2,93	1,68	1,96	317,90	1,48	317,34
14.30	1,05	309,84	0,70	12,68	2,30	349,47	2,22	358,92	2,63	5,69	2,28	343,79	1,05	293,80
15.00	0,86	316,16	1,16	42,03	2,42	352,88	2,75	360,45	2,91	357,91	2,99	347,63	0,92	269,42
15.30	0,66	32,84	0,90	23,98	1,81	2,56	2,83	353,69	3,62	359,76	3,69	351,10	0,80	222,76
16.00	2,50	139,66	0,86	34,63	0,54	335,85	2,68	355,87	3,17	357,27	0,26	243,75	1,01	175,33
16.30	3,81	204,19	1,65	26,63	0,34	347,71	3,06	355,70	3,70	362,89	-0,62	161,19	1,26	128,89
17.00	1,19	75,13	0,07	42,64	0,73	323,99	2,29	356,04	2,64	351,65	1,13	326,31	0,76	221,77
17.30	1,12	132,78	1,00	189,18	0,73	296,27	2,47	343,72	2,32	351,24	0,39	56,48	1,11	234,57
18.00	0,70	144,91	2,10	172,89	0,72	278,29	2,59	245,39	1,54	325,87	0,82	118,83	0,60	234,41
18.30	0,12	278,27	1,81	193,01	0,92	261,77	2,36	227,76	1,05	269,79	0,85	124,47	0,14	294,01
19.00	1,04	300,14	1,00	202,09	0,85	233,34	1,34	194,86	1,43	212,29	0,32	112,31	0,00	116,92

Time	17/11/2017		18/11/2017		19/11/2017		20/11/2017		21/11/2017		22/11/2017		23/11/2017	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
19.30	0,86	313,90	0,54	237,48	0,48	312,15	0,56	213,96	0,95	195,48	0,19	102,00	0,07	148,30
20.00	0,92	277,38	0,13	206,59	1,04	282,19	0,38	192,74	1,32	198,67	0,28	131,37	0,21	140,06
20.30	0,75	298,63	0,13	17,99	1,04	285,24	0,49	187,05	0,87	215,78	0,75	183,75	0,14	125,78
21.00	0,73	277,98	0,37	81,93	0,68	286,28	0,46	170,84	1,10	203,87	1,25	192,62	0,21	50,33
21.30	0,85	270,91	0,09	220,86	0,55	293,76	0,06	162,43	0,86	232,05	0,98	184,27	0,33	153,32
22.00	0,84	271,10	0,44	288,11	0,38	281,79	0,05	131,34	0,70	270,29	0,78	191,45	0,64	171,40
22.30	0,98	293,61	0,28	342,31	0,50	307,69	0,18	115,10	0,49	268,40	0,10	232,66	0,40	194,84
23.00	0,86	286,99	0,31	232,22	0,76	302,27	0,24	87,92	0,77	276,14	0,02	144,16	0,57	157,65
23.30	0,81	261,45	0,15	245,23	0,61	294,70	0,03	8,95	0,93	285,78	0,05	125,20	0,34	90,73
00.00	0,83	289,94	0,44	276,84	0,46	305,77	0,57	1,65	0,82	295,43	0,14	74,14	0,17	75,39

L1.3 Data monitoring GRAD SUF-7

- Data 4-10 Agustus 2017

Time	04-Agu 2017	05-Agu 2017	06-Agu 2017	07-Agu 2017	08-Agu 2017	09-Agu 2017	10-Agu 2017
00.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
01.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
01.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
02.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
02.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
03.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
03.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
04.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
04.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
05.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
05.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
06.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,232	0,057
06.30	9,948	9,153	7,459	7,459	12,323	14,014	9,200
07.00	30,827	21,397	28,975	28,975	34,470	40,448	21,489
07.30	57,310	31,918	51,422	51,422	38,734	48,667	33,469
08.00	55,681	49,480	75,646	75,646	50,436	55,500	62,172
08.30	54,333	65,390	106,670	106,670	69,882	72,256	61,913

Time	04-Agu 2017	05-Agu 2017	06-Agu 2017	07-Agu 2017	08-Agu 2017	09-Agu 2017	10-Agu 2017
09.00	97,269	93,546	112,630	112,630	88,354	140,490	132,710
09.30	178,950	165,040	189,100	189,100	289,130	299,260	287,230
10.00	223,840	254,530	237,590	237,590	155,480	181,810	171,490
10.30	122,700	157,940	223,080	223,080	291,430	263,720	369,660
11.00	229,490	383,510	321,700	321,700	439,960	581,690	654,270
11.30	472,910	431,890	311,370	311,370	298,550	472,590	400,370
12.00	687,700	705,950	364,880	364,880	170,230	694,190	717,900
12.30	710,710	711,030	475,270	475,270	538,690	716,180	723,450
13.00	713,010	684,350	483,570	483,570	619,100	698,640	699,560
13.30	675,580	672,710	390,140	390,140	617,160	668,170	679,530
14.00	623,350	614,060	445,590	445,590	586,090	612,100	631,490
14.30	567,150	555,230	535,070	535,070	541,850	534,380	566,930
15.00	438,150	421,570	411,160	411,160	334,680	310,860	276,200
15.30	143,170	138,110	178,380	178,380	114,760	150,880	100,350
16.00	92,121	103,690	141,190	141,190	111,410	141,090	124,760
16.30	119,226	132,311	189,275	189,275	141,054	187,887	165,912
17.00	37,912	46,449	45,020	45,020	52,122	47,495	42,456
17.30	16,435	19,131	17,273	17,273	3,987	19,519	15,441
18.00	1,163	1,114	1,312	1,312	0,000	0,983	0,551

Time	04-Agu 2017	05-Agu 2017	06-Agu 2017	07-Agu 2017	08-Agu 2017	09-Agu 2017	10-Agu 2017
18.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
00.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

- Data 17-23 November 2017

Time	17-Agu 2017	18-Agu 2017	19-Agu 2017	20-Agu 2017	21-Agu 2017	22-Agu 2017	23-Agu 2017
00.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
01.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
01.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
02.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
02.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
03.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
03.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
04.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
04.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
05.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
05.30	0,076	0,763	0,275	0,000	0,000	0,129	0,024
06.00	8,929	9,979	8,297	9,704	4,546	10,033	9,699
06.30	20,984	19,426	18,497	26,543	20,116	22,833	26,454
07.00	40,287	32,351	40,253	36,776	40,321	31,462	40,516
07.30	47,807	44,121	69,321	48,315	60,365	42,328	58,333
08.00	42,935	67,306	89,276	60,611	84,418	58,197	75,382
08.30	54,321	98,311	90,705	79,128	95,909	74,493	84,359
09.00	106,730	196,290	153,590	103,870	125,810	106,900	104,320

Time	17-Agu 2017	18-Agu 2017	19-Agu 2017	20-Agu 2017	21-Agu 2017	22-Agu 2017	23-Agu 2017
09.30	109,980	177,520	163,270	294,020	408,540	443,980	135,400
10.00	653,920	414,840	198,740	338,910	378,730	636,770	147,210
10.30	498,010	651,970	173,300	397,720	311,100	474,260	170,650
11.00	350,220	309,550	211,940	132,870	200,670	347,110	266,890
11.30	859,650	390,220	163,070	291,230	194,210	618,400	301,470
12.00	734,450	191,420	213,650	110,840	167,640	521,140	228,360
12.30	474,510	163,050	148,800	116,300	139,810	210,050	218,560
13.00	556,250	53,840	124,490	281,000	120,920	331,170	196,510
13.30	246,470	18,500	139,220	224,100	100,570	258,660	127,540
14.00	203,050	24,950	119,410	190,670	125,360	216,610	94,630
14.30	208,540	29,336	113,490	193,510	154,590	198,120	31,396
15.00	81,097	26,681	125,920	331,060	161,760	89,688	45,601
15.30	13,437	108,620	92,276	275,900	112,040	50,763	26,176
16.00	7,157	51,822	63,327	141,260	69,458	5,421	23,833
16.30	3,579	39,072	44,510	78,379	40,734	2,711	17,873
17.00	0,000	26,322	25,693	15,498	12,010	0,000	11,913
17.30	0,000	7,470	8,389	4,032	3,555	0,000	4,567
18.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Time	17-Agu 2017	18-Agu 2017	19-Agu 2017	20-Agu 2017	21-Agu 2017	22-Agu 2017	23-Agu 2017
19.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
00.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

LAMPIRAN 2

Contoh Data *Traffic Counting* Tahun 2017

L2.1 Data *Traffic counting* Dinas Perhubungan Lokasi Survey Jalan Mastrip per 10 menit.

Nama Jalan	: Jl. Mastrip
Arah Survei Jalan	: Total 2 arah
Posisi Survei	: Depan Pabrik Platinum
Waktu	: 05.00 - 21.00
Cuaca	: Cerah

Keterangan Tabel:

1 : Sepeda Motor
2 : Mobil pribadi
3 : Angkot
4 : Taksi
5 : Bus Mini
6 : Pick up/Box
7 : Mini Truk
8 : Bus Besar
9 : Truk 2 sumbu
10 : Truk 3 sumbu
11 : Truk Gandeng
12 : Trailer

Waktu	Jenis Kendaraan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
05.00-05.10	553	86	4	-	4	18	7	0	4	1	3	1
05.10-05.20	534	88	1	-	0	24	5	2	2	0	0	0
05.20-05.30	547	99	2	-	4	28	9	1	0	1	0	0
05.30-05.40	592	91	1	-	1	35	5	1	0	2	2	1
05.40-05.50	722	96	3	-	4	24	4	1	0	0	1	0
05.50-06.00	643	101	3	-	0	30	4	0	3	1	1	0
06.00-06.10	536	135	3	-	2	35	21	1	9	4	5	3
06.10-06.20	553	124	6	-	1	37	29	0	7	1	2	1
06.20-06.30	549	104	3	-	2	25	2	0	7	2	2	3
06.30-06.40	458	112	0	-	0	27	7	1	10	3	1	0
06.40-06.50	481	83	5	-	1	34	6	1	8	0	0	1
06.50-07.00	551	102	1	-	2	24	24	0	12	1	0	1
07.00-07.10	506	103	4	-	3	26	20	1	5	3	1	1
07.10-07.20	600	133	2	-	2	23	22	0	9	2	0	0
07.20-07.30	597	142	4	-	0	22	17	1	7	3	0	1
07.30-07.40	624	133	3	-	2	11	17	0	8	1	2	0
07.40-07.50	615	107	5	-	0	10	15	3	10	5	0	1
07.50-08.00	557	115	6	-	1	17	18	0	9	2	0	0
08.00-08.10	539	151	3	-	2	24	27	1	5	3	3	3

