



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PEMODELAN POLA PENYEBARAN PENCEMAR UDARA
PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL MENGGUNAKAN
AERMOD**

HANIFAH KURNIAWATI

03211540000110

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. ABDU FADLI ASSOMADI, S.Si., M.T

Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184803

**PEMODELAN POLA PENYEBARAN PENCEMAR UDARA
PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL MENGGUNAKAN
AERMOD**

HANIFAH KURNIAWATI

03211540000110

DOSEN PEMBIMBING

Dr. ABDU FADLI ASSOMADI, S.Si., M.T

Departemen Teknik lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**MODELLING ON DISTRIBUTION PATTERN OF AIR
POLLUTANTS OF PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL
USING AERMOD**

HANIFAH KURNIAWATI

NRP. 03211540000110

ADVISOR

Dr. ABDU FADLI ASSOMADI, S.Si., M.T

Department of Environmental Engineering

Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2019

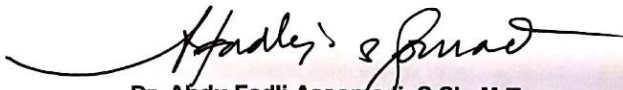
LEMBAR PENGESAHAN
PEMODELAN POLA PENYEBARAN PENCEMAR
UDARA PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL
MENGUNAKAN AERMOD

TUGAS AKHIR

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

Oleh:
HANIFAH KURNIAWATI
NRP: 03211540000110

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP: 19751018 200501 1 003



PEMODELAN POLA PENYEBARAN PENCEMAR UDARA PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL MENGGUNAKAN AERMOD

Nama Mahasiswa : Hanifah Kurniawati
NRP : 03211540000110
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T

ABSTRAK

Operasional PLTU di PT. Kaltim Prima Coal menghasilkan emisi pada parameter NO_x, SO₂, dan TSP. Emisi ini dapat memberikan dampak selain terhadap lingkungan juga terhadap kesehatan. Maka diperlukan simulasi pola penyebaran polutan ke wilayah di sekitar PLTU, untuk mengetahuinya digunakan Software AERMOD. Dalam penelitian telah dianalisis kuantitas emisi NO_x, SO₂, dan TSP dari cerobong industri batubara dan pola sebarannya.

Metode yang digunakan adalah mengolah data meteorologi dengan AERMET, mengolah data elevasi menggunakan AERMAP, dan AERMOD untuk mengestimasi persebaran emisi. Pemodelan dilakukan dalam kurun waktu 2 tahun dengan pembagian periode bulan Mei-November dan bulan Desember-April. Pemodelan juga dilakukan saat kondisi cerobong normal dan *start up*.

Hasil penelitian menunjukkan pola angin pada kondisi atmosfer rata-rata bulan Desember hingga April dan kondisi atmosfer rata-rata pada bulan Mei hingga November dominan ke arah barat. Perhitungan model menunjukkan konsentrasi NO_x tertinggi dari sumber titik majemuk pada periode bulan Desember-April sebesar 1116 µg/m³, SO₂ tertinggi sebesar 491,4 µg/m³, dan TSP tertinggi sebesar 47,14 µg/m³. Semua pencemar jatuh pada koordinat (569827 m; 60723 m). Konsentrasi NO_x tertinggi pada periode bulan Mei-November adalah 2152 µg/m³, SO₂ tertinggi sebesar 935 µg/m³, dan TSP tertinggi sebesar 90,4 µg/m³. Semua terjadi pada koordinat (569527 m; 60223 m). Sedangkan perhitungan model kondisi Start Up menunjukkan konsentrasi NO_x, SO₂, dan TSP tertinggi dari sumber titik majemuk pada

periode bulan Desember-April dan periode bulan Mei-November sebesar 9 kali lipat hasil normal dan jatuh pada titik koordinat yang sama. Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar debu emisi cerobong jatuh pada area industri.

Kata Kunci : AERMOD, dispersi, emisi PLTU, NO_x, SO₂, TSP.

MODELLING ON DISTRIBUTION PATTERN OF AIR POLLUTANTS OF PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL USING AERMOD

Name : Hanifah Kurniawati
Register Number : 03211540000110
Departement : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T

ABSTRACT

PT. Kaltim Prima Coal's PLTU Operational produces emission on NO_x, SO₂, and TSP parameters. Aside from the environmental impact, this emission also causing a health impact. A pollutant spread pattern simulation is needed to identify the pattern in the area around PLTU, using the AERMOD software. In this research have analyzed the quantity of dust emission from the chimney of the coal industry and the pattern of its distribution.

Methods used are processing meteorological data using AERMET, processing elevation data using AERMAP, and estimating the emission spread using AERMOD. The modeling was carried out within 2 years with the distribution in December to April period and in May to November period. Modeling was also done at normal and start-up chimney condition.

The results showed that the pattern of wind in December to April and in May to November was dominant to the west. The model calculations showed the highest NO_x concentration from multiple point sources in December to April period was 1116 µg/m³, the highest SO₂ concentration was 491,4 µg/m³, the highest TSP concentration was 47,14 µg/m³, all the pollutants fall at coordinates (569827 m; 60723 m). The highest NO_x concentration in May to November period was 2152 µg/m³, the highest SO₂ concentration was 935 µg/m³, the highest TSP concentration was 90,4 µg/m³ all the pollutants fall at coordinates (569527 m; 60223 m). While the highest NO_x concentration of Start Up condition from multiple point sources in December to April period was 9834 µg/m³, the highest SO₂ concentration was 4422,3 µg/m³, the highest TSP concentration was 424,2 µg/m³, all the pollutants fall at coordinates (569827 m; 60723 m). The highest NO_x

concentration in May to November period was $18963 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the highest SO_2 concentration was $8436 \mu\text{g}/\text{m}^3$ at coordinates, the highest TSP concentration was $816 \mu\text{g}/\text{m}^3$, all the pollutants at coordinates (569527 m; 60223 m). Most of the dust fell down into industrial area.

Keywords: AERMOD, Dispersion, Electric Steam Power Plant's Emission, NO_x, SO₂, TSP

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Alloh SWT atas limpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

Dalam kesempatan ini, penyusun menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Orang tua penyusun, Yuni Rahayu dan Murdjito atas segala dukungan, doa serta nasihat yang diberikan. Saudara penyusun, Bagus Kurniawan atas segala dukungan dan nasihat yang diberikan.
2. Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing dalam tugas akhir saya. Saya mengucapkan terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM, Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T., dan Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., selaku dosen penguji. Saya mengucapkan terimakasih atas segala saran serta masukan yang diberikan kepada penyusun. Bapak Yosef Palinggi dan Bapak Indias Prasetyono dari PT Kaltim Prima Coal – Sangatta yang telah membimbing dan serta membantu terlaksananya tugas akhir ini.
4. Rekan mahasiswa Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim yang setia menemani dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penyusunan Laporan Progres Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik-baiknya, namun masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna hasil yang lebih baik.

Surabaya, 28 Juni 2019

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Tujuan	17
1.4 Ruang Lingkup	17
1.5 Manfaat	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	19
2.1 Pencemaran Udara	19
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	19
2.3 Limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	19
2.3.1 Limbah Gas	20
2.3.2 NO _x	20
2.3.2 SO _x	20
2.3.3 Particulate Matter (PM)	21
2.4 Faktor Meteorologi	21
2.5 Karakteristik Atmosfer	23
2.5.1 Windrose	23
2.5.2 Stabilitas Atmosfer	23
2.5.3 Mixing Height	25
2.6 Pemodelan Data	25
2.6.1 Dispersi Polutan Udara	25
2.6.2 Model Dispersi Gaussian	26
2.6.3 Perangkat Lunak AERMOD	26
2.6.4 Persamaan Umum Profil	28

2.6.4.2 Profil Gradien Temperatur Potensial	28
2.6.4.3 Perhitungan Konsentrasi	29
2.6.5 Pengolahan Data Meteorologi	30
2.6.6 Pengolahan Data Kontur (AERMAP).....	31
2.7 Kondisi Start Up pada Cerobong.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Gambaran Umum dan Wilayah Studi	35
3.2 Prosedur Penelitian	36
3.3 Ide Penelitian	38
3.4 Studi Literatur	38
3.5 Pengumpulan Data	39
3.6 Metode Pengolahan Data	40
3.7 Analisis Data.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Gambaran Umum PLTU PT. Kaltim Prima Coal	47
4.2 Hasil Laju Emisi	48
4.3 Hasil Windrose.....	49
4.4 Sebaran Emisi di Sekitar Kawasan Industri	51
4.5 Kontur Konsentrasi Sebaran Emisi NO _x , SO ₂ , dan TSP...55	
4.6 Verifikasi dengan Data Pemantauan Ambien.....	71
4.7 Hasil Pemodelan AERMOD pada Kondisi <i>Start Up</i>	75
4.8 Kontur Konsentrasi Sebaran Emisi NO _x , SO ₂ , dan TSP saat Kondisi <i>Start Up</i>	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN LAJU EMISI	103
LAMPIRAN 2 PENGOLAHAN WRPLOT.....	105
LAMPIRAN 3 PENGOLAHAN AERMET VIEW	111
LAMPIRAN 4 PENGOLAHAN DATA AERMOD VIEW	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Zona Industri Batubara.....	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Posisi Cerobong TA 101,TA 102, TA 103, TA 104, dan TA 105	48
Gambar 4.2 Windrose Musim Rata-rata Tahun 2017-2018	50
Gambar 4.3 Windrose Bulan Mei-November Tahun 2017-2018	50
Gambar 4.4 Windrose Bulan Desember-April Tahun 2017-2018	51
Gambar 4.5 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Desember-April	53
Gambar 4.6 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Mei-November.....	54
Gambar 4.7 Isopleth rata-rata 3D.....	55
Gambar 4.8 Isoplet NOx Periode Bulan Mei-November	59
Gambar 4.9 Isoplet SO ₂ Periode Bulan Mei-November	61
Gambar 4.10 Isoplet TSP Periode Bulan Mei-November	63
Gambar 4.11 Isoplet NOx Periode Bulan Desember-April.....	65
Gambar 4.12 Isoplet SO ₂ Periode Bulan Desember-April	67
Gambar 4.13 Isoplet TSP Periode Bulan Desember-April	69
Gambar 4.14 Lokasi Pemantauan Udara Ambien PT. Kaltim Prima Coal.....	72
Gambar 4.15 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Desember-April	78
Gambar 4.16 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Mei-November.....	79
Gambar 4.17 Isoplet NOx Periode Bulan Mei-November Kondisi <i>Start Up</i> skala 600 m	83

Gambar 4.18 Isopleth SO ₂ Periode Bulan Mei-November Kondisi <i>Start Up</i> skala 600	85
Gambar 4.19 Isopleth TSP Periode Bulan Mei-November Kondisi <i>Start Up</i> skala 600 m	87
Gambar 4.20 Isopleth NO _x Periode Bulan Desember-April Kondisi <i>Start Up</i> skala 60 km	89
Gambar 4.21 Isopleth NO _x Periode Bulan Desember-April Kondisi <i>Start Up</i> skala 600 m	91
Gambar 4.22 Isopleth SO ₂ Periode Bulan Desember-April Kondisi <i>Start Up</i> skala 60 km	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan stabilitas dengan lapse rate (Cooper dan Alley, 1994).....	24
Tabel 2.2 Perbandingan beban emisi kondisi Shutdown dan kondisi Start up.....	33
Tabel 3.1 Format Data Meteorologi AERMET.....	42
Tabel 4.1 Tabel Spesifikasi Cerobong PLTU PT. Kaltim Prima Coal.....	47
Tabel 4.8 Tabel rata-rata laju emisi.....	48
Tabel 4.2 Lokasi Titik Pemantauan Udara Ambien.....	71
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Model AERMOD dengan Kualitas Udara Ambien Konsentrasi NO _x	73
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Model AERMOD dengan Kualitas Udara Ambien Konsentrasi SO ₂	73
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Model AERMOD dengan Kualitas Udara Ambien Konsentrasi TSP.....	74
Tabel 4.6 Perbandingan beban emisi kondisi normal dan <i>Start Up</i>	76
Tabel 4.7 Perhitungan Laju emisi setiap tahun.....	103

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN LAJU EMISI	103
LAMPIRAN 2 PENGOLAHAN WRPLOT	105
LAMPIRAN 3 PENGOLAHAN AERMET VIEW	111
LAMPIRAN 4 PENGOLAHAN DATA AERMOD VIEW	117

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik dari waktu ke waktu terus meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia. Hal ini mendorong untuk didirikannya pembangkit listrik guna mengatasi kebutuhan energi tersebut. Adanya pembangkit listrik tidak lepas dari penggunaan bahan bakar yang berfungsi sebagai penggerak dari turbin. Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah salah satu contoh pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga uap untuk menggerakkan turbin PLTU dengan tujuan untuk mengubah air menjadi uap air diperlukan adanya bahan bakar, misalnya batubara. Proses pembakaran ini akan menghasilkan gas-gas polutan yang dapat mencemari lingkungan, sehingga kualitas udara menjadi menurun. Berdasarkan Status Lingkungan Hidup Indonesia [1], proporsi kegiatan PLTU terhadap pencemar udara berupa gas NO₂ sebesar 169.041,99 ton/tahun, gas SO₂ sebesar 245.759,95 ton/tahun, dan TSP sebesar 174.112,93 ton/tahun.

Menurut perkiraan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) baru-baru ini, setiap tahun sekitar 2,7 juta kematian disebabkan oleh polusi udara. Paparan kronis terhadap polusi udara adalah masalah di seluruh dunia. Paparan jangka panjang orang terhadap polutan udara tidak mematikan dan pengaruhnya terhadap siklus atmosfer global dan regional telah dipelajari oleh berbagai penulis selama beberapa dekade terakhir. Terutama investigasi difokuskan pada Total suspended particulate (TSP), partikulat (PM), nitrogen dioksida, sulfur dioksida, karena dampaknya terhadap kesehatan (Kirk-Othmer 2007).

Oleh karena itu perlu adanya pengendalian terhadap gas pencemar tersebut. Salah satu upaya untuk mengetahui pencemaran udara di udara ambien adalah dengan memperkirakan pola persebaran gas-gas pencemar atau dengan pemodelan udara.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui sebaran polutan gas di atmosfer dari sumber cerobong asap adalah dengan menggunakan perangkat lunak AUSTAL 2000

(Ausbreitungsmodell gemäß der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft) yang dikembangkan oleh *German Federal Environmental Agency* (Umweltbundesamt). Beberapa peneliti telah menggunakan AUSTAL 2000 untuk memprediksi NO_x di daerah perkotaan akibat emisi cerobong asap (Langner dkk., 2011). Namun demikian, data meteorologi yang dimasukkan ke dalam *software* AUSTAL 2000 tidak lengkap atau terlalu sederhana seperti hanya menggunakan z₀, pengukuran angin, arah angin, kecepatan angin, dan kelas stabilitas menurut Klug-Manier. Sehingga hasilnya kurang akurat.