Waktu	Jenis Kendaraan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
08.10-08.20	542	112	0	-	0	20	19	0	2	0	3	1
08.20-08.30	512	113	3	-	2	22	11	0	7	4	3	2
08.30-08.40	481	132	4	-	0	13	16	1	3	1	2	1
08.40-08.50	447	146	6	-	3	7	7	0	6	0	3	0
08.50-09.00	581	134	1	-	1	14	8	3	4	2	0	1
09.00-09.10	707	116	5	-	3	26	24	3	7	5	3	6
09.10-09.20	787	93	0	-	0	26	24	0	7	7	5	5
09.20-09.30	696	131	0	-	0	26	11	2	8	8	2	5
09.30-09.40	642	114	6	-	1	19	15	0	4	6	3	3
09.40-09.50	650	111	3	-	1	23	20	0	8	5	0	0
09.50-10.00	692	113	7	-	0	19	24	0	8	3	4	2
10.00-10.10	586	110	5	-	2	20	23	0	11	11	7	8
10.10-10.20	560	138	0	-	0	36	10	0	6	14	6	2
10.20-10.30	490	129	5	-	0	27	8	2	2	5	7	3
10.30-10.40	510	120	1	-	1	14	15	3	3	6	5	3
10.40-10.50	571	135	0	-	0	13	20	0	9	5	3	0
10.50-11.00	502	157	3	-	4	34	10	0	3	5	2	0
11.00-11.10	508	108	9	-	2	27	26	0	17	4	6	3
11.10-11.20	473	119	1	-	2	13	25	0	11	0	3	2
11.20-11.30	538	120	7	-	0	19	22	0	9	4	2	2

Waktu	Jenis Kendaraan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.30-11.40	521	90	5	-	0	14	29	2	12	3	4	2
11.40-11.50	540	101	3	-	0	13	18	1	21	3	0	0
11.50-12.00	502	143	4	-	3	3	16	0	14	0	0	2
12.00-12.10	508	134	4	-	2	26	21	0	7	4	1	2
12.10-12.20	508	113	3	-	3	28	24	0	1	4	1	6
12.20-12.30	516	110	4	-	0	28	24	1	4	6	5	5
12.30-12.40	478	123	0	-	3	18	19	1	3	2	5	2
12.40-12.50	494	82	0	-	0	27	19	0	3	8	4	3
12.50-13.00	483	94	1	-	1	33	9	0	5	1	1	0
13.00-13.10	535	79	2	-	0	18	25	0	5	4	2	2
13.10-13.20	545	76	4	-	0	19	31	0	7	3	0	0
13.20-13.30	536	90	8	-	0	16	23	0	8	2	0	2
13.30-13.40	681	96	8	-	0	19	28	0	8	2	3	0
13.40-13.50	749	113	6	-	0	20	30	0	10	5	0	3
13.50-14.00	881	124	5	-	0	25	30	0	14	3	0	1
14.00-14.10	891	149	7	-	1	30	30	1	6	6	1	2
14.10-14.20	1004	155	8	-	2	26	31	0	7	4	1	1
14.20-14.30	1027	126	12	-	0	26	40	1	10	3	0	0
14.30-14.40	997	126	12	-	0	21	40	0	7	2	2	0
14.40-14.50	1015	141	13	-	1	21	44	0	11	2	2	2

Waktu	Jenis Kendaraan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.50-15.00	1020	149	14	-	0	22	40	0	15	3	0	1
15.00-15.10	1059	166	6	-	1	15	38	0	11	2	1	0
15.10-15.20	1039	172	6	-	0	15	35	0	10	1	0	2
15.20-15.30	1044	156	3	-	0	15	32	0	7	0	0	0
15.30-15.40	1085	156	3	-	0	13	31	0	4	1	0	2
15.40-15.50	1096	170	5	-	0	15	27	0	2	1	0	1
15.50-16.00	1108	176	5	-	1	17	26	0	1	1	1	0
16.00-16.10	921	160	7	-	1	21	28	0	2	1	0	0
16.10-16.20	903	142	6	-	0	17	24	0	1	0	0	1
16.20-16.30	936	135	4	-	2	14	22	0	2	1	1	0
16.30-16.40	927	120	3	-	1	14	21	0	1	0	0	0
16.40-16.50	895	149	7	-	0	16	19	0	0	0	0	1
16.50-17.00	941	138	4	-	0	13	14	0	0	0	0	1
17.00-17.10	810	145	5	-	0	11	16	0	1	0	0	1
17.10-17.20	805	141	5	-	0	9	23	0	2	0	1	1
17.20-17.30	828	135	2	-	0	9	29	0	1	0	0	0
17.30-17.40	854	146	5	-	0	6	20	0	1	0	2	1
17.40-17.50	880	148	3	-	0	8	19	0	1	0	1	0
17.50-18.00	860	139	2	-	0	10	18	0	1	0	0	1
18.00-18.10	483	115	2	-	0	9	15	0	2	0	1	1

Waktu	Jenis Kendaraan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18.10-18.20	396	144	3	-	0	10	6	0	4	1	1	2
18.20-18.30	416	164	1	-	0	9	10	0	2	1	2	1
18.30-18.40	410	148	2	-	0	5	8	0	2	0	1	1
18.40-18.50	372	152	2	-	0	5	4	0	2	0	0	1
18.50-19.00	378	136	1	-	0	5	7	0	1	0	0	0
19.00-19.10	229	103	1	-	0	8	12	0	7	1	2	1
19.10-19.20	227	84	0	-	0	3	11	0	5	0	1	0
19.20-19.30	201	83	1	-	0	5	10	0	1	2	2	0
19.30-19.40	212	85	2	-	0	2	7	0	0	1	1	1
19.40-19.50	203	97	0	-	0	2	4	0	2	0	0	0
19.50-20.00	181	86	0	-	0	3	5	0	1	0	0	0
20.00-20.10	162	95	3	-	0	9	4	0	1	1	2	0
20.10-20.20	177	95	0	-	0	6	2	0	2	1	0	1
20.20-20.30	150	104	3	-	0	5	6	0	0	0	1	0
20.30-20.40	148	89	0	-	0	2	4	0	3	1	0	1
20.40-20.50	167	92	1	-	0	1	4	0	3	1	1	0
20.50-21.00	157	90	0	-	0	3	2	0	1	0	0	2

L2.2 Data *Traffic counting* Dinas Perhubungan Lokasi Survey Jalan Mastrip per 30 menit.

Nama Jalan	: Jl. Mastrip
Arah Survei Jalan	: Total 2 arah
Posisi Survei	: Depan Pabrik Platinum
Waktu	: 05.00 - 21.00
Cuaca	: Cerah

Keterangan Tabel:

1	: Sepeda Motor
2	: Mobil pribadi
3	: Angkot
4	: Taksi
5	: Bus Mini
6	: Pick up/Box
7	: Mini Truk
8	: Bus Besar
9	: Truk 2 sumbu
10	: Truk 3 sumbu
11	: Truk Gandeng
12	: Trailer
13	: Kendaraan Tidak Bermotor

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
05.00-05.30	553	86	4	0	4	18	7	0	4	1	3	1	5
05.30-06.00	592	91	1	0	1	35	5	1	0	2	2	1	3
06.00-06.30	536	135	3	0	2	35	21	1	9	4	5	3	4
06.30-07.00	458	112	0	0	0	27	7	1	10	3	1	0	0

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
07.00-07.30	506	103	4	0	3	26	20	1	5	3	1	1	4
07.30-08.00	624	133	3	0	2	11	17	0	8	1	2	0	0
08.00-08.30	539	151	3	0	2	24	27	1	5	3	3	3	3
08.30-09.00	481	132	4	0	0	13	16	1	3	1	2	1	0

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
09.00-09.30	707	116	5	0	3	26	24	3	7	5	3	6	4
09.30-10.00	642	114	6	0	1	19	15	0	4	6	3	3	1
10.00-10.30	586	110	5	0	2	20	23	0	11	11	7	8	4
10.30-11.00	510	120	1	0	1	14	15	3	3	6	5	3	2

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
11.00-11.30	508	108	9	0	2	27	26	0	17	4	6	3	3
11.30-12.00	521	90	5	0	0	14	29	2	12	3	4	2	1
12.00-12.30	508	134	4	0	2	26	21	0	7	4	1	2	6
12.30-13.00	478	123	0	0	3	18	19	1	3	2	5	2	1

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
13.00-13.30	535	79	2	0	0	18	25	0	5	4	2	2	2
13.30-14.00	681	96	8	0	0	19	28	0	8	2	3	0	2
14.00-14.30	891	149	7	0	1	30	30	1	6	6	1	2	3
14.30-15.00	997	126	12	0	0	21	40	0	7	2	2	0	4

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
15.00-15.30	1059	166	6	0	1	15	38	0	11	2	1	0	1
15.30-16.00	1085	156	3	0	0	13	31	0	4	1	0	2	0
16.00-16.30	921	160	7	0	1	21	28	0	2	1	0	0	0
16.30-17.00	927	120	3	0	1	14	21	0	1	0	0	0	0

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
17.00-17.30	810	145	5	0	0	11	16	0	1	0	0	1	2
17.30-18.00	854	146	5	0	0	6	20	0	1	0	2	1	1
18.00-18.30	483	115	2	0	0	9	15	0	2	0	1	1	1
18.30-19.00	410	148	2	0	0	5	8	0	2	0	1	1	0

Waktu	Jenis Kendaraan (Satuan kendaraan)												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
19.00-19.30	229	103	1	0	0	8	12	0	7	1	2	1	0
19.30-20.00	212	85	2	0	0	2	7	0	0	1	1	1	2
20.00-20.30	162	95	3	0	0	9	4	0	1	1	2	0	1
20.30-21.00	148	89	0	0	0	2	4	0	3	1	0	1	2