The American Meteorology Society Environmental Protection Agency Regulatory Model (AERMOD) merupakan perangkat lunak berbasis model Gaussian plume yang direkomendasikan oleh US EPA untuk simulasi kualitas udara (EPA, 2005; Rood, 2014). Perbedaan AERMOD dengan AUSTAL 2000 terletak pada memasukkan data meteorologi yang lebih lengkap, seperti data planetary boundary layer (PBL), yang merupakan bagian data meteorologi untuk AERMOD. Selain itu, AERMOD juga memasukkan kontur lokasi penelitian sebagai bagian dari topografi (Steven dkk., 2004), dan juga AERMOD dapat menangani kontur yang kompleks dan memberikan hasil yang baik di pegunungan (Langner dkk., 2011). AERMOD merupakan model dispersi spasial kualitas udara yang ditujukan untuk pemenuhan terhadap peraturan, dan mampu memprediksi penyebaran kualitas udara hingga 50 sumber yang berbeda-beda (sumber titik, luas, atau volume) (Zou dkk., 2010). Dengan melakukan prediksi pola penyebaran emisi, dapat digambarkan konsentrasi polutan dari sumber emisi hingga radius beberapa kilometer dari sumber emisi tersebut (Cimorelli dkk., 2004).

AERMOD telah digunakan untuk mempelajari dispersi PM₁₀ di kota Pune, India (Kesarkar dkk., 2007); untuk mempelajari emisi dari jalan raya untuk beberapa polutan termasuk PM_{2.5} dan SO₂ (Cook dkk., 2008); untuk menghasilkan set data PM_{2.5} buatan, NO_x, dan benzena untuk digunakan dalam studi paparan di New Haven (Johnson dkk., 2010); dan untuk menyelidiki pola paparan spasial SO₂ di Dallas country (Zou dkk., 2009).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini secara umum untuk mengetahui konsentrasi emisi NO_x PLTU PT. Kaltim Prima Coal Sangatta dan mengkaji estimasi sebaran emisi NO_x dari PLTU PT. Kaltim Prima Coal Sangatta menggunakan Software AERMOD View, sehingga diketahui sebarannya. Oleh karena itu, penelitian yang berjudul Pemodelan Pola Penyebaran Pencemar Udara PLTU PT. Kaltim Prima Coal Menggunakan AERMOD kiranya perlu untuk dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pola persebaran emisi NO_x, SO₂, dan TSP berdasarkan simulasi kualitas udara pada periode bulan Desember-April dan bulan April-November di sekitar sumber?
2. Dimanakah area yang berpotensi menerima konsentrasi terbesar dari hasil simulasi kualitas udara?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan pola persebaran emisi berupa NO_x, SO₂, dan Partikulat berdasarkan simulasi kualitas udara pada periode bulan Desember-April dan periode bulan Mei-November.
2. Menentukan area yang berpotensi menerima konsentrasi terbesar dari hasil simulasi kualitas udara.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah :

1. Terdapat lima buah cerobong dari PT. Kaltim Prima Coal Sangatta.
2. Penelitian dilaksanakan pada rentang waktu bulan Februari hingga April 2019.
3. Parameter yang digunakan adalah NO_x, SO_x, dan Partikulat.
4. Data mengenai konsentrasi polutan pada cerobong didapatkan dari hasil *monitoring* PT. Kaltim Prima Coal Sangatta selama 6 (enam) bulan.

5. Data mengenai konsentrasi polutan di ambien didapatkan dari hasil *monitoring* PT. Kaltim Prima Coal Sangatta selama 3 (tiga) bulan.
6. Data meteorologi didapatkan dari BMKG Teminggng Samarinda.
7. Terdapat dua jenis cerobong yaitu kapasitas 5 MW dan 18 MW.
8. Data yang digunakan adalah data dua tahun terakhir yaitu tahun 2017 dan tahun 2018.
9. Permodelan dilakukan menggunakan AERMOD dengan aplikasi pelengkap AERMAP dan AERMET.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang di dapat dari pelaksanaan kerja praktik ini diantaranya :

1. Sumbangan ilmiah dalam upaya estimasi sebaran emisi dari suatu kegiatan.
2. Sebagai rekomendasi bagi instansi terkait guna pengendalian polusi udara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara).

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1, hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari boiler PLTU. Energi panas dipindahkan ke dalam air yang ada dalam pipa boiler untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan didalam drum dari boiler. Uap dari drum boiler dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi uap dikonversikan menjadi energi mekanis untuk memutar generator, dan energi mekanis yang berasal dari generator dikonversikan menjadi energi listrik (Harris, 2013).

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), merupakan salah satu andalan pembangkit tenaga listrik yang merupakan jantung untuk kegiatan industri. Salah satu bahan bakar yang digunakan adalah batubara. Konsep dasar dari PLTU batubara ini adalah batubara sebagai bahan bakar utama harus disediakan dengan kualifikasi tertentu untuk jangka waktu lama (Sukandarrumidi, 2006).

2.3 Limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Sumber emisi yang berasal dari PLTU, memiliki dampak yang besar dan signifikan pada wilayah pemukiman disekitar PLTU (Bijaksana dkk., 2012). Emisi gas SO_x dan NO_x dari pembangkit listrik dengan bahan bakar batu bara menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi emisi gas polutan terhadap udara ambien.

2.3.1 Limbah Gas

Limbah gas adalah limbah zat (zat buangan) yang berwujud gas (Setiawan, 2015). Jenis bahan pencemar yang paling sering dijumpai ialah karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), komponen organik terutama hidrokarbon, dan substansi partikel (Darmono, 2001). Limbah gas dan partikel adalah limbah yang dibuang ke udara. Jenis industri yang menjadi sumber pencemaran udara (Kristanto, 2013) yaitu industri besi dan baja, industri semen, industri kendaraan bermotor, industri pupuk, industri aluminium, industri pembangkit tenaga listrik, industri kertas, industri kilang minyak, dan industri pertambangan.

2.3.2 NO_x

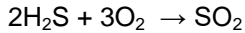
Pencemaran NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia dapat menimbulkan bahaya karena jumlahnya akan meningkat pada tempat-tempat tertentu. Kadar NO_x di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). NO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya NO₂ berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. NO terdapat diudara dalam jumlah lebih besar daripada NO₂ (Ebenezer, dkk., 2006). Gas NO₂ ini dikeluarkan melalui cerobong sebagai media penyalur gas buang dan sumber emisi tidak bergerak. Gas NO₂ yang keluar dari cerobong nantinya akan menyebar menuju daerah di sekitarnya (Widyasari dkk, 2017). Gas nitrogen oksida (NO_x) ada dua macam, yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas NO₂ bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan. Sifat racun (toksisitas) gas NO₂ empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO₂ adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO₂ akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematiannya. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh oksigen menjadi gas NO₂ (Wardhana, 2004).

2.3.2 SO_x

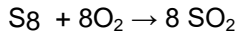
Sulfur terdapat di bahan bakar yang digunakan dimana

semakin banyak kandungan sulfur dibahan bakar tersebut maka mesin akan semakin bertenaga. Sulfur dioksida didapatkan dari proses pembakaran dan terbentuk pada suhu yang tinggi. Dimana reaksi kimianya adalah sebagai berikut:

SO₂ dalam kandungan bahan bakar.



SO₂ hasil dari pembakaran



Sulfur dioksida (SO₂) dapat mengganggu sistem pernafasan, gangguan jantung, serta sifatnya korosif terhadap bahan *metal* (Visscher, 2014).

2.3.3 Particulate Matter (PM)

Secara umum partikulat berdasarkan ukurannya dibedakan atas dua kelompok, yaitu partikel halus (fine particles, ukuran kurang dari 2,5 µm) dan partikel kasar (coarse particles, ukuran lebih dari 2,5 µm) (Ruslinda dkk, 2008). Perbedaan antara partikel halus dan partikel kasar terletak pada sumber, asal pembentukan, mekanisme penyisihan, sifat optiknya, dan komposisi kimianya. Partikel halus dan partikel kasar ini dikelompokkan ke dalam partikel tersuspensi yang dikenal dengan Total Suspended Particulate (TSP) yaitu partikel dengan ukuran partikel kurang dari 100 µm. Jumlah partikel tersuspensi (TSP) adalah partikel kecil di udara seperti debu, *fume*, dan asap dengan diameter kurang dari 100 µm yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi, pembakaran, dan kendaraan (Santiasih dkk, 2012).

2.4 Faktor Meteorologi

Meteorologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi dan gejala-gejalanya, yang terkait dengan komponen bumi yang berupa gas atau biasa disebut udara. Kegunaan dari faktor meteorologi adalah untuk menentukan kejadian yang terjadi pada polutan yang dilepaskan pada satu waktu hingga waktu tertentu yang telah ditetapkan di suatu wilayah, dimana polutan tersebut kemudian ditemukan di wilayah lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi polutan di udara ambien adalah sebagai berikut :

- Tutupan awan

Tutupan awan adalah sebagian atau fraksi dari langit yang ditutupi oleh awan dan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem iklim global (Faulkner et. al., 2012). Tutupan awan dapat menentukan stabilitas atmosfer atau tingkat turbulensi udara di arah vertikal yang terjadi pada malam atau pagi hari sebelum matahari terbit.

- Temperatur dan kelembaban udara

Temperatur udara adalah ukuran kinetis rata-rata dari pergerakan molekul udara sedangkan kelembaban udara merupakan banyaknya kandungan uap air dalam atmosfer, atau yang biasa disebut sebagai kelembaban relatif

- Tekanan udara

Tekanan udara adalah tekanan yang diberikan udara karena beratnya pada tiap 1 cm² bidang mendatar dari permukaan bumi. Diukur dalam milibar tekanan baku pada permukaan laut dengan barometer air raksa dengan konversi satuan untuk 1 atm sebesar 760 mmHg. Tekanan udara akan turun sebesar 1 mmHg untuk setiap kenaikan 11 m pada atmosfer.

- Kecepatan dan arah angin

Kecepatan angin adalah jarak yang ditempuh oleh angin per satuan waktu. Kecepatan angin dinyatakan dalam knot/jam, km/jam dan m/s. Dalam klimatologi kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan udara dan asal dari arah kecepatan angin tersebut sebagai faktor pendorong (Lakitan, 1994)

- Radiasi matahari

Radiasi adalah suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang mempunyai suhu di atas nol mutlak, dan merupakan satu - satunya bentuk energi yang dapat menjalar di dalam vakum angkasa luar. Radiasi matahari yang jatuh ke bumi ini disebut insolasi. Hampir 99 % energi radiasi matahari berada di daerah gelombang pendek, yaitu antara 0,15 μm dan 4,0 μm , sehingga

radiasi matahari dinamakan pula radiasi gelombang pendek.

2.5 Karakteristik Atmosfer

Karakteristik atmosfer yang terkait secara langsung dengan dispersi polutan di udara ambient terdiri dari bunga angin (windrose), stabilitas atmosfer, dan tinggi pencampuran (mixing height).

2.5.1 Windrose

Windrose merupakan grafik yang menggambarkan arah dan kecepatan angin dalam suatu lokasi tertentu (Susanti, 2017). Metode Wind Rose adalah suatu metode untuk menganalisa arah dan kecepatan angin suatu tempat tertentu dan merupakan perbandingan dari angin-angin yang berhembus dari tiap-tiap arah angin. Manfaat menganalisa keadaan angin dengan Wind Rose ialah hasilnya mudah di baca karena penyajiannya dalam bentuk diagram, sehingga orang awam pun mudah membacanya (Fatkhuroyan, 2018).

2.5.2 Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer mempunyai peranan penting dalam pengenceran kadar polutan akibat faktor difusi dan angin. Untuk kondisi atmosfer yang tidak stabil (umumnya terjadi pada tengah hari di atas jalanan beraspal), udara cenderung bergerak ke atas sehingga kadar polutan per satuan volume yang terakumulasi di atmosfer menjadi lebih kecil atau terjadi proses dispersi polutan yang berakibat pada penurunan beban konsentrasi polutan. Sedangkan untuk kondisi atmosfer yang stabil (umumnya terjadi pada pagi dan sore hari), udara cenderung akan bergerak ke bawah/ turun sehingga kadar polutan per satuan volume menjadi besar atau memperlambat proses dispersi polutan yang berakibat penambahan kadar polutan (Soerjadi, 2002)

Stabilitas atmosfer dipengaruhi oleh berbagai parameter meteorologi, yakni isolasi, turbulensi, besarnya kecepatan angin, dan gradien temperatur vertikal (lapse rate) (Cheremisinoff dan Moressi, 1978). Menurut Wark dan Warner (1981), lapse rate adiabatik kering adalah tingkat pendinginan suatu parcel udara ketika tidak terjadi pertukaran kalor antara parcel udara dengan lingkungannya. Secara teoritis, suatu parcel udara yang dipaksa bergerak naik dalam atmosfer akan mengalami tekanan yang lebih

rendah sehingga parcel udara tersebut akan mengembang dan mendingin. Temperatur lapse rate yakni sebesar 0,98 °C/100m dan kenaikan ketinggian dianggap sebagai tingkat adiabatik kering. Lapse rate dinyatakan dalam Persamaan (2.1) berikut ini:

$$\Gamma = \frac{-\partial\Gamma}{\partial z} \quad (2.1)$$

dimana nilai Γ bervariasi tergantung pada atmosfer. Stabilitas vertikal berkaitan langsung dengan lapse rate. Hubungan keduanya mengikuti pola seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.1 Hubungan stabilitas dengan lapse rate (Cooper dan Alley, 1994)

Lapse Rate	Stabilitas Atmosfer
$\Gamma > \Gamma_d$	tidak stabil
$\Gamma = \Gamma_d$	Netral
$\Gamma < \Gamma_d$	Stabil

Sumber : Alley dkk. 1994

Dimana Γ_d adalah *lapse rate* adiabatik kering. Pada lapse rate super- adiabatik (kondisi tidak stabil), suatu parcel udara akan bergerak ke atas dan mengalami pendinginan namun dengan suhu yang masih lebih hangat daripada udara di lingkungannya. Karena pengaruh gaya apung (buoyant), parcel udara tersebut akan tetap bergerak ke atas. Ketika parcel udara itu bergerak turun, maka parcel udara akan mengalami peningkatan temperatur dengan suhu yang masih lebih dingin dibandingkan dengan udara di lingkungannya. Selama kondisi netral, parcel udara akan bergerak baik ke atas maupun ke bawah dengan perubahan temperatur pada tingkat yang sama dengan udara di lingkungannya, dan pergerakannya baik ke atas atau kebawah tidak terpengaruh oleh gaya buoyant. Selama dalam kondisi stabil (lapse rate sub-adiabatik), pergerakan parcel udara ke atas akan menghasilkan parcel udara yang lebih dingin dibandingkan dengan udara lingkungannya sehingga parcel tersebut akan kembali naik ke ketinggian sebelumnya. Demikian pula halnya dengan parcel udara yang bergerak kebawah mengalami peningkatan temperatur yang kondisinya lebih hangat dibandingkan dengan udara di sekitarnya, maka parcel udara akan bergerak kembali ke ketinggian awalnya (Cooper dan Alley, 1994).

2.5.3 Mixing Height

Tinggi lapisan pencampuran atau tinggi batas lapisan konvektif merupakan puncak lapisan terjadinya pencampuran vertikal yang relatif kuat dan penurunan temperatur (lapse rate) yang mendekati kondisi adiabatik kering. Tinggi pencampuran akan lebih tinggi pada lapisan yang labil saat siang hari dibandingkan dengan lapisan yang stabil saat malam hari (Wark dan Warner, 1981). Tinggi lapisan pencampuran ditentukan berdasarkan bantuan profil matahari dari atmosfer hingga pada ketinggian beberapa kilometer di atas permukaan Bumi dengan menggunakan metode radiosonde (Cheremisinoff dan Morresi, 1981).

2.6 Pemodelan Data

Gambaran pergerakan polutan dapat dilakukan dengan permodelan. Beberapa permodelan telah dilakukan untuk melakukan kajian terhadap dampak lingkungan yang akan ditimbulkan oleh kegiatan industrialisasi. Permodelan dapat terdiri atas deskripsi dari sistem dalam bentuk hubungan dan persamaan matematika. Permodelan ini membutuhkan data input yang lebih akurat sehingga dapat memperkirakan perpindahan dan konsentrasi polutan (Schnoor, 1996).

Permodelan kualitas udara pada dasarnya menghubungkan antara sumber emisi polutan dengan konsentrasi polutan di atmosfer. Melalui permodelan tersebut dapat diperoleh hubungan antara perubahan konsentrasi polutan hasil dari pengontrolan sumber emisi dengan tingkat perubahan konsentrasi polutan yang tersebar di atmosfer.

2.6.1 Dispersi Polutan Udara

Proses dispersi polutan udara meliputi proses pengangkutan (transport) dan pengenceran (difusi). Faktor yang mempengaruhi mekanisme dispersi polutan secara garis besar adalah karakteristik sumber emisi dan karakteristik atmosfer lokal. Karakteristik sumber emisi yang dimaksud merupakan karakteristik dari tempat polutan terdispersi ke udara. Kondisi atmosfer lokal seperti arah dan kecepatan angin juga berpengaruh

dalam memindahkan massa udara ke arah horizontal, baik arah maupun jangkauan dari polusi tersebut.

2.6.2 Model Dispersi Gaussian

Sebuah model matematis dispersi atmosferik yang berfungsi untuk mensimulasikan perilaku kepulan yang diemisikan dari sumber di permukaan atau sumber di ketinggian. Untuk emisi yang dihasilkan dari cerobong, model mengasumsikan permukaan bumi bukan suatu penampungan untuk polutan, tetapi ada refleksi signifikan dari polutan gas yang muncul dengan cara difusi balik dari permukaan bumi ke atmosfer. **Persamaan 2.2** digunakan untuk menghitung konsentrasi polutan yang diemisikan dari sumber titik dengan ketinggian (Wark dan Warner, 1981)

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

(2.2)

Yang perlu diperhatikan adalah model Gaussian tidak sepenuhnya dapat diaplikasikan pada kondisi dengan permukaan yang kompleks, dimana kondisi ini dapat memicu terjadinya gesekan angin yang tinggi serta inversi yang kuat. Hal ini dapat menyebabkan muncul jalur-jalur (*channeling*) dan efek lainnya yang menghasilkan profil konsentrasi non-Gaussian (Fabrick dkk., 1987).

2.6.3 Perangkat Lunak AERMOD

AERMOD merupakan model penyebaran polutan dengan pendekatan Gaussian yang dikembangkan oleh AERMIC (*American Meteorological Society {AMS}/ United States Environmental Protection Agency {EPA} Regulatory Model Improvement Committee*). AERMOD merupakan sistem pemodelan dispersi atmosferik yang terdiri dari tiga modul yang terintegrasi yaitu model dispersi untuk kondisi tunak, pra pengolah data meteorologi dan pra pengolah data permukaan bumi. AERMOD menggunakan pendekatan Gaussian dan bi-Gaussian dalam model dispersinya, yang menghasilkan konsentrasi polutan di udara ambien dalam periode harian, bulanan maupun tahunan. AERMOD dapat digunakan untuk area perkotaan dan pedesaan, permukaan bumi yang rata atau berelevasi, emisi yang dihasilkan

dari permukaan atau dari ketinggian, dan emisi yang dikeluarkan oleh banyak sumber (termasuk sumber titik, area atau volume).

Pada kondisi lapisan batas stabil (*Stable Boundary Layer/SBL*), distribusi konsentrasi diasumsikan mengikuti persamaan Gauss baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Pada lapisan batas konvektif (*Convective Boundary Layer/CBL*), distribusi secara horizontal juga diasumsikan mengikuti persamaan Gauss namun distribusi vertikalnya mengikuti fungsi probabilitas kepadatan bi-Gaussian. AERMOD juga memperhitungkan *plume lofting*, yaitu massa kepulan yang dilepaskan dari sumber, yang terus naik dan tetap tinggal pada lapisan batas paling atas sebelum akhirnya bercampur ke dalam CBL. Dengan menggunakan pendekatan sederhana, AERMOD menggabungkan konsep yang ada selama ini tentang aliran dan dispersi pada wilayah dengan kontur yang kompleks. Pendekatan ini didesain realistis dan sederhana untuk diaplikasikan, dimana permukaan bumi dilihat secara konsisten dan berkesinambungan dengan memperhatikan konsep pembagian arah aliran dalam kondisi stabil (Vionita, 2011).

Populasi di daerah kota, radiasi matahari, data ketinggian medan, dan ketinggian tempat ambien diukur adalah beberapa parameter input lain yang diperlukan dalam AERMOD. Ini penting untuk mengetahui sensitivitas hasil model terhadap perubahan dalam berbagai input parameter. Informasi ini diperlukan untuk mengukur akurasi yang diperlukan saat parameter. Informasi semacam itu juga dapat membantu menentukan apakah suatu model sangat peka terhadap variasi dari parameter input tertentu (Bhardwaj, 2005).

AERMOD mengestimasi profil meteorologi melalui beberapa persamaan dan interpolasi pengukuran yang berdekatan. Untuk memperhitungkan konsentrasi, AERMOD mempertimbangkan berbagai parameter seperti efek vertikal angin, suhu, dan turbulensi (Cimorelli dkk., 2004).

Software AERMOD View adalah model dispersi gauss yang berfungsi untuk melihat penyebaran polusi pada daerah pedesaan dan perkotaan, area datar dan medan yang

kompleks, permukaan datar dan berelevasi, dan berbagai sumber (termasuk, titik, wilayah dan sumber volume) Cimorelli et al., 2005)

2.6.4 Persamaan Umum Profil

Persamaan profil umum dalam simulasi AERMOD dapat dikelompokkan menjadi profil kecepatan dan arah angin dan profil gradien temperatur potensial.

2.6.4.1 Profil Kecepatan dan Arah Angin

AERMOD memiliki persamaan untuk profil kecepatan angin yang terbagi berdasarkan ketinggian sesuai dengan **Persamaan 2.3-2.5** (U.S EPA, 2004)

$$u = u\{7Z_0\} \left[\frac{z}{7Z_0} \right] \quad \text{untuk } z < 7Z_0 \quad (2.3)$$

$$u = u \frac{u^*}{k} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \psi_m \left\{ \frac{z}{L} \right\} + \psi_m \left\{ \frac{z_0}{L} \right\} \right] \quad \text{untuk } 7Z_0 \leq z \leq z_i \quad (2.4)$$

$$u = u\{z_i\} \quad \text{untuk } z > Z_i \quad (2.5)$$

dimana :

$U \{7Z_0\}$ = kecepatan angin ketinggian $7Z_0$ (m/s)

z = ketinggian angin (m)

z_0 = *surface roughness length* (m)

Ψ_m = fungsi persamaan untuk momentum (koreksi stabilitas)

L = *monin friction length* (m)

u^* = *surface friction velocity* (m/s)

k = konstanta von Karman ($k=0,4$)

z_i = tinggi pencampuran (*mixing height*) (m)

Untuk kondisi CBL dan SBL arah angin diasumsikan konstan dengan ketinggian baik di atas pengukuran tertinggi atau di bawah pengukuran terendah. Untuk ketinggian menengah, AERMOD akan mengambil interpolasi linear diantara pengukuran. Setidaknya diperlukan satu pengukuran arah angin untuk setiap simulasi AERMOD.

2.6.4.2 Profil Gradien Temperatur Potensial

Di atas lapisan permukaan super adiabatik yang relatif tipis, gradien temperatur potensial pada CBL yang tercampur sempurna dianggap nol. Gradien temperatur di lapisan antar muka yang stabil yang terletak di atas lapisan campuran berasal dari temperatur pada pagi hari di sekitarnya. Gradien ini merupakan faktor penting dalam menentukan potensi penetrasi kepulan yang bergerak naik menuju dan melampaui lapisan tersebut. Pada

ketinggian di bawah

100 m di SBL, AERMOD menggunakan **Persamaan (2.5)** dan **(2.6)** untuk mencari gradien temperatur potensial menurut Dyer (1974) seperti berikut ini.

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\theta_*}{k(2)} \left[1 + 5 \frac{(2)}{L} \right] \quad \text{untuk } z \leq 2m \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\theta_*}{k(2)} \left[1 + 5 \frac{(2)}{L} \right] \quad \text{untuk } 2m \leq z \leq 100m \quad (2.6)$$

dimana: $\theta^* = \text{temperature scale } (^{\circ}\text{K})$

Sedangkan untuk ketinggian di atas 100 m, digunakan persamaan Stull (1983) dan van Ulden & Holtslag (1985) sesuai **Persamaan (2.7)** (EPA, 2004).

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial \sigma\{z_{mx}\}}{\partial z} \left[- \frac{(z-z_{mx})}{0,44z_i \theta} \right] \quad (2.7)$$

Dimana:

- Z_{mx} = ketinggian pada 100 m
- $z_i \theta$ = tinggi pencampuran mekanis maksimal pada 100 m.

2.6.4.3 Perhitungan Konsentrasi

Perhitungan konsentrasi dalam AERMOD terbagi untuk lapisan SBL dan lapisan CBL dengan menggunakan persamaan yang sesuai. Berikut adalah pembahasan perhitungan konsentrasi polutan di kedua lapisan tersebut.

- **Konsentrasi pada Lapisan CBL**

Perhitungan konsentrasi baik pada lapisan CBL maupun lapisan SBL dihitung berdasarkan pendekatan Gauss, namun persamaan yang telah dikembangkan oleh para peneliti setelahnya. Konsentrasi pada lapisan CBL dihitung sesuai dengan **Persamaan (2.8)** (U.S. EPA, 2004).

$$Cd = \{x_r, y_r, z\}$$

$$Cd = \frac{Qfp}{\sqrt{2\pi u}} F_y \sum_{j=1}^2 \sum_{m=0}^x \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[\exp \left(- \frac{(z-\psi_{dj}-2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2} \right) + \exp \left(- \frac{(z+\psi_{dj}+2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2} \right) \right] \quad (2.8)$$

Dimana :

C_d = konsentrasi total (g/m^3)

Q = laju emisi ($\text{g}/\text{m}^2\text{s}$)

F_p = fraksi masa kepulan yang terkandung dalam CBL

\bar{U} = kecepatan angin pada puncak sumber (m/s)

F_y = fungsi total distribusi horizontal (m^{-1})

J = gerakan udara vertikal *updrafts* (1), *downdrafts* (2)

Λ_j = faktor pembobotan

σ_{zj} = total dispersi vertikal *updrafts* dan *downdrafts* (m)

z = ketinggian daerah reseptor (DPL) (m)

ψ_{dj} = tinggi kepulan (m)

z_i = tinggi pencampuran (*mixing height*) (m)

- **Konsentrasi pada Lapisan SBL**

Konsentrasi pada lapisan SBL dapat dihitung sesuai dengan **Persamaan (2.9)** yang mengacu pada Hanna dan Paine (1989) di bawah ini.

$$C_d = \{x_r, y_r, z\}$$

$$C_d = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}} F_y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+z_{es}+2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) \right] \quad (2.9)$$

Dimana :

σ_{zs} = total dispersi vertikal pada lapisan SBL (m)

z_{ieff} = tinggi efektif lapisan pencampuran mekanis (m)

2.6.5 Pengolahan Data Meteorologi

AERMET didesain untuk dijalankan dalam 3 tahap proses. Tahap pertama adalah menerima data dan menilai kualitas data. Tahap kedua menggabungkan data yang tersedia dalam periode 24 jam dan menuliskannya dalam bentuk intermediate file. Tahap ketiga atau tahap terakhir adalah membaca data yang telah

digabungkan dan menentukan parameter boundary layer yang diperlukan dalam perhitungan dispersi oleh AERMOD. Adapun data meteorologi yang diperlukan adalah kecepatan angin, arah angin, suhu, dan awan (Cimorelli et al, 2005).

Fungsi dasar dari AERMET adalah menggunakan hasil pengukuran meteorologi yang mewakili domain modelling untuk menghitung parameter boundary layer tertentu yang digunakan untuk memperkirakan profil angin, turbulensi, dan temperatur. Perkembangan dan struktur dari boundary layer atmosfer dikendalikan oleh fluks panas dan momentum yang tergantung pada pengaruh permukaan. Ketebalan lapisan ini dan dispersi polutan di dalamnya dipengaruhi karakteristik permukaan pada skala lokal seperti kekasaran permukaan, reflektivitas (albedo), dan keadaan kelembaban permukaan. Parameter yang diberikan oleh AERMET adalah Monin-Obukhov Length (L), kecepatan gesek permukaan (u^*), panjang kekasaran permukaan (z_0), surface heat flux (H), dan convective scaling velocity (w^*) (Vionita, 2011).

2.6.6 Pengolahan Data Kontur (AERMAP)

AERMAP menggunakan data wilayah yang telah dibagi kedalam grid untuk menghitung ketinggian pengaruh wilayah (h_c) yang representatif untuk setiap reseptor dengan AERMOD yang menghitung nilai H_c spesifik reseptor. Dengan pendekatan ini, AERMOD melakukan perhitungan efek polutan pada permukaan yang datar dan permukaan yang memiliki ketinggian dengan kerangka kerja pemodelan yang sama sehingga menghindarkan dari pemakaian rumus yang berbeda untuk permukaan yang sederhana dan yang kompleks.

Pada dasarnya untuk bisa menjalankan AERMAP dibutuhkan dua tipe data. Pertama, AERMAP membutuhkan file runsteam yang mengarahkan AERMAP kepada sebuah set pilihan dan menentukan lokasi sumber dan resepor. Kedua, AERMAP membutuhkan data kontur dalam format yang terstandardisasi. Data kontur tersedia dalam tiga format yang berbeda, yaitu Digital Elevation Model (DEM) yang menggunakan standar lama USGS "Blue Book", Spatial Data Transfer Standard (SDTS), dan National Elevation Dataset (NED).

AERMAP menggunakan sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) untuk mengidentifikasi lokasi sumber dan reseptor. Sistem koordinat ini adalah salah satu metode yang memetakan meridian dan paralel permukaan bumi pada sebuah bidang datar. Sistem UTM terbagi menjadi beberapa zona, dengan setiap zona memiliki lebar garis bujur 6° . Zona-zona tersebut berurut dari nomor 1 sampai 60 ke arah timur dari meridian 180° International Dateline. Bentuk bumi yang agak pipih sering disebut sebagai elips atau bulat pipih. Proyeksi garis lintang dan garis bujur telah ditentukan di setiap sistem acuan. Proyeksi ini disebut sebagai datum (Vionita, 2011).