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3

L3.1 Data Kecepatan Rata-rata Kendaraan pada Jalan Tersurvey pada Jam Puncak

No	Nama Ruas	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Perode Waktu Puncak	kecepatan kendaraan		
					LV	HV	MC
1	Jl. Ahmad Yani	Dua arah		Puncak pagi	31,83	31	25,8
				Puncak siang	27,11	27,1	27,2
				Puncak sore	29,1	29,1	26,8
2	Jl Raya Wonokromo	Wonokromo (S)	Darmo (U)	Puncak Pagi	49,87	42,51	39,24
		Darmo (U)	Wonokromo (S)		43,41	37	34,15
		Wonkromo (S)	Darmo (U)	Puncak Siang	32,43	27,65	25,52
		Darmo (U)	Wonokromo (S)		32,43	27,65	25,52
		Wonokromo (S)	Darmo (U)	Puncak Sore	34,5	29,41	17,15
		Darmo (U)	Wonokromo (S)		28,7	32,99	30,45
3	Jl. Mastrip	Dua arah		Puncak pagi	38,83	33	31,8
				Puncak siang	39,11	34,1	32,2
				Puncak sore	41,1	35,9	32,8
4	Jl Mayjen Sungkono	Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Pagi	45,95	38,3	36,16

No	Nama Ruas	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Perode Waktu Puncak	kecepatan kendaraan		
					LV	HV	MC
		Diponegoro (T)	Mayjend (B)		44,93	39,17	35,36
		Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Siang	45,57	44,84	41,39
		Diponegoro (T)	Mayjend (B)		52,6	38,35	35,86
		Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Sore	54,1	46,12	42,57
		Diponegoro (T)	Mayjend (B)		45,24	38,56	35,59

L3.2 Data Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan pada Jalan Tersurvey pada Jam Puncak

No	Nama Ruas	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Perode Waktu Puncak	Faktor Koreksi		
					LV	HV	MC
1	Jl. Ahmad Yani	Dua arah		Puncak pagi	1,37072	1,384	1,547
				Puncak siang	1,50115	1,5015	1,498
				Puncak sore	1,4315	1,4315	1,512
2	Jl Raya Wonokromo	Wonokromo (S)	Darmo (U)	Puncak Pagi	1,10182	1,20486	1,25216
		Darmo (U)	Wonokromo (S)		1,19226	1,288	1,3336
		Wonkromo (S)	Darmo (U)	Puncak Siang	1,36112	1,48225	1,5568
		Darmo (U)	Wonokromo (S)		1,36112	1,17625	1,5568
		Wonokromo (S)	Darmo (U)	Puncak Sore	1,328	1,42065	1,96375
		Darmo (U)	Wonokromo (S)		1,4455	1,35216	1,3928
3	Jl. Mastrip	Dua arah		Puncak pagi	1,25872	1,352	1,3712
				Puncak siang	1,25424	1,3344	1,3648
				Puncak sore	1,2246	1,3056	1,3552
4	Jl Mayjen Sungkono	Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Pagi	1,1567	1,2672	1,30144
		Diponegoro (T)	Mayjend (B)		1,17098	1,25328	1,31424

No	Nama Ruas	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Perode Waktu Puncak	Faktor Koreksi		
					LV	HV	MC
		Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Siang	1,16202	1,17224	1,22054
		Diponegoro (T)	Mayjend (B)		1,074	1,2664	1,30624
		Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Sore	1,059	1,15432	1,20402
		Diponegoro (T)	Mayjend (B)		1,16664	1,26304	1,31056

LAMPIRAN 4

Script MATLAB Permodelan Dispersi

L4.1 PSLS_Loop2_promosi.m (*line source* dengan fungsi loop)

```
%% Insert Peta Administratif
img = imread(…)
min_x = xlsread(…);
max_x = xlsread(...);
min_y = xlsread(...);
max_y = xlsread(...);
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y], flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447;                    %skala rata-rata m/degree
%% Konstanta Difusivitashggfvu8
Dify = 1000; Difz = 1000;

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

%% Resolusi (GRID)
[x,y] =..
cP = zeros(size(x));
e = ones(size(x));
aa = (90-a)*pi/180;          % a = arah angin ke ... dengan acuan
utara (N = 0) searah jarum jam

%% 2. Lines Sources
%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
QJ = Factor*xlsread(…);        %input beban (g/s)

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

```
v = s;                                  % kec angin deg/det
z = receptor;                           % tinggi reseptor deg
%posisi jalan
x1 = xlsread(...); % input koordinat x awal jalan
x2 = xlsread(...); % input koordinat x akhir jalan
y1 = xlsread(...'); % input koordinat y awal jalan
y2 = xlsread(...'); % input koordinat y awal jalan
%Efektif plume dalam deg
cLS = zeros(size(x));
dz = Dz/100;
ma = tan((90-a)*pi/180);          % gradient arah angin terhadap
reference (east)
%% 2.3. Perhitungan konsentrasi Dispersi
for j=1:length(QJ)
   str = num2str(j);
   plot([x1(j)              x2(j)],[y1(j)              y2(j)],'LineStyle','-
','LineWidth',1,'color'...
       ,'m');text((...
   m = (y2(j) -...
   k = y1(...
   A = atan(...
   B = (a-90) + A;
   d = (...))*sc;
   xe = (...);
   ye = m*(...);
   Le = abs(...));
   EF = 0.5*Le - abs(...)));
   E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
   COR(isnan(COR))=0;
   %if d==0
      %cJ = 1000000*(...
   %else
   cJ = ((39.2-3.25*v).*(v^2)./((d>0).*d)).*( ...   % end
   cJ(isinf(cJ))=0; cJ(isnan(cJ))=0; cLS1 = cJ.*COR;
   cLS = cLS + cLS1;
end

c=cP+cLS;
```

```
%% ISPU Location
xI7 = ...; yI7 = ...;
I7=c(round(...
%% Plot Pola Dispersi
conts=10:10:150;
ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on'); clabel(ch,[]);
map = [0,0,0
    0.122,0,0
    0.25,0,0
    0.375,0,0
    0.5,0,0
    0.625,0,0
    0.75,0,0
    0.875,0,0
    1,0,0
    1,0.125,0.125
    1,0.25,0.25
    1,0.375,0.375
    1,0.5,0.5
    1,0.625,0.625
    1,0.75,0.75];
colormap(flipud(map)); c = colorbar; c.Label.String =
'Konsentrasi Ambien (\mug/m^3)';
%% Insert Peta Administratif

img = imread(...);

imagesc([min_x max_x], [min_y max_y], flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; alpha(0.4)
%% Plot Angin vektor
[x,y] = meshgrid (...));
vel = v*0.00000907;
u = vel*cos((...);
w = vel*sin((...));
wind_speed = sqrt(u.^2 + w.^2 );
quiver(x,y,u,w,0.1,'b');
```

```
axis(...]);
%% title and SUF Plot
title({['Grid = ',num2str(grid),'; Date ',t, ' WIB; wind velocity ', num2str(s), ' (m/s), ', ' direction to ', num2str(a), ' (degree from north), and kinetic constant (\lambda) = ', num2str(lambda),' (\mug/s)'];...
   ['Concentration (Modeled--Measured) \mug/m^3: SUF7 (', ...),')']});
plot(...)
clc
```

L4.2 tf_PSLS_Loop2_promosi.m (*timeseries function line source* dengan fungsi loop)

```
clear;
grid = 300;              % resolusi perhitungan (membagi area perhitungan menjadi n x n grid), 18562 s
SUF7 = xlsread(...);
arah=xlsread(...);
 speed = xlsread(...);
fc = xlsread(...);
 lbd = 0.000002*xlsread(...);
DateNumber = 737016; formatOut = 'mmm.dd,yyyy HH:MM'; time = datestr(DateNumber,formatOut);%04 Aug 2017 = 736911
%% dispersi

for n=1:length(arah);
   Dt7 = SUF7(n);
   Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
   a=arah(n); s=speed(n); t = datestr(DateNumber+(n)* ...);cla;
   PSLS_Loop2_promosi;
   drawnow
   MOD = I7;
   my_cell = sprintf('B%s',num2str(n+3));
   A=xlswrite(...);
end
```

```
%% Analysis

MOD7=xlsread(...);

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

ts7 = timeseries(...);

ts7.TimeInfo.Units = 'hours';ts71.TimeInfo.Units = 'hours';

ts7.TimeInfo.StartDate = ...
ts7.TimeInfo.Format = '...;        % Set format for display on x-
axis.

ts7.Time = ts7.Time - ts7.Time(1);ts71.Time = ts71.Time -
ts71.Time(1);        % Express time relative to the start date.

figure(...)
subplot(2,2,[1,2])
plot(ts7,'-k'); hold on
plot(ts71,'--b'); grid; title(...); ...');
ylabel('[NO2]-ambient (\mug/m^3)'); hold off
subplot(2,2,3)
p = polyfit(...)
figure(...)
subplot(2,1,1)
plot(ts71,'-y'); hold on
title('SUF All, Model Ploted'); legend('Model in
SUF7','Location','southoutside','Orientation','horizontal');
ylabel('[NO2]-ambient (\mug/m^3)');
SUF = SUF7; MOD = MOD7;
subplot(2,1,2)
p = polyfit(...);
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
```

L4.3 PSLS_Loop2_Skenario

```
%% Insert Peta Administratif
img = imread(...);
min_x = xlsread(...);
max_x = xlsread(...);
min_y = xlsread(...);
max_y = xlsread(...);
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y], flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447;                    %skala rata-rata m/degree
%% Konstanta Difusivitas
Dify = xlsread(...);
Difz = xlsread(...)