2.7 Kondisi Start Up pada Cerobong

Periode *startup* dan *shutdown* berfungsi untuk menstabilkan secara termal suatu unit untuk memastikan operasi unit yang efisien dan tepat (Bivens, 2002). Menurut Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup no. 13 tahun 2009, *Start Up* adalah kondisi tidak normal dimana kondisi operasi di luar parameter operasi normal dan masih dapat dikendalikan terhadap sistem peralatan atau proses yang sedang dalam kondisi tidak normal, sehingga baku mutu emisi kegiatan minyak dan gas bumi terlampaui meliputi kondisi pada saat mematikan (*shutdown*), menghidupkan (*start up*), gangguan (*upset*) atau malfungsi. Berikut merupakan **Tabel 2.2** berisi perbandingan beban emisi saat kondisi *shutdown* dan kondisi *start up*.

Tabel 2.2 Perbandingan beban emisi kondisi Shutdown dan kondisi Start up

COLD STARTUP¹					
Time (min)	CT Load (%)	NO_x Control (%)	NO_x Emissions (ppm @ 15% O₂)	Instantaneous NO_x Emissions (lb/hr)	Cumulative NO_x Emissions (lb)
0	0	0	0.0	0	0
20	Flame On	0	0.0	0	0
29	On-line	0	65.0	97	10
30	8	0	75.0 (high value)	150	12
60	8	0	75.0 (high value)	150	87
61	8	50	37.5	75	89
177	8	50	37.5	75	234
180	10	50	25.0	50	237
183	12	50	27.5	60	240
194	22	50	42.5	110	255
196	25	50	35.0	100	259
199	40	50	50.0	175	266
200	40	50	50.0	175	269
202	50	50	52.5	225 (high value)	275
~202 min/cs ²	50	61	<i>3.5 (controlled)</i>	15	275 lbs/cs
209	70	61	<i>3.5 (controlled)</i>	16	277 lbs/cs
SHUTDOWN					
0	100	61	<i>3.5 (controlled)</i>	24	0
10	25	61	27	78	9
15	25	61	27	78	15
19	Flame Off	0	65 (high value)	97 (high value)	21
~30 min/sd ³	0	0	0	0	30 lbs/sd

Sumber : Bivens, 2002

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum dan Wilayah Studi

Penelitian dilakukan di Kota Sangatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur. Wilayah kajian melingkupi industri Batubara PT. Kaltim Prima Coal dan wilayah sekitar industri Batubara seperti terlihat pada peta.



Gambar 3.1 Zona Industri Batubara

Sumber : www.google.com/earth

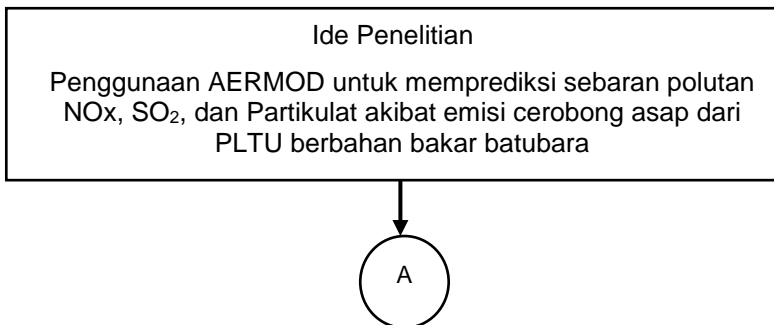
Di wilayah industri Batubara tersebut terdapat beberapa titik sumber emisi yang berada pada posisi yang berbeda. Pada penelitian ini diambil sebanyak lima cerobong yang dijadikan sebagai sumber emisi. Berikut adalah spesifikasi dari masing-masing cerobong.

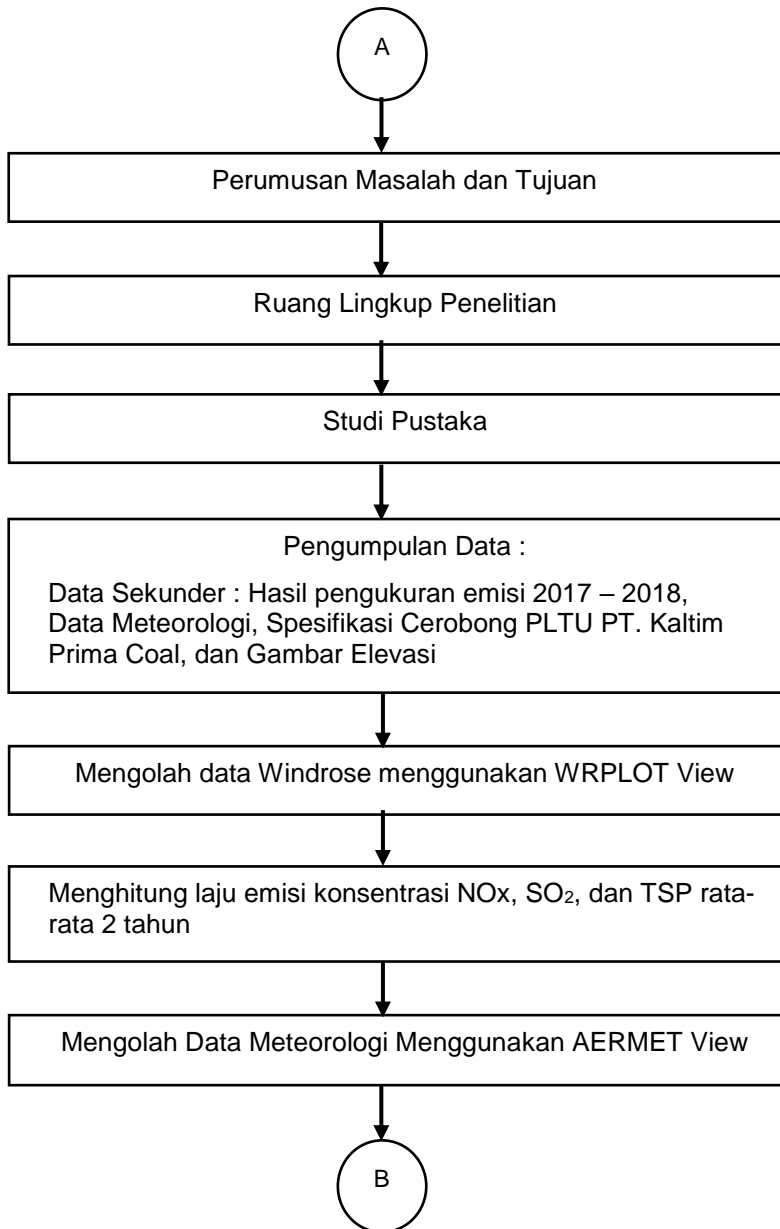
1. Cerobong TA 101 (*Power Station*)
Koordinat : 570714.06 E; 59635.08 N
Elevasi : 19 m
Tinggi Cerobong : 34 m
Diameter Cerobong : 1,67 m

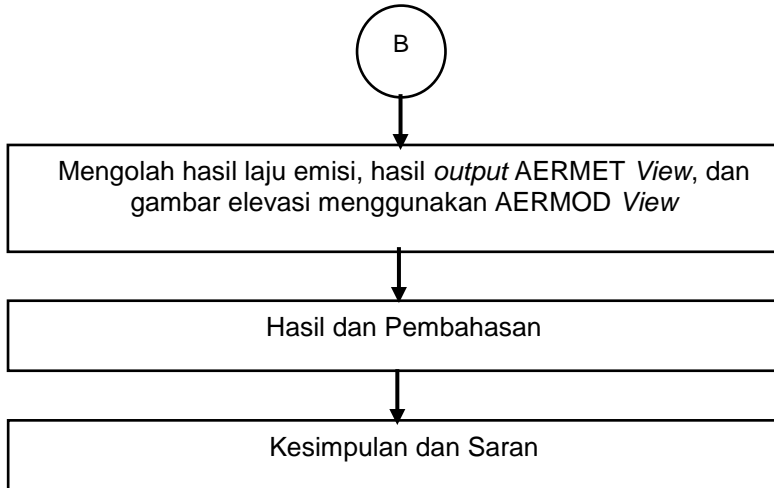
2. Cerobong TA 102 (*Power Station*)
 - Koordinat : 570703 E; 59634 N
 - Elevasi : 19 m
 - Tinggi Cerobong : 34 m
 - Diameter Cerobong : 1,67 m
3. Cerobong TA 103 (*Power Station*)
 - Koordinat : 570610.75 E; 59699.41 N
 - Elevasi : 21 m
 - Tinggi Cerobong : 45 m
 - Diameter Cerobong : 1,77 m
4. Cerobong TA 104 (*Power Station*)
 - Koordinat : 570583.85 E; 59696.62 N
 - Elevasi : 21 m
 - Tinggi Cerobong : 45 m
 - Diameter Cerobong : 1,77 m
5. Cerobong TA 105 (*Power Station*)
 - Koordinat : 570552 E; 59697 N
 - Elevasi : 21 m
 - Tinggi Cerobong : 45 m
 - Diameter Cerobong : 1,77 m

3.2 Prosedur Penelitian

Proses pendugaan dan analisis disperse pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap kegiatan. Tahapan tersebut mencakup kegiatan pengumpulan data, pembuatan model prediksi, hingga pemetaan penyebaran pencemar udara di Kota Sangatta. Tahapan pengolahan dan analisis data penelitian, selengkapnya disajikan pada gambar 3.2







Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Perkembangan suatu industri yang mengakibatkan penambahan polutan merupakan salah satu permasalahan yang menjadi dasar penelitian ini. Banyaknya sumber pencemar yang menghasilkan Nitrogen Oksida, akan meperburuk kualitas udara hingga menyebabkan pemanasan global. Berdasarkan permasalahan tersebut akan dilakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh arah angin dan jarak sumber pencemar kemudian disimulasikan penyebaran pencemar udara akibat cerobong dengan menggunakan perangkat lunak AERMOD. Upaya ini direncanakan untuk menentukan prediksi sebaran dampak polutan dan menentukan nilai kumulatif konsentrasi polutan udara ambien kawasan Industri X, selama 12 jam.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori pendukung yang kuat dan berkaitan dengan penelitian ini sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan kegiatan penelitian. Literatur yang digunakan untuk menunjang penelitian didapatkan dari sumber-sumber yang ada, meliputi text book, modul, jurnal

atau artikel ilmiah, laporan penelitian, tugas akhir, dan tesis terdahulu yang berhubungan dengan penelitian.

3.5 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan di PT. Kaltim Prima Coal. Data yang diambil adalah data 2 tahun terakhir yaitu tahun 2017 dan tahun 2018. Pengambilan data dilakukan sekitar pertengahan bulan Februari. Data Sekunder yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Data meteorologi.
Data meteorologi terdiri dari data tutupan awan, temperatur udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah angin, kecepatan angin, tinggi awan rendah (ceiling height), curah hujan, dan radiasi matahari. Data ini didapat dari www.ncdc.noaa.gov. Berikutnya diperlukan data input mengenai stasiun meteorologi tempat data meteorologi diambil. Informasi yang diperlukan antara lain adalah nama stasiun, no. ID stasiun, koordinat (garis lintang dan garis bujur), elevasi dasar stasiun dari atas permukaan laut (DPL), ketinggian alat pemantau arah dan kecepatan angin, serta ketinggian alat pemantauan temperatur udara.
- b. Peta wilayah studi
Data didapatkan dari *Google Earth* sesuai lokasi sampling di PT. Kaltim Prima Coal
- c. Data elevasi
Peta elevasi atau peta kontur dibutuhkan karena dalam peta dasar wilayah studi tidak terdapat data tersebut. Pengambilan data elevasi untuk wilayah studi didapat melalui situs www.webgis.com. Data elevasi dipilih sesuai koordinat yang sesuai dengan wilayah studi.
- d. Data emisi NO_x, SO₂, dan Partikulat
Data emisi polutan berupa NO_x, SO₂, dan partikulat didapat dari industri Batubara (PT. Kaltim Prima Coal). Data polutan merupakan data pengukuran dari tahun 2017 hingga 2018 yang dilakukan setiap 6 bulan sekali.
- e. Data sumber emisi
Dibutuhkan data sumber emisi berupa informasi mengenai bentuk, kecepatan udara, debit, ketinggian, diameter (apabila

berbentuk lingkaran) serta kordinat dari cerobong yang dimiliki oleh PT. Kaltim Prima Coal. Data emisi dari cerobong merupakan data pengukuran dari tahun 2017 hingga 2018.

3.6 Metode Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan data data sekunder. Dimana data sekunder yang terdiri dari data pengukuran emisi dua tahun terakhir (2017 dan 2018), data meteorologi di hari pengukuran emisi seperti kecepatan angin, arah angin, radiasi matahari, tutupan awan, suhu bola kering, tinggi awan terendah, curah hujan, tekanan dan kelembaban, data *Upper Air*, dan gambar elevasi. Setelah mengumpulkan data sekunder selanjutnya data kecepatan dan arah angin dioalah menggunakan *software WRPLOT* untuk mendapatkan arah angin dominan berupa *windrose*, data meteorologi dan *Upper Air Data* diolah menggunakan *software AERMET View* serta data laju emsi dan peta elevasi diolah menggunakan *AERMOD View* yang didalamnya terdapat *AERMAP* untuk memodelkan sehingga menghasilkan pola sebaran emisi (NO_x, SO₂, dan TSP). Adapun langkah pengolahan data sebagai berikut :

1. Pembuatan Windrose

Windrose atau mawar angin adalah sebuah penggambaran arah angin dan kecepatan dominan di suatu tempat pada waktu tertentu. *Windrose* ini disajikan dalam bentuk diagram dengan 10 arah mata angin. Untuk memperoleh *windrose* maka dibutuhkan data seperti kecepatan angin dominan dan arah angin terbanyak kemudian diolah dalam suatu *software* bernama *WRPLOT View*. Kecepatan angin yang digunakan yakni data perjam tiap semester di hari pengukuran dengan satuan m/s, sedangkan arah angin perjam tiap semester di hari pengukuran dinyatakan dalam derajat sesuai dengan pertambahan jarum jam untuk utara yang dituliskan dengan 360°, arah timur dengan 90°, arah selatan dengan 180°, dan arah barat dengan 270°. Hasil keluaran dari *WRPLOT View* yakni diagram *windrose* yang dibagi berdasarkan kecepatannya ke dalam beberapa warna. Adapun Langkah-langkah membuat *windrose* adalah sebagai berikut :

1. Mengolah Data Angin

Mengolah data kecepatan dan arah angin selama 24 jam pada *Microsoft Excel* 2013 dengan cara mengelompokkan

data berdasarkan tahun, bulan, tanggal, jam, arah, dan kecepatan.