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

%% Resolusi (GRID)
[x,y] = meshgrid (...));
e = ones(size(x));
aa = (90-a)*pi/180;        % a = arah angin ke ... dengan acuan
utara (N = 0) searah jarum jam
%% 1.3. Kecepatan Angin dan Reseptor
HE = xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','D39');          %
input tinggi sumber (m)
Hs = HE;        % tinggi dalam deg
receptor     =     xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','D40');
%tinggi reseptor (m)
```

```
v = s;              % kec angin deg/det
z = receptor;       % tinggi reseptor deg
%% 2. Lines Sources
%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
QJ      =       Factor*xlsread('UPDM_V11.xlsx','LineS','K4:K55');
%input beban (g/s)

%% 2.2. LS_Data teknis sumber rata-rata
%posisi jalan
x1 = xlsread(...); % input koordinat x awal jalan
x2 = xlsread(...); % input koordinat x akhir jalan
y1 = xlsread(...); % input koordinat y awal jalan
y2 = xlsread(...); % input koordinat y awal jalan
%Efektif plume dalam deg
cLS = zeros(size(x));
dz = Dz/100;
ma = tan((...% gradient arah angin terhadap reference (east)
%% 2.3. Perhitungan konsentrasi Dispersi
for j=1:length(QJ)
   str = num2str(j);
   plot([x1(j)                x2(j)],[y1(j)                y2(j)],'LineStyle','-
','LineWidth',1,'color'...
       ,'m');text((...
   m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j)) ;
   k = y1...;
   A = atan(...
   B = (a-...;
   d = ((-y+...
   xe = (ma*...);
   ye = m*(...);
   Le = abs(...
   EF = 0.5*Le - ...
   E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
   COR(isnan(COR))=0;
   if d==0
      cJ = 1000000*(QJ(j)* ...));
   else
   cJ = ((36.5-3.25*v).*(v^2)./((d>0).*d)).*(1000000*QJ...    end
```

```
    cJ(isinf(cJ))=0; cJ(isnan(cJ))=0; cLS1 = cJ.*COR;
    cLS = cLS + cLS1;
end

c=cLS;
%% ISPU Location
xI7 = 112.7067638; yI1 = -7.3271364;
I7=c(round(...); D1 = Dt1;
%% Plot Pola Dispersi
conts=92.5:10:192.5;
ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on'); clabel(ch,[]);
map = [0,0,0
    0.122,0,0
    0.25,0,0
    0.375,0,0
    0.5,0,0
    0.625,0,0
    0.75,0,0
    0.875,0,0
    1,0,0
    1,0.125,0.125
    1,0.25,0.25
    1,0.375,0.375
    1,0.5,0.5
    1,0.625,0.625
    1,0.75,0.75];
colormap(flipud(map)); c = colorbar; c.Label.String =
'Konsentrasi Ambien (\mug/m^3)';
%% Insert Peta Administratif

img = imread('petaskenario.jpg');

imagesc([min_x max_x], [min_y max_y], flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; alpha(0.4)
%% Plot Angin vektor
[x,y]                    =                    meshgrid
(linspace(min_x,max_x,10),linspace(min_y,max_y,10));
```

```
vel = v*0.00000907;
u = vel*cos((90-a)*pi/180)*ones(size(x));
w = vel*sin((90-a)*pi/180)*ones(size(y));
wind_speed = sqrt(u.^2 + w.^2 );
quiver(x,y,u,w,0.1,'b');
axis([min_x max_x min_y max_y]);
%% title and SUF Plot
title({['Grid = ',num2str(grid),'; Date ',t, ' WIB; wind velocity ',
num2str(s), ' (m/s), ', ' direction to ', num2str(a), ' (degree from
north), and kinetic constant (\lambda) = ', num2str(lambda),'
(\mug/s)'];...
   ['Concentration (Modeled--Measured) \mug/m^3: SUF7
(',num2str(I7),'--',num2str(D1),')']});
plot(xI7,yI1,'dk');text(xI7, yI1,'  SUF7','color','b')
clc;
```

L4.4 Skenario

```
clear;
clc;
grid = xlsread(...);          % resolusi perhitungan (membagi area
perhitungan menjadi n x n grid), 18562 s
SUF7 = xlsread(...arah = input ('arah=');
speed = input ('kecepatan angin=');
fc = 2.295;
lbd = 0.000002*0.97;
DateNumber = 736940; formatOut = 'mmm.dd,yyyy HH:MM';
time = datestr(DateNumber,formatOut);
%% dispersi

for n=1:length(arah);
   Dt1 = SUF7(n);
   Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
   a=arah(n); s=speed(n);
   t  =  datestr(DateNumber+(n)*0.0208333333334,formatOut);
cla;
   PSLS_Loop2_Skenario;
   drawnow
   MOD = I7;
   my_cell = sprintf('B%s',num2str(n+3));
   A=xlswrite('UPDM_V11',MOD,'Hasil_Skenario',my_cell);
end
```

L4.5 Script Overlay Kontur

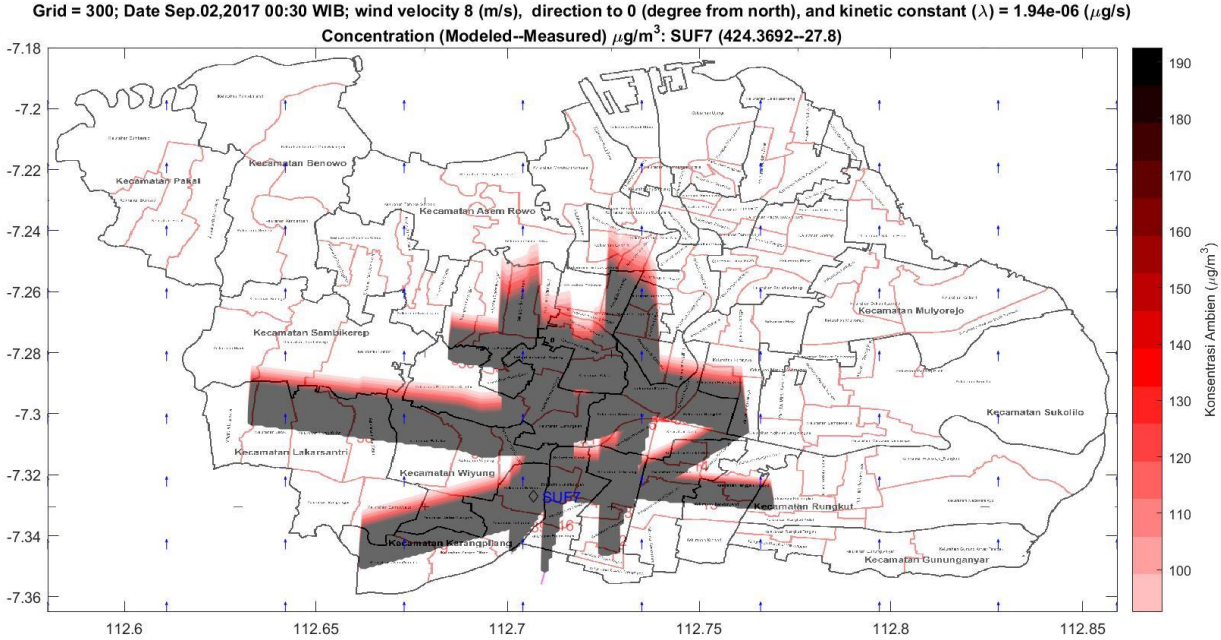
```
clear;
clc;
A = imread ('KX.jpg');
B = imread ('KY.jpg');
C = imfuse (A,B,'blend','Scaling','joint');
imshow(C)
```

LAMPIRAN 5

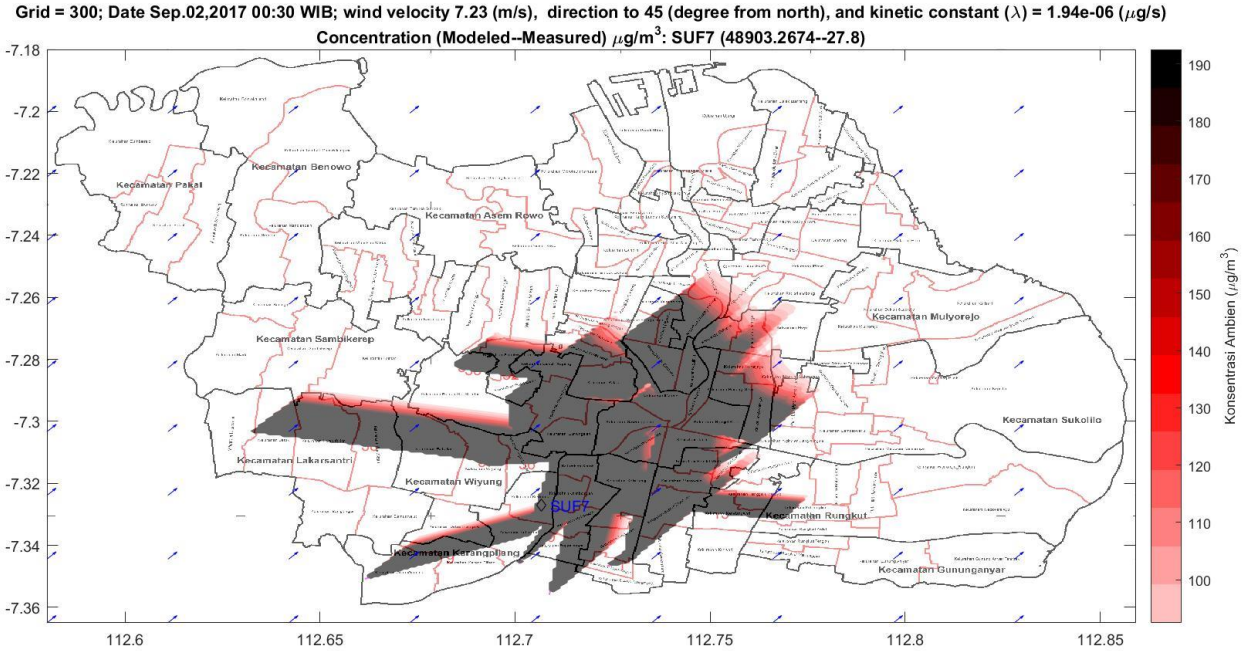
Hasil Model Berdasarkan Skenario

“halaman ini sengaja dikosongkan”

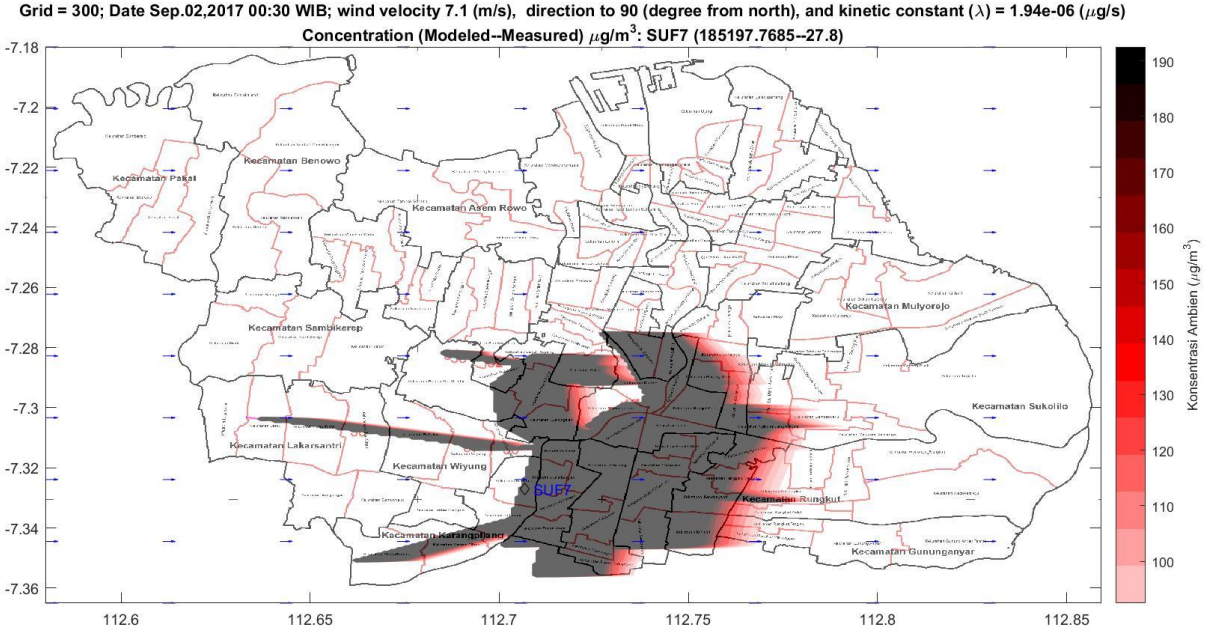
L5.1 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 0º



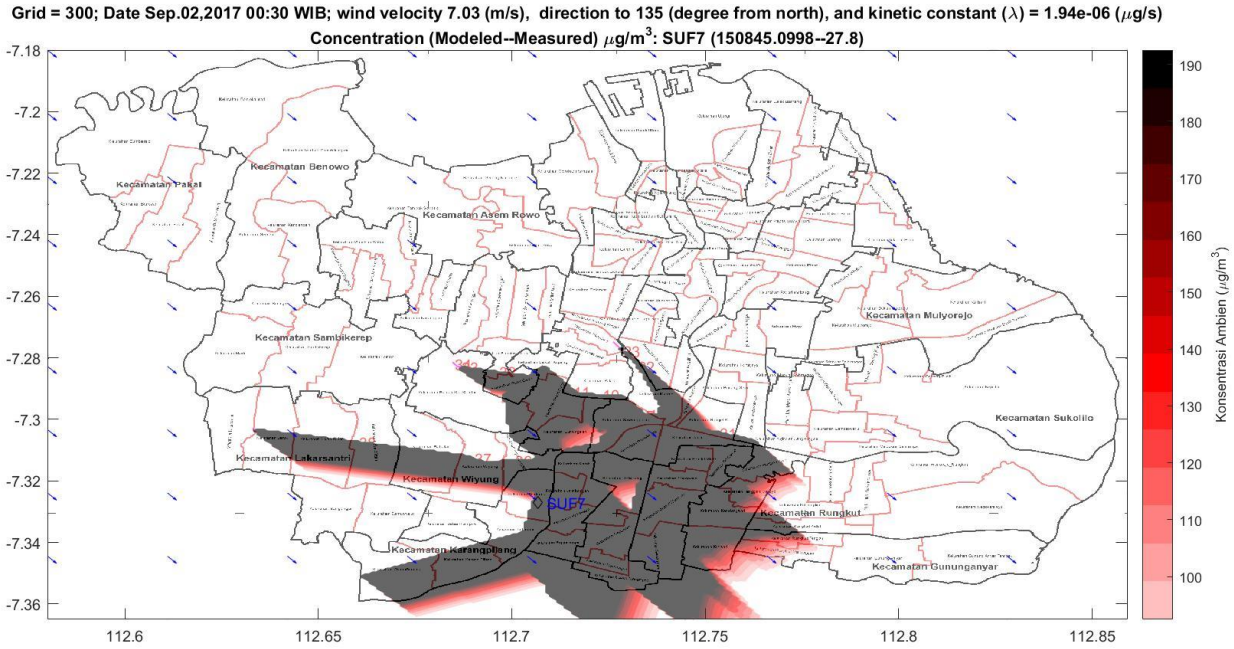
L5.2 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 45º



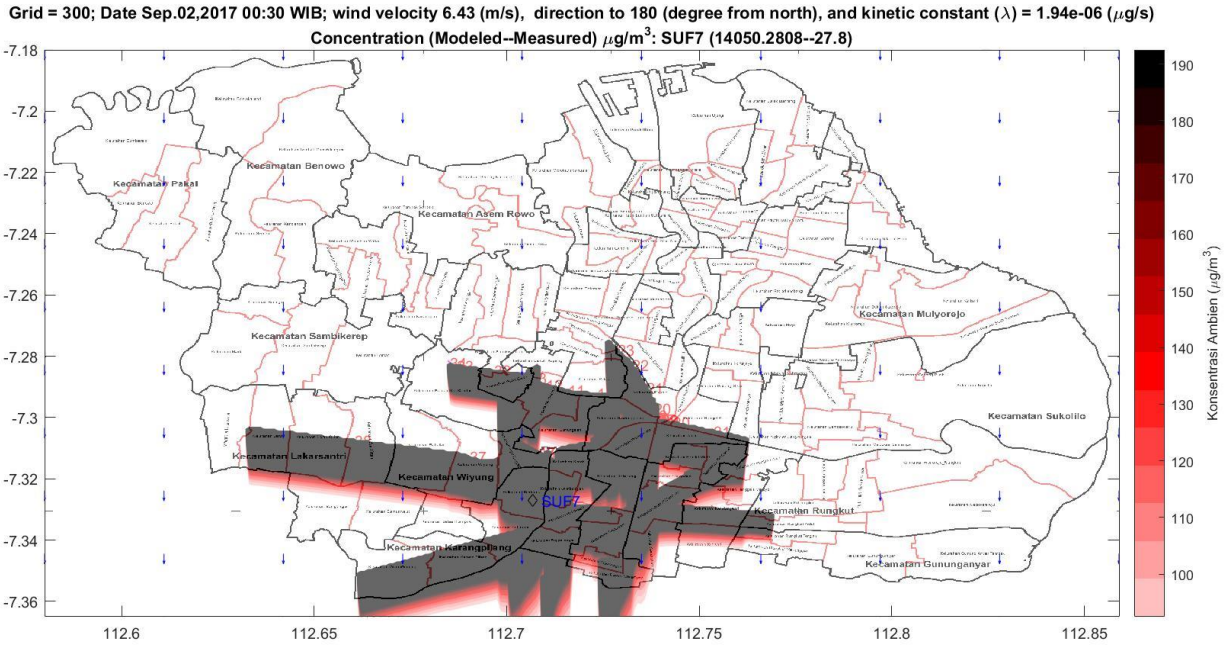
L5.3 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 90º



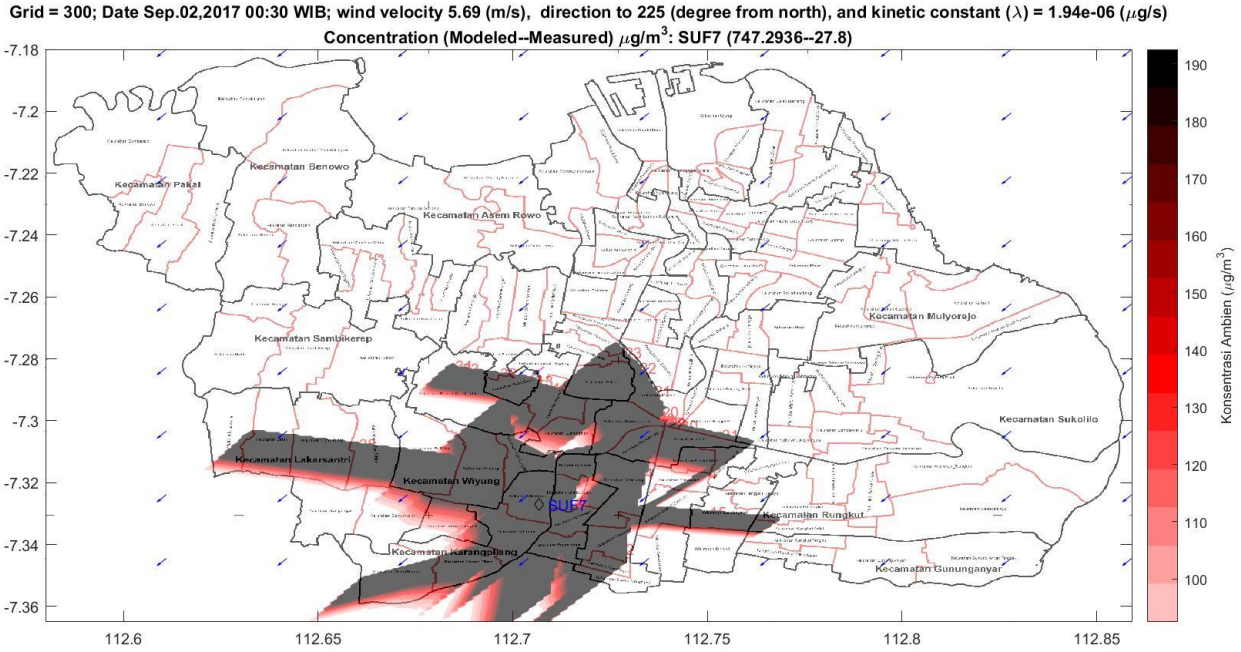
L5.4 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 135^{o}



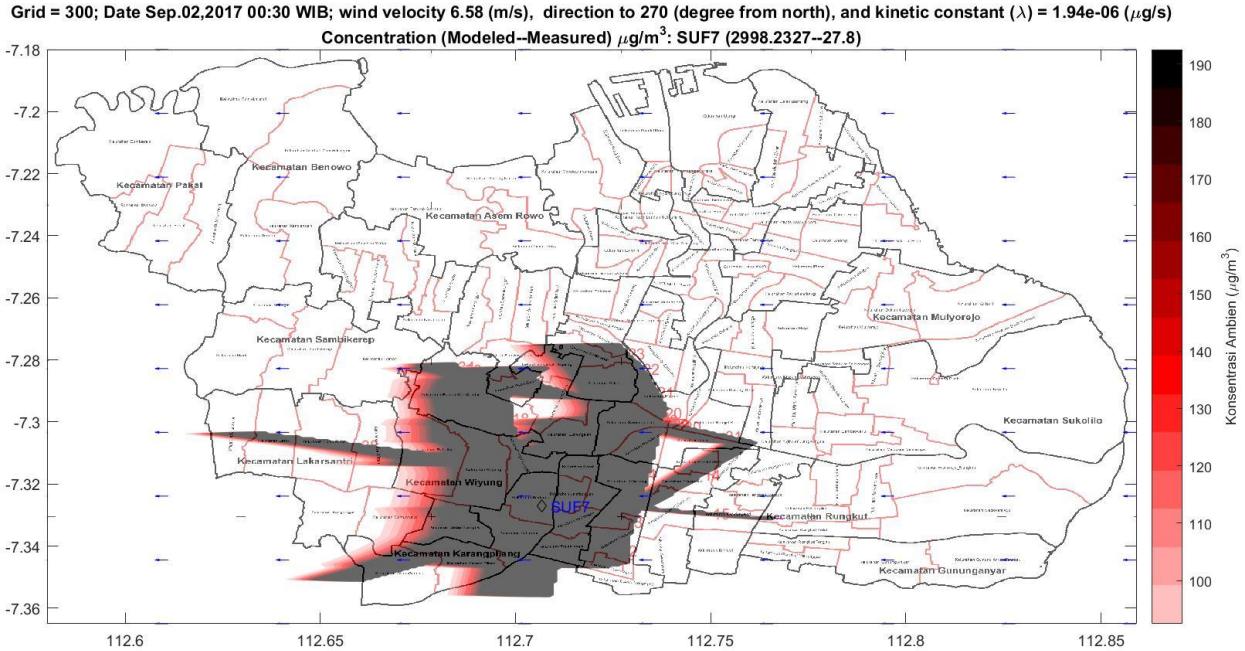
L5.5 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 180^{o}



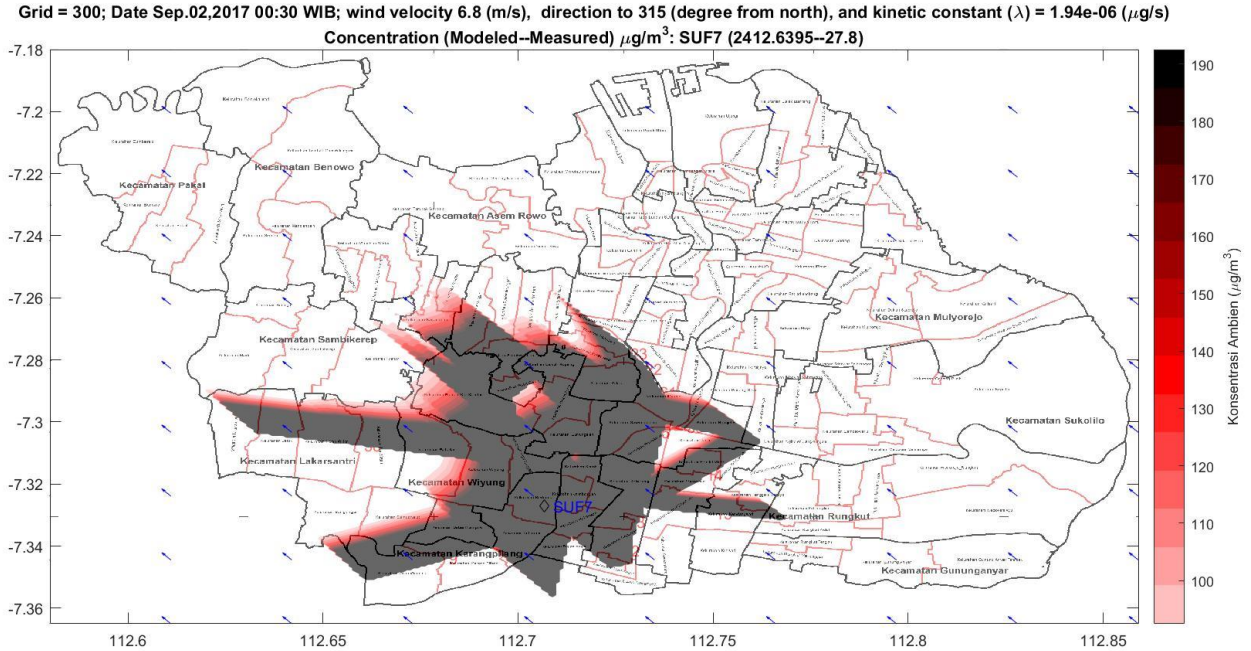
L5.6 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 225º



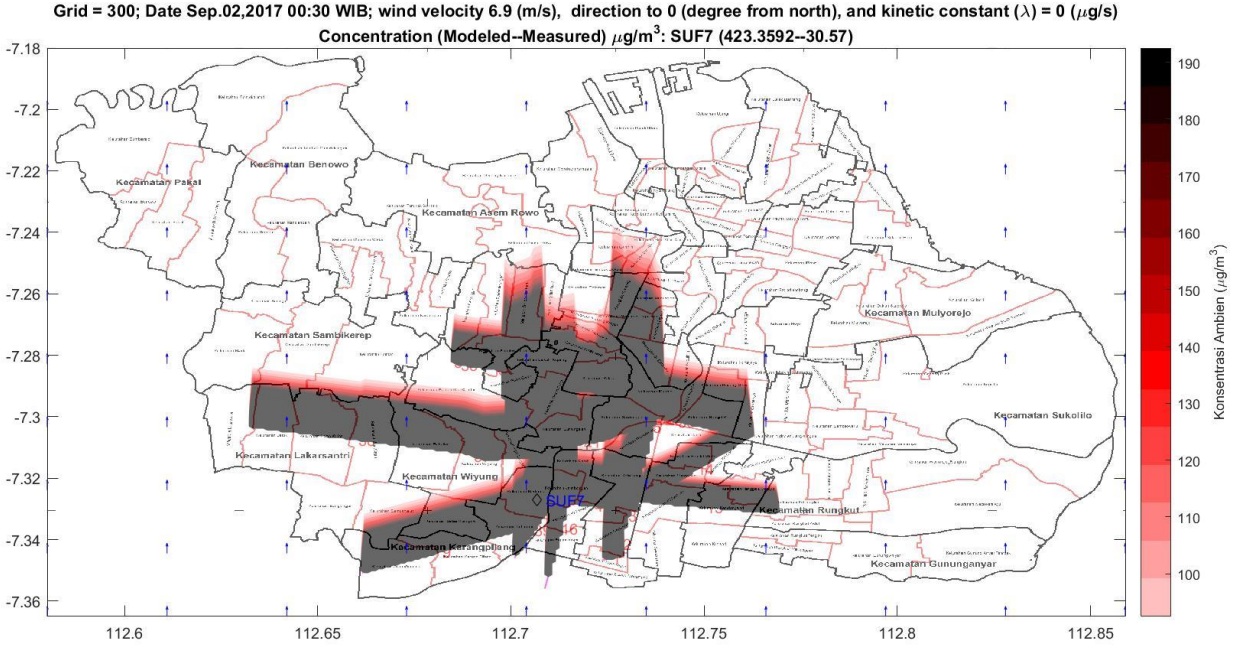
L5.7 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 270º



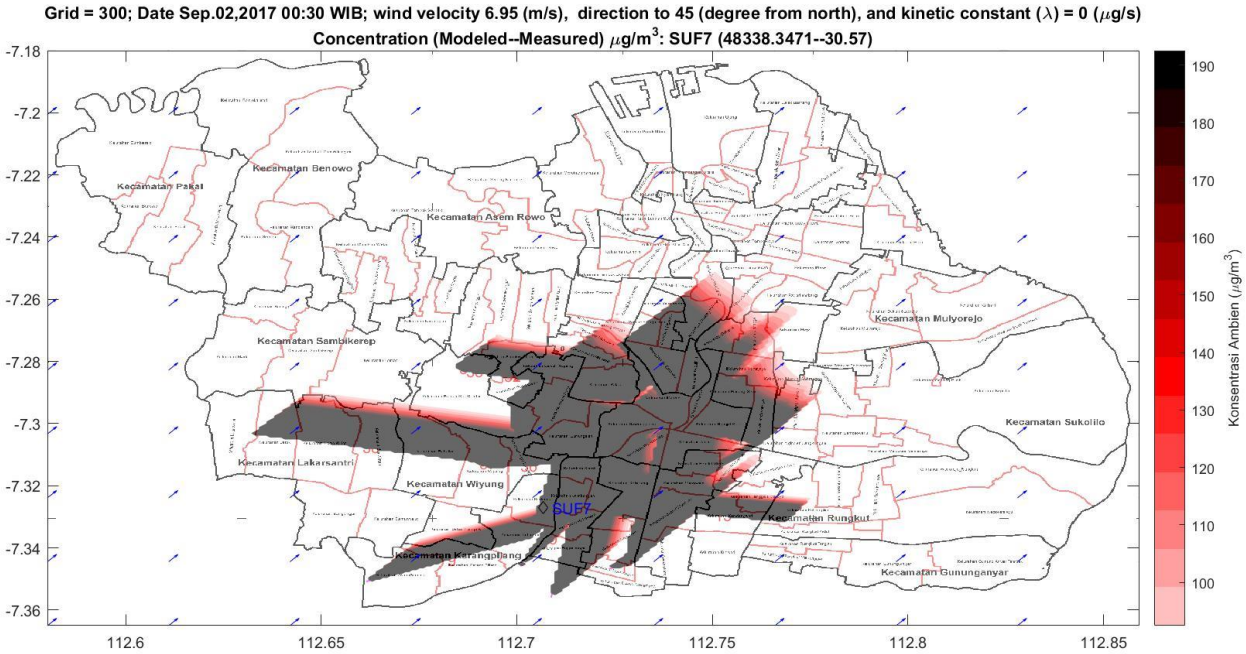
L5.8 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario K5 arah angin 315^{o}



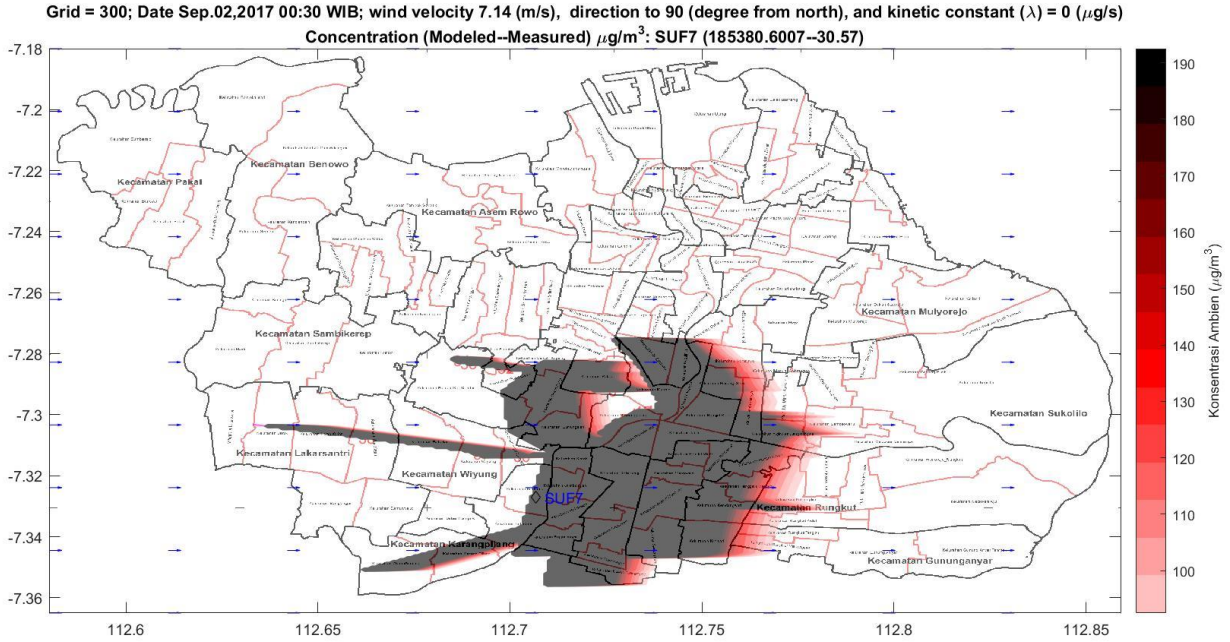
L5.9 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 0^{o}



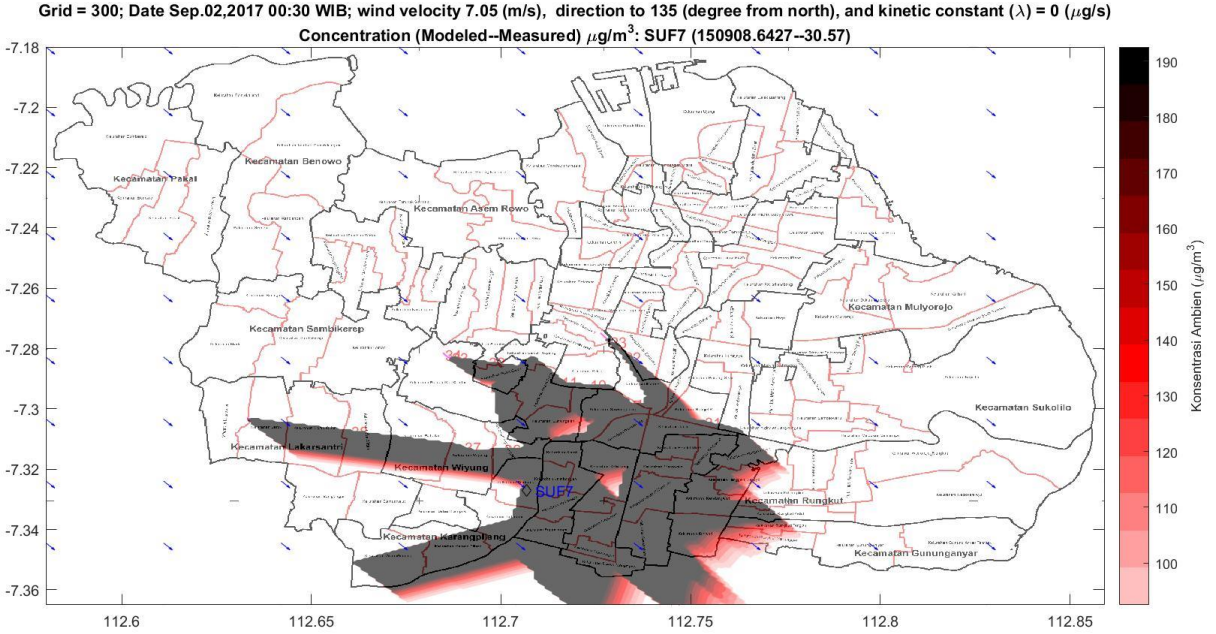