2. Membuat SAMSON File

Pada *Tab Edit WRPLOT View* memilih menu *Import From Excel* lalu menginput data angin *excel* yang telah diolah kemudian mengatur dan menyesuaikan kolom berdasarkan pengelompokan tahun, bulan, tanggal, jam, arah, dan kecepatan. Selanjutnya mengisi data stasiun BMKG pada menu *Station Information* setelah itu memilih *Import* untuk menyimpan kedalam format SAMSON.

3. Membuat Windrose

Memasukkan file SAMSON yang telah dibuat dengan cara memilih menu *Add Files* kemudian pilih *Tab Wind Rose* untuk menampilkan diagram sebaran angin.

4. Mengatur Tampilan Windrose

Terdapat beberapa arah mata angin yakni 8, 10, 12, 16, 18, 20, 24, dan 36 kemudian mengatur arah tersebut sesuai yang diinginkan pada menu *Wind Direction* namun pada penelitian ini menggunakan 20 arah mata angin. Selanjutnya pada menu *Units* mengubah satuan menjadi m/s dan pada menu *Orientation* memilih *Flow Vector (blowing to)* hal ini mengindikasikan bahwa arah angin pada windrose “berhembus ke”.

5. Menghitung Kecepatan Rata-rata.

2. Pengolahan AERMET

Setelah data-data yang diperlukan pada telah dipenuhi, AERMET dapat dijalankan sehingga menghasilkan output berupa berkas yang memiliki format .SFC dan .PFL yang berguna untuk menjalankan AERMOD. Data input yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu diolah pada program Microsoft Excel dimana data tersebut disatukan ke dalam sebuah lembar kerja sehingga dapat diterima oleh perangkat lunak AERMET yang merupakan salah satu bagian untuk dapat menjalankan program AERMOD. Berikut merupakan **Tabel 3.1** berisi ketentuan format data input meteorologi pada AERMET.

Tabel 3.1 Format Data Meteorologi AERMET

Jenis Data	Kolom	Rentang yang Diizinkan	Nilai	Satuan
Tahun	A	-		-
Bulan	B	1 – 12		-
Tanggal	C	1 – 31		-
Jam	D	1 – 24		-
Tutupan Awan	E	0 – 10		Tenth
Temperatur Udara	F	-70 – 60		°C
Kelembapan Udara	G	0 – 100		%
Tekanan Udara	H	700 – 1.100		Mb
Arah Angin	I	0 – 360		Derajat
Kecepatan Angin	J	0 – 99		ms ⁻¹
Tinggi Rendah	AwanK	0 - 30.450		m
Curah Hujan	L	0 – 100		Mm
Radiasi Matahari	M	0 – 1.415		Whm ⁻²

Adapun penjabaran dari langkah-langkah untuk menjalankan AERMET View berdasarkan **Gambar 5**, yakni seperti berikut:

1. Mengolah Data Meteorologi dalam format *Microsoft Excel 2013*.
2. Menginput Data Meteorologi Format *Excel* untuk Membuat Data Samson Setelah membuat format excel selanjutnya data tersebut di-input ke dalam *software AERMET* untuk mengasilkan Data Samson dengan format *.SAM*. Setelah mengerjakan data meteorologi selanjutnya perlu juga menginput data mengenai stasiun tempat mengambil data meteorologi. Adapun data yang diperlukan mengenai stasiun meteorologi yakni nama stasiun, no. ID stasiun, koordinat (garis lintang dan garis bujur), elevasi dasar stasiun dari atas permukaan laut (DPL), ketinggian alat pemantau arah dan

kecepatan angin, serta ketinggian alat pemantauan temperatur udara.

3. Mengolah *Hourly Surface Data tab*
Tab ini diisi dengan Data Samson yang telah disimpan ke dalam format file .SAM.
4. Mengolah *Sectors and Surface Parameter tab*
Dalam *tab* ini wilayah studi akan dibagi ke dalam 8 kuadran berdasarkan pola penggunaan lahan dengan masing-masing kuadran yang perlu dilengkapi dengan nilai *albedo*, *bowen ratio*, dan *surface roughness*. Acuan untuk nilai parameter bagi setiap jenis lahan telah disediakan AERMET.
5. *Running AERMET*
Setelah data-data yang diperlukan pada telah dipenuhi, AERMET dapat dijalankan sehingga menghasilkan output berupa berkas yang memiliki format .SFC dan .PFC yang berguna untuk menjalankan AERMOD.

3. Pengolahan AERMOD

Pengoperasian AERMOD untuk menentukan simulasi dispersi dari polutan NO_x, SO₂ dan TSP dapat dilakukan. Berikut akan dijelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan AERMOD.

1. Memulai AERMOD
Untuk memulai suatu proyek simulasi dispersi, pilih opsi *New* dari menu *Toolbar* sehingga akan muncul sebuah jendela bernama *New Project Wizard*. Pada jendela ini diperlukan pengisian informasi berupa nama proyek, pembuatan folder proyek dan penentuan lokasi penyimpanan folder.
2. Menentukan Sistem Koordinat, Datum dan Titik Acuan
Koordinat sistem yang akan digunakan dalam simulasi dispersi ini dipilih dengan skala *Universal Transverse Mercator* (UTM). Datum yang dipakai berdasar pada *World Geodetic System 1984* dengan zona *50 North*. Posisi titik acuan yang digunakan adalah *center*. Pada titik tersebut dimasukkan nilai koordinat dari sumber emisi dan *site domain* dalam radius 15 km ke arah sumbu-x dan sumbu-y.
3. Memasukkan Data Sumber Emisi
Karena sumber emisi pada penelitian ini merupakan sebuah cerobong, maka pada jendela *Source Input* tipe sumber emisi yang dipilih adalah titik atau *point*. Kemudian dilengkapi informasi untuk bagian *source location* berupa koordinat (x,y),

elevasi dasar (m) dan ketinggian cerobong (m) serta untuk bagian *source release parameters* berupa laju emisi (g/s), temperatur gas keluar (C), diameter bagian dalam cerobong (m), kecepatan gas buang (m/s) dan debit gas keluar (m³/s).

4. Memasukkan Data Meteorologi

Data meteorologi yang diinput dalam bentuk .SFC dan .PFC berasal dari data yang telah diolah sebelumnya dengan menggunakan AERMET. Pada bagian *Met Station* dilengkapi informasi mengenai ID, nama, dan koordinat stasiun pemantau meteorologi.

5. Menentukan Reseptor

Reseptor adalah lokasi persebaran polutan yang berasal dari sumber emisi dengan nilai konsentrasi tertentu. Digunakan reseptor tipe *Uniform Cartesian Grid* (UCART1). Informasi yang harus dilengkapi adalah koordinat sumber, ukuran grid, jumlah grid serta dimensi dari wilayah studi.

6. Pengoperasian *Terrain Processor* pada AERMAP

Peta elevasi yang berformat SRTM yang telah diperoleh dari situs www.webgis.com di-input ke dalam AERMAP terhubung dengan AERMOD sehingga dapat dihasilkan output berupa peta dasar yang telah memiliki data elevasi. Untuk setiap koordinat wilayah studi, kontur ketinggian dibagi berdasarkan warna. Dalam penelitian ini digunakan *Flat and Elevated terrain* karena wilayah studi diketahui memiliki kontur permukaan tanah yang datar dan berkontur. Setelah itu dapat merunning AERMAP.

7. Menentukan *Control Pathway*

Pada jendela *Control Pathway* terdapat beberapa informasi yang harus dilengkapi, berikut merupakan penjelasan bagian secara lebih detail.

- Untuk *Dispersion Option* pada bagian *Output* dipilih opsi berbentuk nilai konsentrasi polutan. Kemudian pada *Non-Default Option* pilih *Flat and Elevated*.
- Jenis polutan untuk simulasi dispersi dapat ditentukan pada bagian *Pollutant Averaging*. Jenis polutan yang tersedia adalah SO₂, NO₂, CO, PM10, PM2,5, TSP dan lainnya dapat dipilih sesuai yang diinginkan. Untuk waktu penyebaran dapat dipilih sesuai dengan rentang yang diinginkan. Biasanya waktu pengukuran dipilih

berdasarkan baku mutu yang ditetapkan. Pada penelitian ini akan di pilih waktu selama 24 jam berdasarkan PP. No. 41 tahun 1999.

- Pada bagian *Terrain Options* dipilih mode *flat and elevated terrain*

8. *Running* AERMOD

Ketika seluruh data yang diinput telah sesuai dengan format yang ditentukan, maka program AERMOD siap untuk dijalankan (*running*). Dipilih menu *Run* dan akan keluar jendela *Project Status* yang menampilkan ringkasan dari data yang telah diinput untuk memeriksa kembali kesesuaian semua berkas sebelum program dijalankan. *Output* yang dihasilkan berupa simulasi penyebaran polutan yang tergambar pada peta dasar dengan garis isokonsentrasi serta warna yang berbeda untuk tiap rentang konsentrasi.

3.7 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif yakni mendesripsikan hasil pengukuran emisi dan hasil keluaran dari pengolahan data pada beberapa *software* yang digunakan. Adapun hasil keluaran yang dianalisis diantaranya adalah:

1. Hasil pengukuran emisi PLTU PT. Kaltim Prima Coal tiap semester : menganalisis emisi yang keluar dari cerobong dengan cara membandingkan dengan Baku Mutu yang diperuntukan.
2. *Windrose* atau mawar angin : menganalisis arah angin dominan sehingga dapat diketahui sebaran polutan dominan ke arah mana dari sumber .
3. Isopleth konsentrasi : Pola sebaran emisi dari cerobong asap PLTU PT. Kaltim Prima Coal yang diperoleh dari hasil pengolahan laju emisi dan pengolahan AERMET, lalu di-*input* kedalam *software* AERMOD yang didalamnya terdapat pengolahan AERMAP. Kemudian menganalisis hasil keluaran dari AERMOD berupa peta isopleth yang memperlihatkan pola sebaran konsentrasi polutan berdasarkan perbedaan warna.
4. Grafik antara konsentrasi dan jarak : menganalisis jarak konsentrasi maksimum dari sumber sehingga kita dapat mengetahui dimana letak akumulasi polutan terjadi.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum PLTU PT. Kaltim Prima Coal

PT. Kaltim Prima Coal Sangatta memiliki lima unit PLTU yang menghasilkan daya masing-masing sebesar 13 MW. Bahan bakar yang digunakan adalah HSD (*High Speed Diesel*) dan MFO (*Marine Fuel Oil*) dimana bahan bakar HSD digunakan sebagai starter awal selama 15 menit dan selanjutnya diganti menggunakan MFO. Kedua bahan bakar ini sangat berperan dalam emisi yang dihasilkan, menurut Cahyadi (2013) hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik dengan proses pembakaran. Kemudian dalam proses pembakaran memiliki hasil sampingan yaitu emisi gas (SO₂ dan NO₂) dan partikulat.

Cerobong asap pada PLTU PT. Kaltim Prima Coal berbentuk lurus vertikal memiliki nilai kecepatan alir dan temperatur yang tidak tetap. Kecepatan alir diperoleh dari Lembar Hasil Pemantauan Emisi Boiler 2017 dan 2018. Pada PLTU PT. Kaltim Prima Coal memiliki spesifikasi cerobong pada **Tabel 4.1** dibawah ini dan posisi letak cerobong pada Gambar 4.1

Tabel 4.1 Tabel Spesifikasi Cerobong PLTU PT. Kaltim Prima Coal

Cerobong	Koordinat UTM (m)		Tinggi Cerobong (m)	Diameter Cerobong (m)	Suhu (K)	Kecepatan alir (m/s)
	X	Y				
TA 101	570714	59635,1	34	1,67	341	11,5
TA 102	570704	59634,7	34	1,67	341	13,9
TA 103	570611	59699,4	45	1,77	573	12,8
TA 104	570584	59696,6	45	1,77	573	15,1
TA 105	570552	59697,9	45	1,77	573	13,7

Sumber : Hasil Beban Emisi Cerobong, 2018



Gambar 4.1 Posisi Cerobong TA 101, TA 102, TA 103, TA 104, dan TA 105

4.2 Hasil Laju Emisi

Laju emisi adalah satuan massa polutan yang dilepaskan per satuan waktu. Setelah memperoleh nilai laju emisi maka nilai tersebut akan diinput ke dalam *software* AERMOD. Kemudian dalam menjalankan model dalam AERMOD View membutuhkan nilai debit yang diperoleh dari hasil perhitungan, namun pada *software* AERMOD nilai debit terhitung secara otomatis. Sehingga hanya perlu menginput data diameter (m) cerobong dan kecepatan gas buang (m/s). Adapun hasil perhitungan laju emisi tiap tahun dan rata-rata debit yang akan dimasukkan ke dalam AERMOD dapat dilihat pada **Tabel 4.7** di Lampiran dan **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Tabel rata-rata laju emisi

		Total Partikulat (g/s)	SO ₂ (g/s)	NO _x (g/s)
TA 101	Total	0,61	9,36	14,16
	Rata-rata	0,30	4,68	7,08
TA 102	Total	0,72	4,37	17,47
	Rata-rata	0,36	2,18	8,73

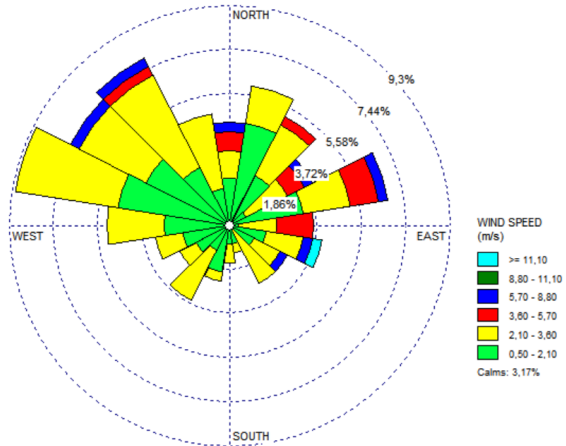
TA 103	Total	1,14	11,72	17,2
	Rata-rata	0,57	5,86	8,61
TA 104	Total	0,26	8,43	5,25
	Rata-rata	0,13	4,21	2,62
TA 105	Total	0,6	5,6	7,03
	Rata-rata	0,3	2,8	3,515

Sumber : Hasil Pemantauan PT. Kaltim Prima Coal, 2018

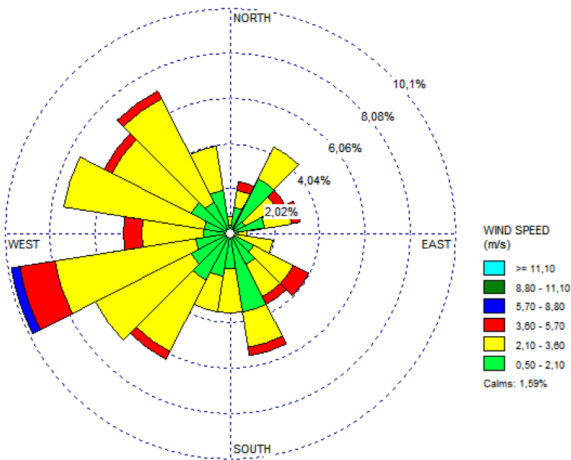
4.3 Hasil Windrose

Windrose atau mawar angin adalah sebuah penggambaran arah angin dan kecepatan dominan di suatu tempat pada waktu tertentu. Setelah mengolah data kecepatan dan arah angin pada *software WRPLOT* kemudian hasil *windrose* yang diperoleh akan dibandingkan dengan isopleth hasil pemodelan pada *software AERMOD*. Pada diagram *windrose*, kecepatan angin diklasifikasikan ke dalam beberapa warna berdasarkan tingkat kecepatan angin yakni warna hijau muda untuk rentang kecepatan 0,5 – 2,1 m/s, kuning untuk rentang kecepatan 2,1 – 3,6 m/s, merah untuk rentang kecepatan 3,6 – 5,7 m/s, biru tua untuk rentang kecepatan 5,7 – 8,8 m/s, hijau tua untuk rentang kecepatan 8,8 – 11 m/s, dan biru muda ≥ 11 m/s.

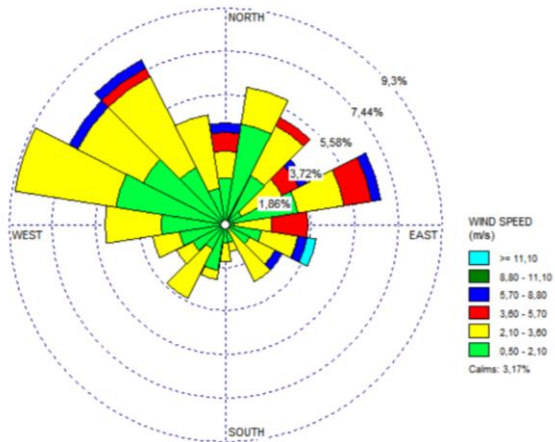
Berdasarkan hasil yang dari WRPLOT, didapatkan bahwa arah angin dominan rata-rata adalah dari arah timur ke barat, arah angin dominan pada bulan Mei-November adalah dari arah timur ke barat dengan kecepatan rata-rata 4,3 m/s, dan arah angin dominan pada bulan Desember-April adalah dari arah timur ke barat dengan kecepatan rata-rata 8,11 m/s.



Gambar 4.2 Windrose Musim Rata-rata Tahun 2017-2018



Gambar 4.3 Windrose Bulan Mei-November Tahun 2017-2018



Gambar 4.4 Windrose Bulan Desember-April Tahun 2017-2018

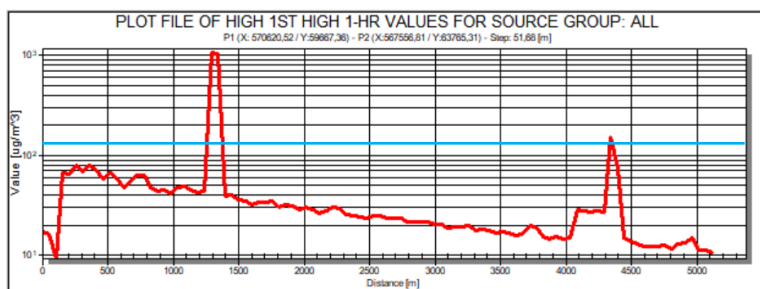
4.4 Sebaran Emisi di Sekitar Kawasan Industri

Pada sub-bab ini menjelaskan hasil pemodelan AERMOD tiap musim dalam bentuk isopleth konsentrasi dimana tingkatan konsentrasi diinterpretasikan ke dalam beberapa tingkatan warna. Selain itu pada sub-bab ini juga menjelaskan grafik antara konsentrasi dan jarak hasil pemodelan tiap semester.

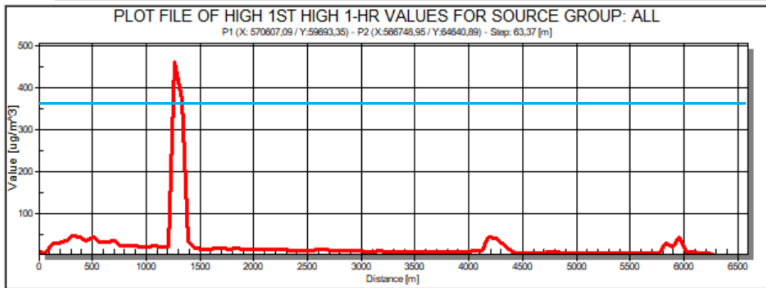
Perbedaan arah angin pada periode bulan Desember-April dan periode bulan November-April mengakibatkan adanya perbedaan wilayah penerima sebaran emisi. Hasil running AERMOD pada periode bulan Desember-April dan periode bulan Mei-November menghasilkan nilai konsentrasi sebaran NO_x, SO₂, dan TSP yang berbeda di setiap titik penerima. Hasil analisis meteorologi pada periode bulan Desember-April didapatkan angin bergerak dari timur ke barat dengan rata-rata kecepatan 8,11 m/s dan suhu lingkungan adalah 84 F. Sehingga titik penerima sebaran emisi berada di sebelah barat wilayah industri. Sedangkan hasil analisis meteorologi pada periode bulan Mei-November didapatkan bahwa angin bergerak dari timur ke barat dengan rata-rata kecepatan 4,3 m/s dan suhu lingkungan adalah 83 F. Sehingga titik penerima sebaran emisi berada di sebelah barat wilayah industri.

Sisi barat wilayah industri sebagian besar wilayah hutan dan timur wilayah industri sebagian besar merupakan wilayah laut dengan ketinggian muka tanah yang berbeda. Wilayah pemukiman terletak cukup jauh dari sumber emisi. Perbedaan nilai konsentrasi sebaran emisi dari setiap titik sumber pada periode bulan Desember-April dan periode bulan Mei-November dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.

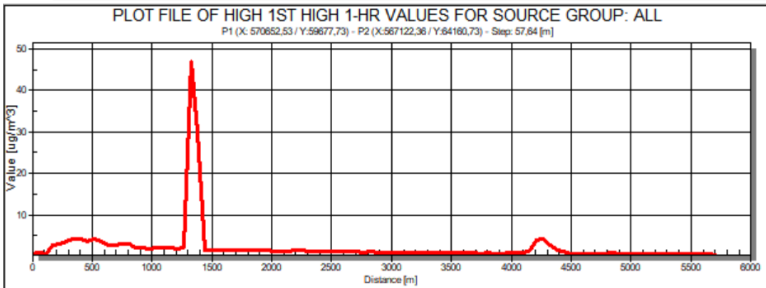
Hasil analisis grafik sebaran pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa sebaran emisi antara periode bulan Mei-November dan periode bulan Desember-April serta ketinggian titik penerima yang bervariasi menghasilkan nilai konsentrasi yang berbeda pada setiap titik penerima. Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa konsentrasi pencemar yang diterima oleh titik penerima pada periode bulan Desember-April dari setiap titik sumber cenderung lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi pencemar yang diterima oleh titik penerima pada periode bulan Mei-November. Hal ini disebabkan karena perbedaan faktor cuaca yang meliputi suhu, kecepatan angin dan penyinaran matahari yang berbeda antara bulan Mei-November dan kemarau. Faktor cuaca berpengaruh terhadap penentuan kelas stabilitas yang digunakan sebagai koefisien dalam perhitungan model. Selain itu ketinggian titik penerima dari muka tanah juga terdapat perbedaan antara wilayah penerima emisi periode bulan Mei-November (sisi barat industri) dan penerima emisi periode bulan Desember-April (sisi barat industri). Grafik yang fluktuatif disebabkan karena akumulasi dari semua cerobong yaitu TA 101, TA 102, TA 103, TA 104, dan TA105. Selain itu karena elevasi tanah di daerah Kalimantan Timur yang beragam sehingga emisi yang dihasilkan beragam.



(a) Grafik antara Konsentrasi NO_x dan Jarak

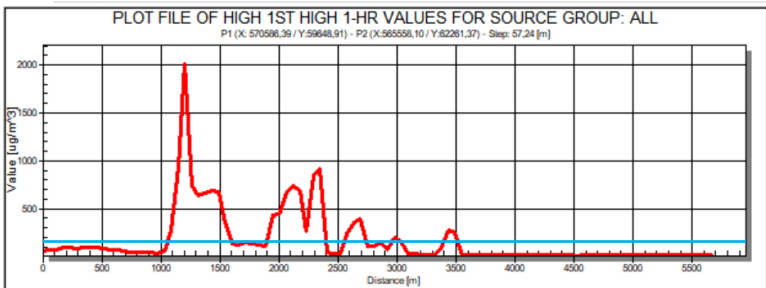


(b) Grafik antara Konsentrasi SO₂ dan Jarak

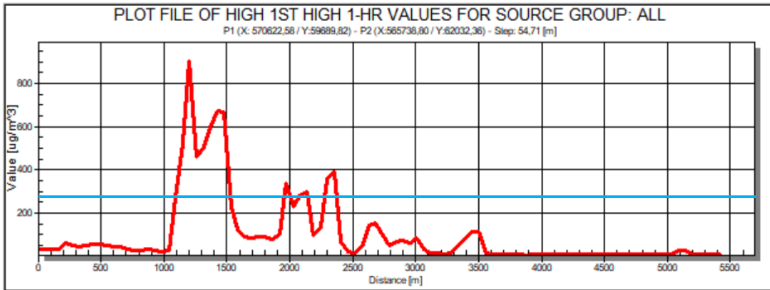


(c) Grafik antara Konsentrasi TSP dan Jarak

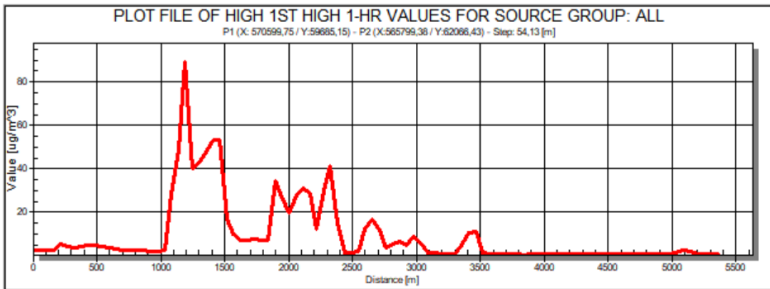
Gambar 4.5 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Desember-April



(a) Grafik antara Konsentrasi NO_x dan Jarak



(b) Grafik antara Konsentrasi SO₂ dan Jarak



(c) Grafik antara Konsentrasi TSP dan Jarak

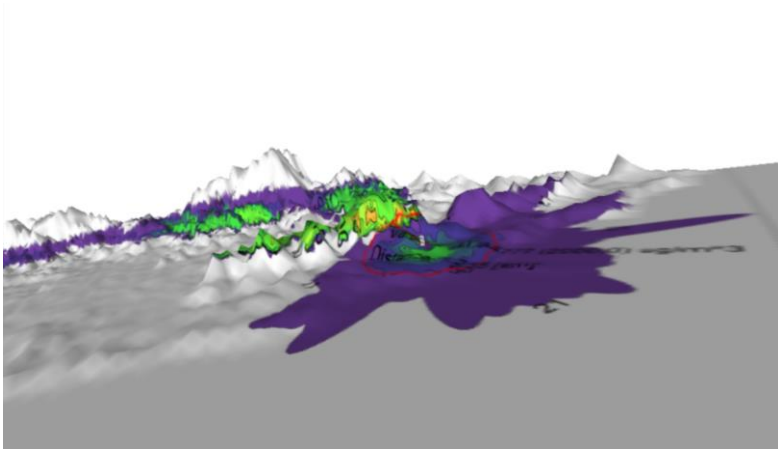
Gambar 4.6 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Mei-November

Berdasarkan Gambar 4.4 Konsentrasi maksimum NO_x pada periode bulan Desember-April adalah 1116 µg/m³ dengan jarak 1,3 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum SO₂ pada bulan Desember-April adalah 491,4 µg/m³ dengan jarak 1,3 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum TSP pada bulan Desember-April adalah 47,14 µg/m³ dengan jarak 1,3 kilometer dari sumber.

Berdasarkan Gambar 4.5 Konsentrasi maksimum NO_x pada bulan Mei-November adalah 2152 µg/m³ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum SO₂ pada bulan Mei-November adalah 935 µg/m³ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum TSP pada bulan Mei-

November adalah $90,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber.

Dapat dilihat dari hasil yang didapatkan, semua grafik menunjukkan konsentrasi terbesar rata-rata pada jarak 1,2 km -1,3 km dari sumber. Hal ini dikarenakan pada jarak tersebut elevasi tanah tinggi sehingga konsentrasi berkumpul dan menyebabkan konsentrasi maksimum. Ketinggian elevasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Isopleth rata-rata 3D

Kapasitas emisi dari setiap kegiatan industri sangat tergantung pada beban emisi yang dihasilkan dalam setiap proses produksi. Emisi yang keluar dari cerobong langsung terdispersi sehingga mengalami penurunan konsentrasi kemudian terus meningkat hingga mencapai puncak pertama dengan konsentrasi maksimum. Setelah itu konsentrasi akan terus mengalami penurunan hingga pada radius rata-rata 15 km.

4.5 Kontur Konsentrasi Sebaran Emisi NO_x, SO₂, dan TSP

Berdasarkan hasil model konsentrasi NO_x, SO₂, dan TSP, dari dua periode waktu yakni bulan Mei-November dan bulan Desember-April menghasilkan nilai konsentrasi sebaran konsentrasi di udara ambien yang berbeda pada setiap titik penerima. Hal ini disebabkan oleh faktor meteorologi dan relief

area penerima emisi yang berbeda. Pada bulan Mei-November diketahui bahwa konsentrasi pencemar di udara ambien pada titik penerima dengan ketinggian 1,5 meter dari muka tanah rata-rata memiliki nilai lebih tinggi dengan arah angin bergerak menuju ke timur. Sebaran NO_x pada bulan Mei-November menghasilkan konsentrasi tertinggi pada titik koordinat (569527 m; 60223 m), elevasi 62 m dengan konsentrasi 2152 µg/m³. Sedangkan konsentrasi SO₂ tertinggi di udara ambien adalah 935 µg/m³ pada titik koordinat (569527 m; 60223 m) dan elevasi 62 m. Konsentrasi TSP tertinggi di udara ambien adalah 90,4 µg/m³ pada titik koordinat (569527 m; 60223 m) dan elevasi 62 m. Konsentrasi emisi tertinggi jatuh pada area yang masih berada dalam wilayah industri. Gambar kontur dispersi NO_x bulan Mei-November dapat dilihat pada Gambar 4.7, dispersi SO₂ pada Gambar 4.8, dan dispersi TSP pada Gambar 4.9.

Sebaran konsentrasi debu di ambien pada bulan Desember-April memiliki nilai konsentrasi lebih kecil dibandingkan dengan bulan Mei-November. Pada bulan Desember-April angin bergerak ke arah barat, relief muka tanah pada sisi sebelah barat sumber emisi berbeda dengan sisi sebelah timur yang merupakan area penerima sebaran debu pada bulan Mei-November. Sehingga perbedaan konsentrasi sebaran debu di ambien selain dipengaruhi faktor meteorologi juga ketinggian titik penerima di area masing-masing.