L5.10 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 45^{o}



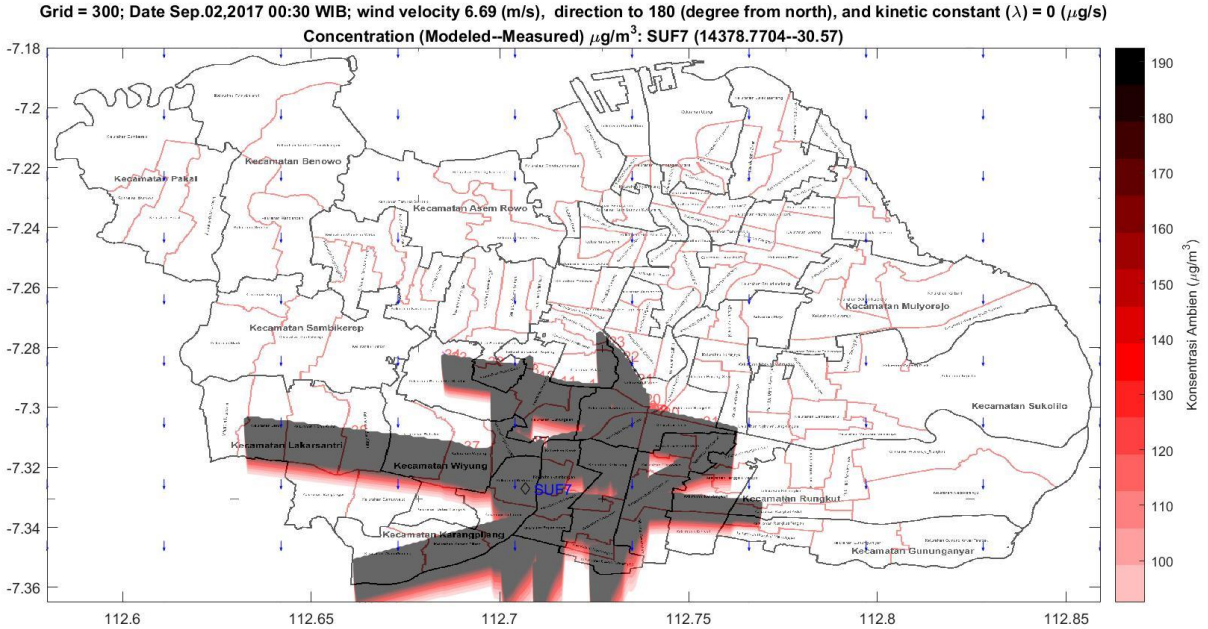
L5.11 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 90^{o}



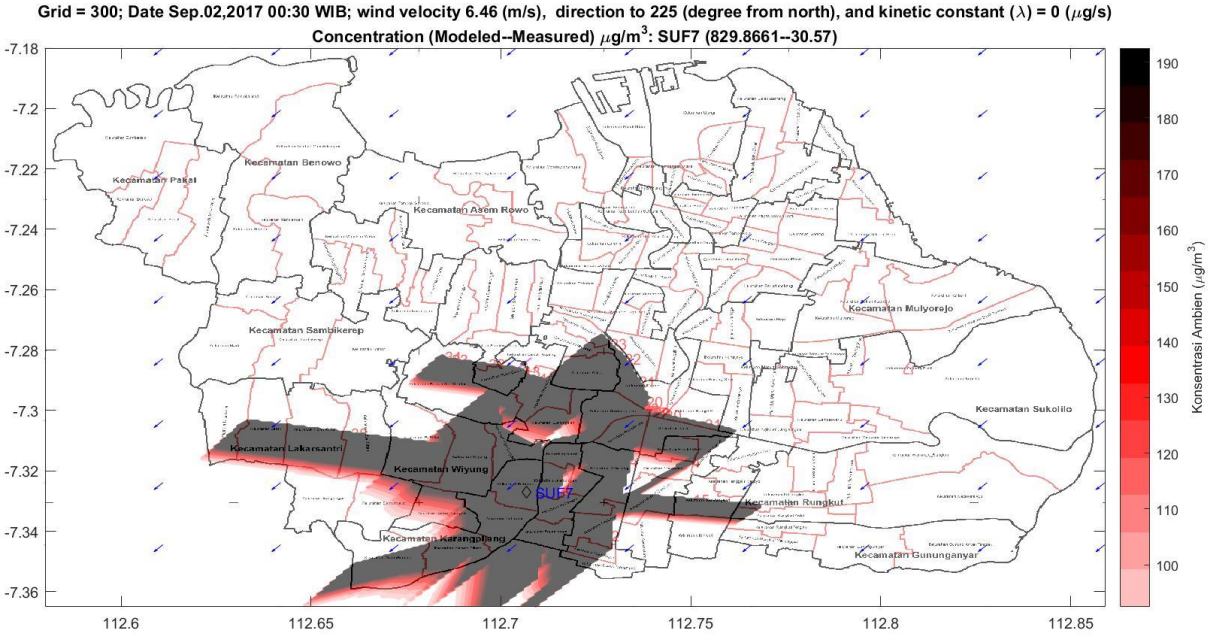
L5.12 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 135^{o}



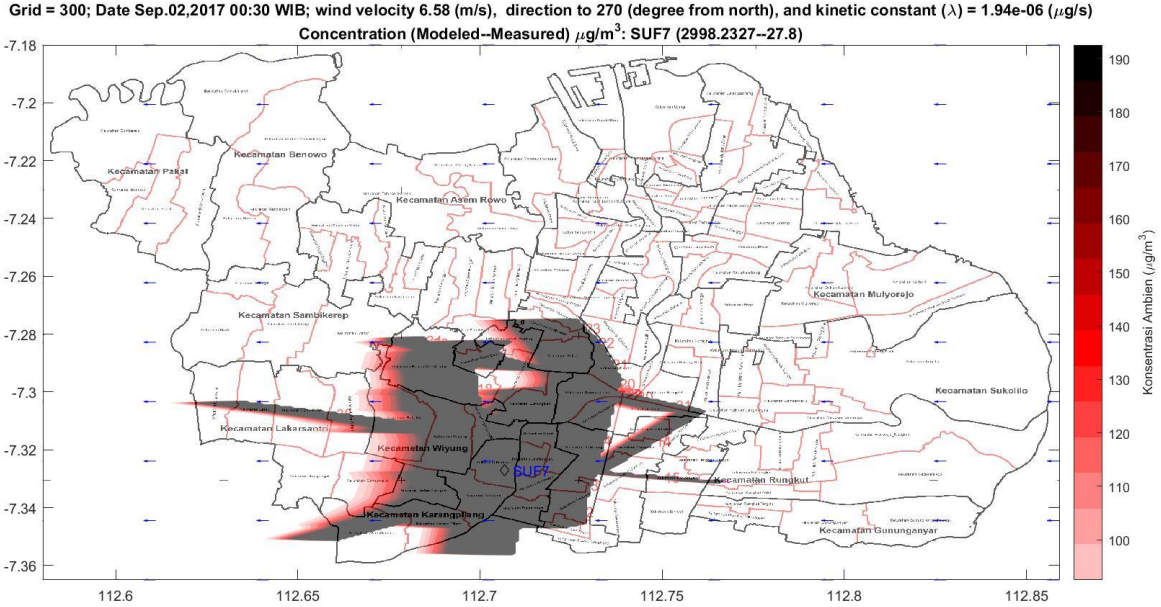
L5.13 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 180^{o}



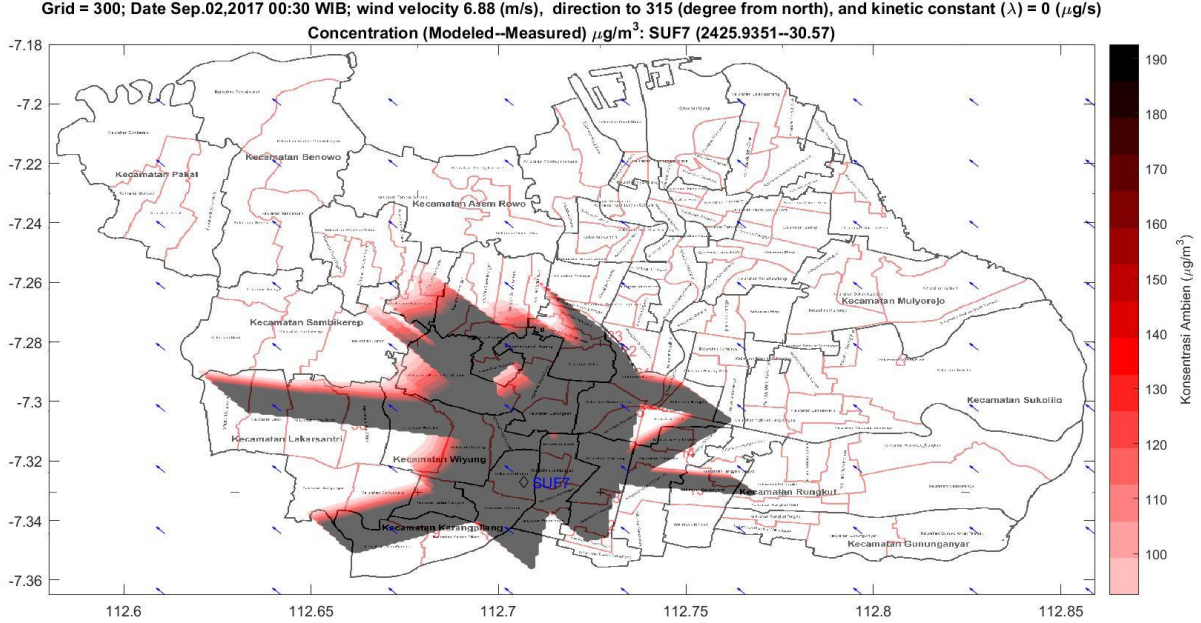
L5.14 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 225^{o}



L5.15 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 270^{o}



L5.16 Kontur Persebaran Emisi pada Skenario H5 arah angin 315^{o}



BIOGRAFI PENULIS

Penulis berasal dari Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur namun dilahirkan di Jakarta pada 18 Oktober 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar dan menengah di Pasuruan yaitu di SDN Gambiran 1 (2001-2007), SMPN 1 Pandaan (2007-2010) dan SMAN 1 Pandaan (2010-2013). Penulis kemudian melanjutkan ke jenjang strata satu (S1) di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian (FTSLK) Insitut Teknologi Sepuluh Nopember mulai tahun ajaran 2014/2015 dengan NRP 03211440000101.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) FTSLK ITS sebagai staff Departemen Dalam Negeri 2015/2016 dan Kepala Departemen Dalam Negeri periode 2016/2017. Penulis juga mengikuti kegiatan kepemanduan di lingkup Fakultas. Selain itu, penulis aktif di berbagai kepanitiaan di tingkat regional hingga internasional. Penulis melaksanakan kerja praktik di Star Energy (Kakap) Ltd pada Juli 2017-Agustus 2017. Penulis pernah mengikuti berbagai pelatihan dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi melalui email raihanmuhammad18@gmail.com.