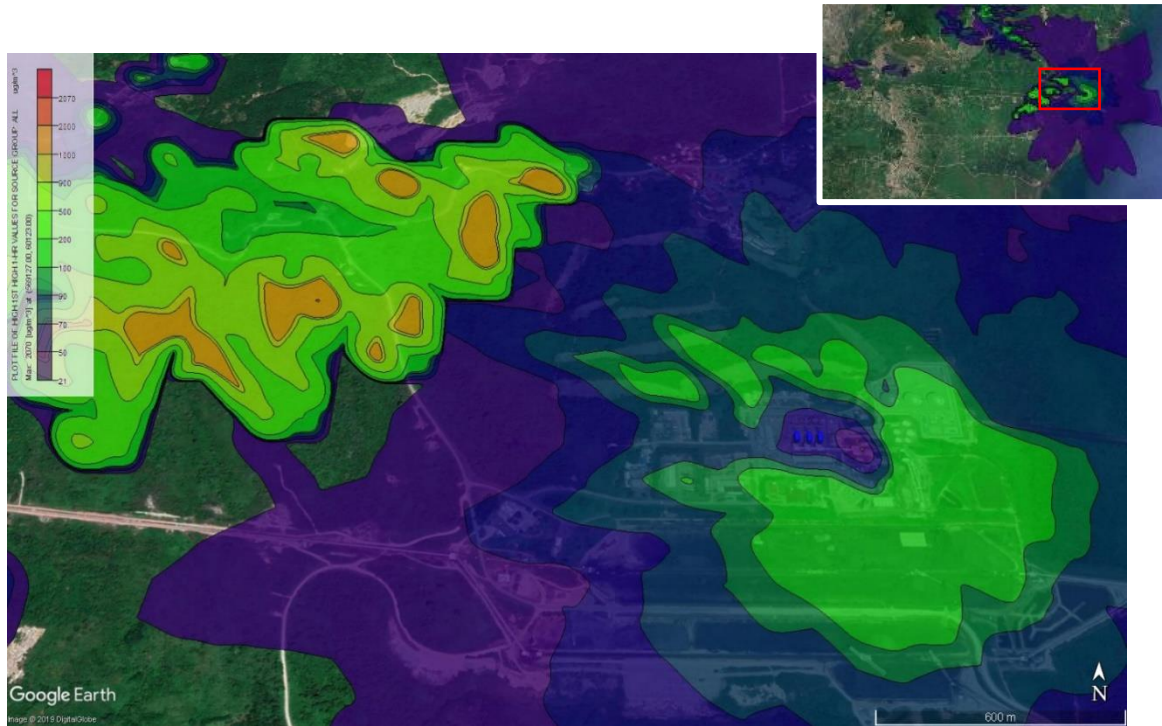
Sebaran NO_x pada bulan Desember-April menghasilkan konsentrasi tertinggi pada titik koordinat (569827 m; 60723 m) dan elevasi 64 m dengan konsentrasi 1116 µg/m³. Sedangkan konsentrasi SO₂ tertinggi di udara ambien adalah 491,4 µg/m³ pada titik koordinat (569827 m; 60723 m) dan elevasi 64 m. Konsentrasi TSP tertinggi di udara ambien adalah 47,14 µg/m³ pada titik koordinat (569827 m; 60723 m) dan elevasi 64 m. Konsentrasi emisi tertinggi jatuh pada area yang masih berada dalam wilayah industri. Gambar kontur dispersi NO_x bulan Desember-April dapat dilihat pada Gambar 4.10, dispersi SO₂ pada Gambar 4.11, dan dispersi TSP pada Gambar 4.12.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 Baku Mutu Emisi Ambien yang telah ditetapkan yakni 150 µg/Nm³ untuk NO_x, 365 µg/Nm³ untuk SO₂, dan 230 µg/Nm³ untuk TSP. Sedangkan hasil perhitungan model menunjukkan total

konsentrasi tertinggi NO_x, SO₂, dan TSP pada bulan Mei-November dan kemarau masih diatas baku mutu udara ambien. Konsentrasi yang melebihi baku mutu terjadi pada jarak rata-rata 1-2 km, sehingga pada jarak tersebut perlu dilakukan perlakuan khusus untuk menurunkan konsentrasi emisi agar tidak melebihi baku mutu. Kemudian jarak setelahnya sudah dibawah baku mutu.

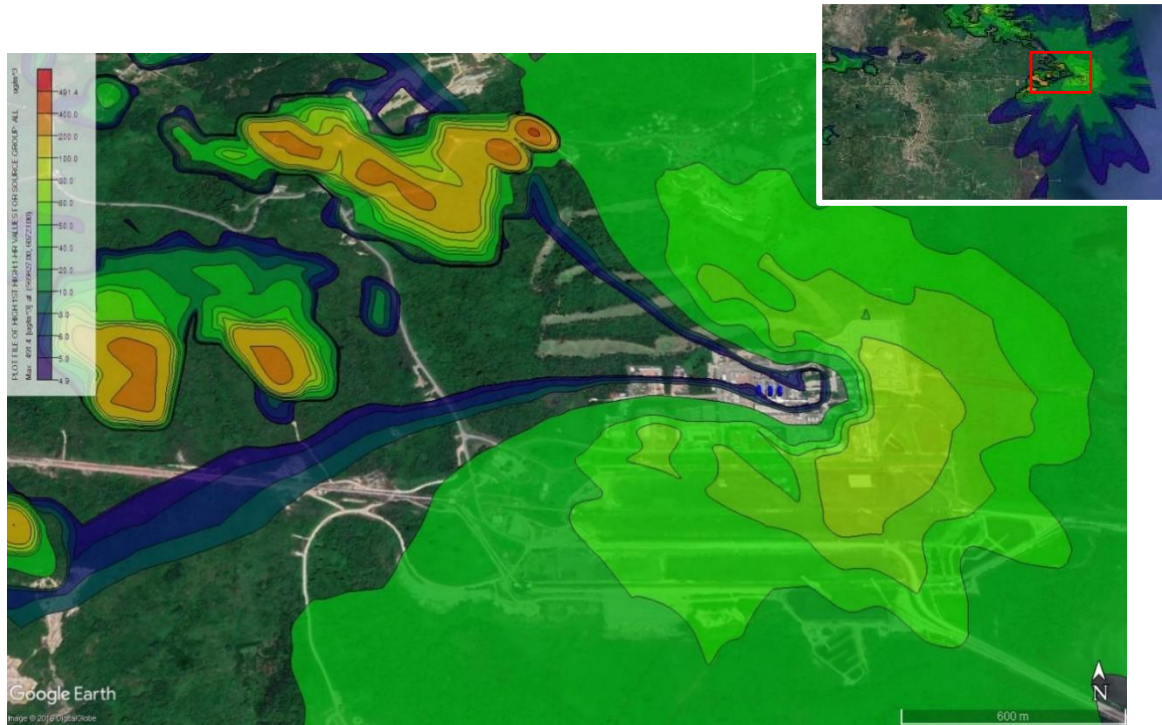
Gambar kontur dispersi hasil *overlay* dengan peta dari Google Earth dapat dilihat bahwa sebagian besar konsentrasi NO_x, SO₂, dan TSP jatuh di wilyah sekitar industri. Penggambaran kontur konsentrasi debu di udara ambien menggunakan software AERMOD View. Skala konsentrasi pada gambar kontur digambarkan melalui gradasi warna. Konsentrasi rendah hingga tinggi digambarkan dengan warna ungu tua hingga warna merah. Skala warna digunakan untuk mempermudah pembacaan gambar. Titik berwarna merah merupakan titik sumber emisi. Setiap cerobong menghasilkan gambar kontur konsentrasi yang berbeda dalam luasanya. Hal ini dikarenakan sebaran pencemar yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi dan ketinggian dari masing-masing titik penerima. Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9 merupakan gambar kontur akumulasi konsentrasi pencemar yang dihasilkan dari seluruh cerobong industri batubara pada rata-rata bulan Mei-November, sedangkan Gambar 4.10, Gambar 4.11, dan Gambar 4.12 merupakan gambar kontur akumulasi konsentrasi debu yang dihasilkan dari seluruh cerobong industri batubara pada rata-rata bulan Desember-April.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



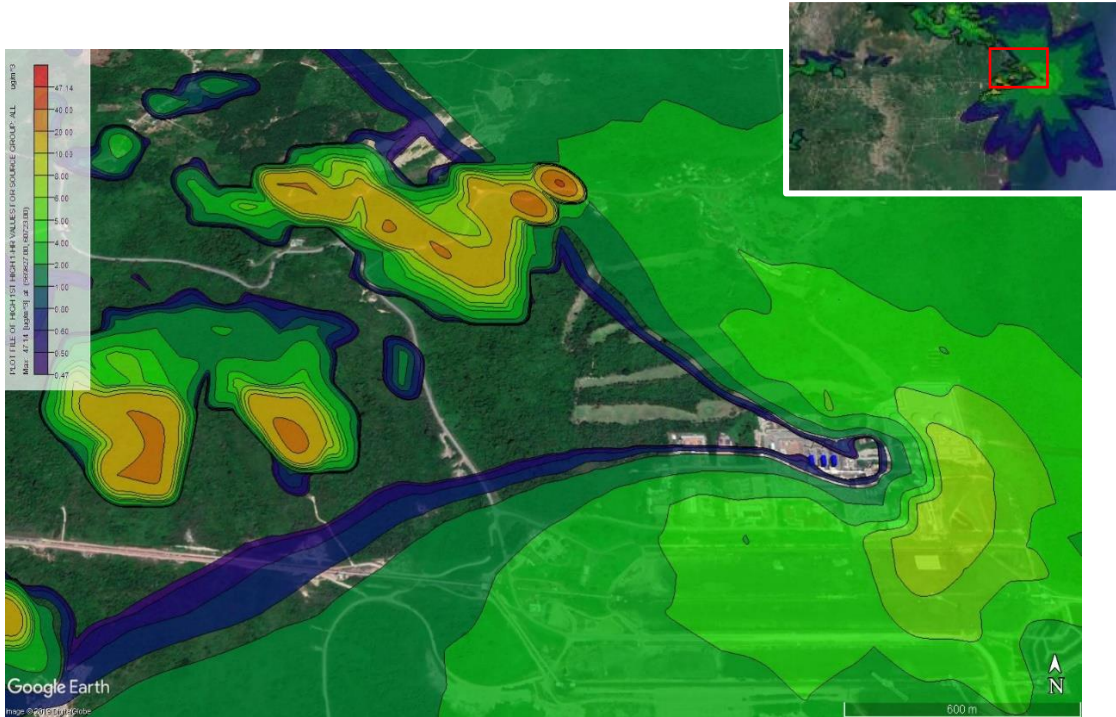
Gambar 4.8 Isoplet NOx Periode Bulan Mei-November

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



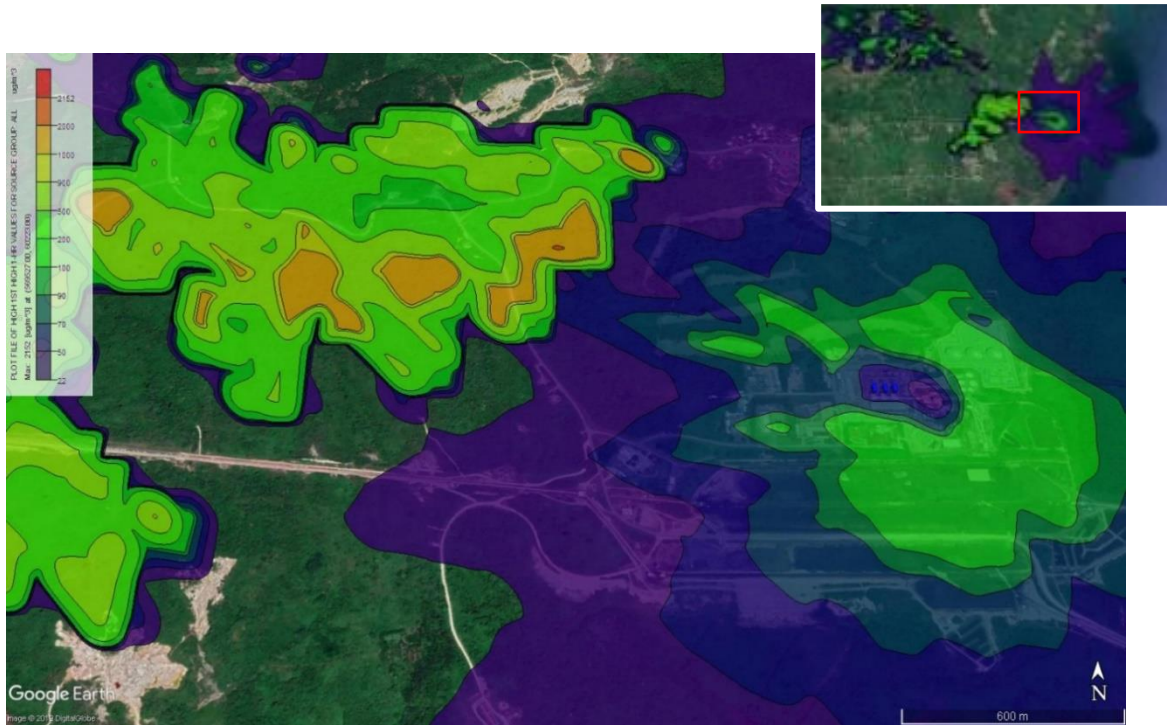
Gambar 4.9 Isopleth SO₂ Periode Bulan Mei-November

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



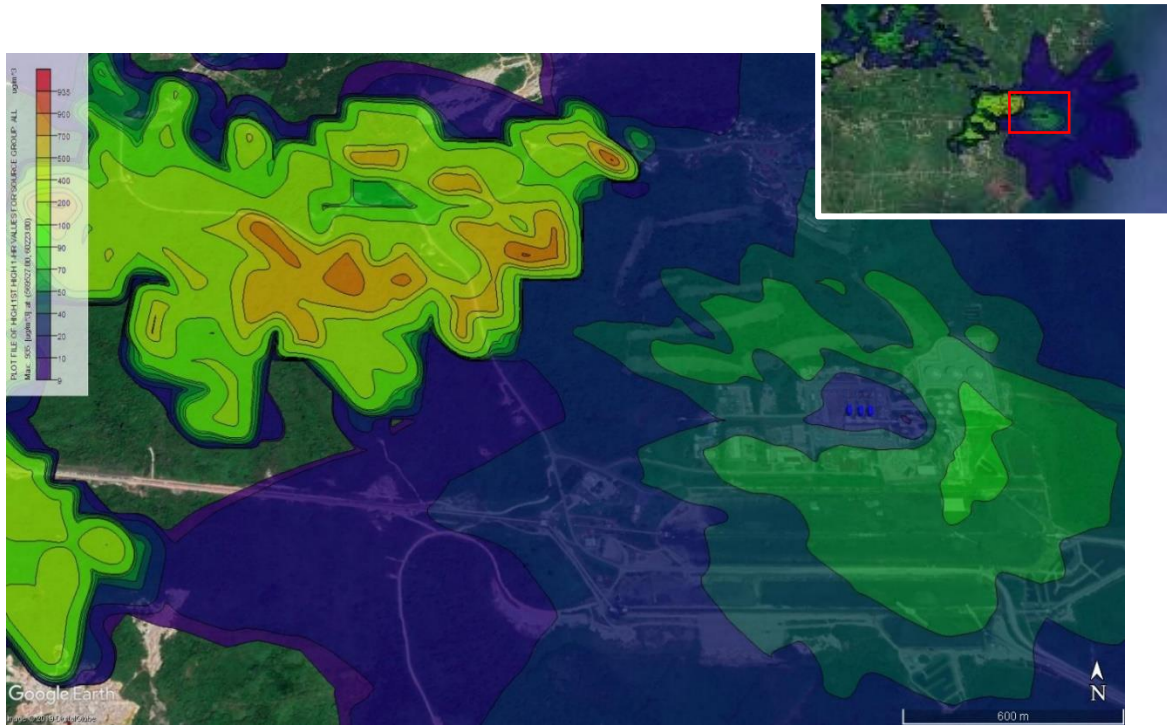
Gambar 4.10 Isopleth TSP Periode Bulan Mei-Novembe