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FTLK-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
Periode: Genap 2017/2018 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 05-Jul-18 **Nilai TOEFL 527**
Pukul : 08.00 - 10.00 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : Aplikasi Model Persebaran Pencemar Non-Konservatif dari Aktivitas Lalu Lintas Perkotaan di Wilayah Surabaya Selatan

Nama : Muhammad Raihan
NRP. : 03211440000101
Topik :Penelitian

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Daftar isi dll di rapikan Abstrak di perbaiki Pustaka → ttg pencemar konservatif/non konservatif.
2.	Ditambahkan algoritma program yg digunakan
3.	Ditambahkan penjelasan stabilitas & pegaruh pd model lihat di lembar? saran dosen penguji

25/7 2018
Ace. Fadli.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:
1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T. (Fadli-Jomad)

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

Periode: Genap 2017/2018 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu 09-Mei-18 **Nilai TOEFL 527**

Pukul : 14.00 - 15.00 WIB

Lokasi : TL-102

Judul : Aplikasi Model Persebaran Pencemar Non-Konservatif dari Aktivitas Lalu Lintas Perkotaan di Wilayah Surabaya Selatan

Nama : Muhammad Raihan

NRP. : 03211440000101

Topik : Penelitian

Tanda Tangan

Raihan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Kenapa EPA menyarankan K cukup 0,5/2 bulan → 1.
2.	Penulisan tabel / gambar dll. Kesimpulan harus sesuai dg tujuan / harus sesuai dg harus melakukan apa?
3.	Nilai FK, Contoh perhitungan Beban Emisi

Ace. 6/5/2018 Afadli Somad

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

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

(Afadli Somad)

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Raihan
NRP : 03211440000101
Judul Tugas Akhir :

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	7/3 2018	Data Sekunder & outline bab IV	
2.	2/4 2018	Perhitungan Beban Emisi & Windrose, data & Running Matlab	
3.	12/4 2018	Matlab & Penggunaan faktor harian dan mingguan dari penelitian sebelumnya	
4.	13/4 2018	Matlab, penambahan jalan untuk meningkatkan performa model	
5.	18/4 2018	Matlab & asistensi laporan progres	
6	25/4 2018	Laporan Progres	
7.	18/5 2018	Perbaikan dari saran dosen pengaruh	
8.	31/5 2018	Perbaikan laporan, gambar dan notasi peta	
9.	26/6 2018	Asistensi draft final	

Surabaya, 25-7-2018
Dosen Pembimbing

Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-05

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Raihan
NRP : 03211940000101
Judul Tugas Akhir : Aplikasi Model Perkiraan Pencemar Non Konservatif dari Aktivitas Lalu Lintas Perkotaan di Wilayah Surabaya Selatan

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Arah gambar dibalik	sudah diperbaiki pada laporan final
2.	Algoritma Dasar	Dilengkapi di Bab 2
3.	Kesimpulan diperbaiki	Sudah diperbaiki pada Bab 5
4.	Penulisan judul diperbaiki	Sudah diperbaiki
5.	Penulisan abstrak	Sudah diperbaiki sesuai pedoman TA
6.	Pustaka ditambah definisi konservatif & non konservatif	Sudah ditambahkan di BAB II
7.	Penjelasan mengenai stabilitas atmosfer	Sudah ditambahkan di BAB II

Dosen Pembimbing,

Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, M.T.

Mahasiswa Ybs.,

Muhammad Raihan