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



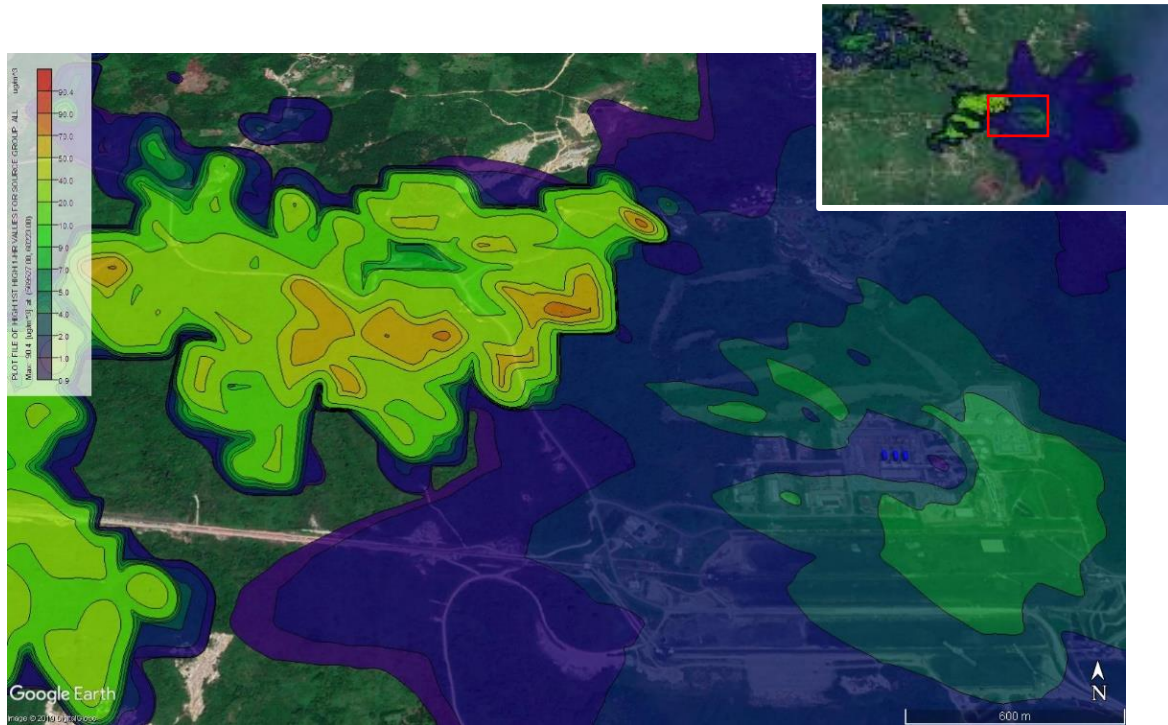
Gambar 4.11 Isoplet NOx Periode Bulan Desember-April

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 4.12 Isopleth SO₂ Periode Bulan Desember-April

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 4.13 Isoplet TSP Periode Bulan Desember-April

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Berdasarkan gambar isopleth hasil pemodelan seluruh semester yang telah dijelaskan di atas dapat diketahui bahwa pola sebaran polutan NO_x, SO₂ maupun TSP sesuai dengan arah angin dominan yang tergambarakan pada *windrose*.

Dari hasil isopleth dapat direkomendasikan sebagai wilayah pemukiman terletak di sisi barat daya dari titik sumber yang sudah sesuai dengan kondisi lapangan. Karena pada daerah tersebut konsentrasi pencemar minimum.

Penelitian oleh Ancilla (2014) juga menyatakan bahwa faktor terpenting dalam pembentukan pola isopleth adalah kecepatan dan arah angin hal ini dikarenakan angin dengan kecepatan tinggi akan membawa polutan tersebar secara luas, sedangkan angin dengan kecepatan rendah (*calm wind*) membuat konsentrasi polutan yang dihasilkan menjadi tinggi pada lokasi tertentu kemudian pola sebaran akan mengikuti arah angin dominan yang terjadi berdasarkan *windrose*.

4.6 Verifikasi dengan Data Pemantauan Ambien

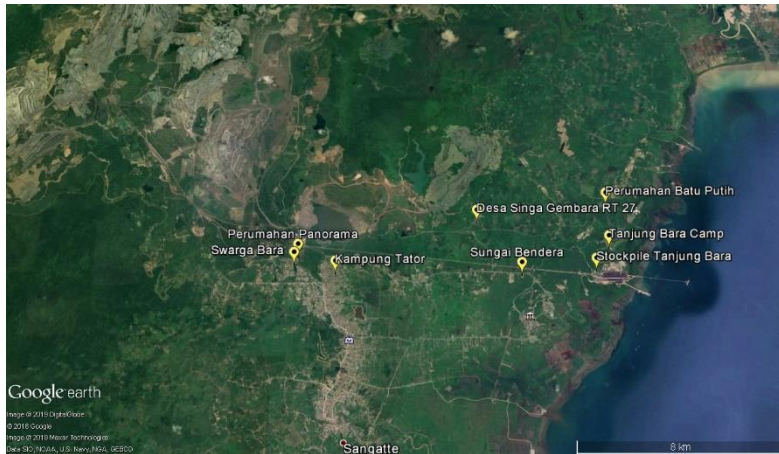
Verifikasi model dilakukan dengan membandingkan antara hasil model AERMOD dengan pengukuran udara ambien di lapangan. Pengambilan sampel udara ambien dilakukan di beberapa titik sekitar wilayah industri. Jumlah titik sampling ada 9 (sembilan) titik yang bertepatan dengan arah angin. Hal ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh dari emisi yang berasal dari sumber cerobong. Lokasi titik sampling dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.13.

Tabel 4.2 Lokasi Titik Pemantauan Udara Ambien

NO	Lokasi Pemantauan	Titik koordinat (UTM)	
		X	Y
1	Tanjung Bara Camp	570411	60365
2	Perumahan Batu Putih	570410	62207
3	Kampung Tator	559098	59320
4	Swarga Bara	557398	59688
5	Perumahan Panorama	557552	60026

6	Desa Mukti Jaya	533659	65520
7	Sungai Bendera	566763	59259
8	Desa Singa Gembara RT27 (Rumah Potong Hewan)	564970	61470
9	Stockpile Tanjung Bara	569823	59321

Sumber : Hasil Monitoring Industri



Gambar 4.14 Lokasi Pemantauan Udara Ambien PT. Kaltim Prima Coal

Membandingkan antara hasil model AERMOD dengan pengukuran udara ambien di lapangan menggunakan data meteorologi pada waktu yang sama dengan dilakukannya monitoring di lapangan (validasi real time). Pengambilan sampel dilakukan tanggal 22 Februari 2018 hingga 31 Februari. Hasil model AERMOD dari seluruh titik sumber pada titik penerima kemudian dibandingkan dengan hasil monitoring sesuai koordinat pada lokasi pemantauan. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.3, Tabel 4.4, dan Tabel 4.5.

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Model AERMOD dengan Kualitas Udara Ambien Konsentrasi NOx

Lokasi Pemantauan	Hasil Model Konsentrasi NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hasil Pemantauan Konsentrasi NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Selisih Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tanjung Bara Camp	6,74	9,97	3,23
Perumahan Batu Putih	0,84	6,90	6,06
Kampung Tator	2,99	22,29	19,30
Swarga Bara	2,57	7,20	4,63
Perumahan Panorama	2,03	31,93	29,90
Desa Mukti Jaya	1,70	6,90	5,20
Sungai Bendera	0,37	6,90	6,53
Desa Singa Gembara RT27 (Rumah Potong Hewan)	0,29	6,90	6,61
Stockpile Tanjung Bara	8,84	9,61	0,77

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Model AERMOD dengan Kualitas Udara Ambien Konsentrasi SO₂

Lokasi Pemantauan	Hasil Model Konsentrasi SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hasil Pemantauan Konsentrasi SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Selisih Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tanjung Bara Camp	5,50	23,82	18,32
Perumahan Batu Putih	1,29	23,82	22,53

Kampung Tator	0,27	23,82	23,55
Swarga Bara	0,26	23,82	23,56
Perumahan Panorama	0,31	32,82	32,51
Desa Mukti Jaya	1,39	23,82	22,43
Sungai Bendera	0,24	23,82	23,58
Desa Singa Gembara RT27 (Rumah Potong Hewan)	0,19	23,82	23,63
Stockpile Tanjung Bara	5,61	23,82	18,21

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Model AERMOD dengan Kualitas Udara Ambien Konsentrasi TSP

Lokasi Pemantauan	Hasil Model Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hasil Pemantauan Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Selisih Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tanjung Bara Camp	3,89	65,35	61,46
Perumahan Batu Putih	1,40	57,94	56,54
Kampung Tator	0,02	104,18	104,16
Swarga Bara	0,01	78,63	78,62
Perumahan Panorama	0,00	81,28	81,28
Desa Mukti Jaya	0,04	43,43	43,39
Sungai Bendera	0,09	72,88	72,79
Desa Singa Gembara RT27 (Rumah Potong Hewan)	1,65	55,79	54,14
Stockpile Tanjung Bara	2,84	82,94	80,10

Berdasarkan Tabel 4.3, Tabel 4.4, dan Tabel 4.5 diketahui bahwa terdapat selisih antara hasil model AERMOD dan konsentrasi ambien aktual dari dari setiap titik. Kondisi aktual memiliki nilai konsentrasi jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil model AERMOD, dikarenakan konsentrasi tertinggi pada model terletak di titik dengan elevasi tinggi, sehingga konsentrasi pencemar terakumulasi pada titik tersebut dan sisa konsentrasi yang terdispersi sedikit. Selain itu dalam perhitungan model konsentrasi hanya berasal dari sumber cerobong saja tanpa memperhatikan aktivitas yang lain seperti debu jalan, asap kendaraan bermotor dan emisi *fugitive* lainnya. Hasil selisih juga disebabkan karena data meteorologi yang digunakan adalah data BMKG Tembung Samarinda, bukan data meteorologi pada lokasi asli yaitu kota Sangatta serta dalam pemodelan ini arah angin di garis Khatulistiwa dianggap tidak mengalami perubahan, kurang memperhatikan perubahan arah angin sesaat sehingga dimungkinkan adanya persebaran.

4.7 Hasil Pemodelan AERMOD pada Kondisi *Start Up*

Untuk mendapatkan nilai emisi pada saat kondisi *Start Up*, diperlukan angka berapa kali lipat dengan kondisi saat normal. Hal ini mengacu pada Tabel 4.1 yang berisi perbandingan beban emisi saat kondisi normal dan kondisi *Start Up*.

Tabel 4.6 Perbandingan beban emisi kondisi normal dan Start Up

COLD STARTUP ¹					
Time (min)	CT Load (%)	NO _x Control (%)	NO _x Emissions (ppm @ 15% O ₂)	Instantaneous NO _x Emissions (lb/hr)	Cumulative NO _x Emissions (lb)
0	0	0	0.0	0	0
20	Flame On	0	0.0	0	0
29	On-line	0	65.0	97	10
30	8	0	75.0 (high value)	150	12
60	8	0	75.0 (high value)	150	87
61	8	50	37.5	75	89
177	8	50	37.5	75	234
180	10	50	25.0	50	237
183	12	50	27.5	60	240
194	22	50	42.5	110	255
196	25	50	35.0	100	259
199	40	50	50.0	175	266
200	40	50	50.0	175	269
202	50	50	52.5	225 (high value)	275
~202 min/cs ²	50	61	3.5 (controlled)	15	275 lbs/cs
209	70	61	3.5 (controlled)	16	277 lbs/cs
SHUTDOWN					
0	100	61	3.5 (controlled)	24	0
10	25	61	27	78	9
15	25	61	27	78	15
19	Flame Off	0	65 (high value)	97 (high value)	21
~30 min/sd ³	0	0	0	0	30 lbs/sd

Sumber : Bivens, 2002

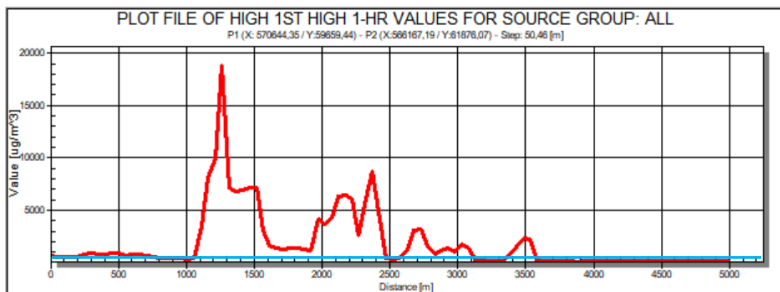
Pada table 4.1 diasumsikan kondisi normal adalah kondisi saat Shutdown di menit pertama yaitu 0 menit dengan beban emisi 24 ton/jam, dibandingkan dengan kondisi Start Up yaitu kondisi saat beban emisi tertinggi. Kondisi Start up terjadi pada menit terakhir yaitu 202 menit dengan beban emisi 225 ton/jam. Maka perbandingannya adalah

$$\frac{\text{Kondisi Start Up}}{\text{Kondisi Normal}} = \frac{225 \text{ ton/jam}}{24 \text{ ton/jam}} = 9,375$$

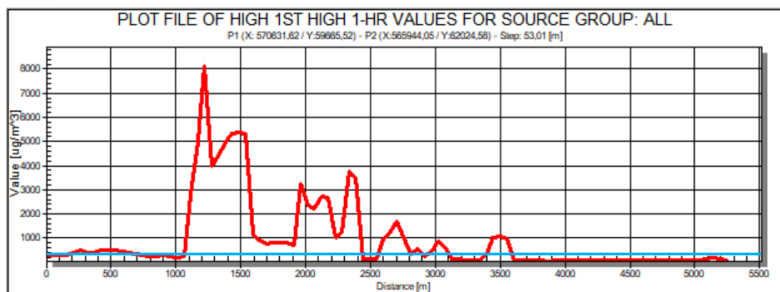
Maka dapat ditetapkan bahwa beban emisi kondisi Start Up adalah 9 kali lipat dengan beban emisi kondisi normal.

Hasil analisis grafik sebaran pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa sebaran emisi antara bulan Desember-April dan bulan Mei-November pada kondisi Start Up

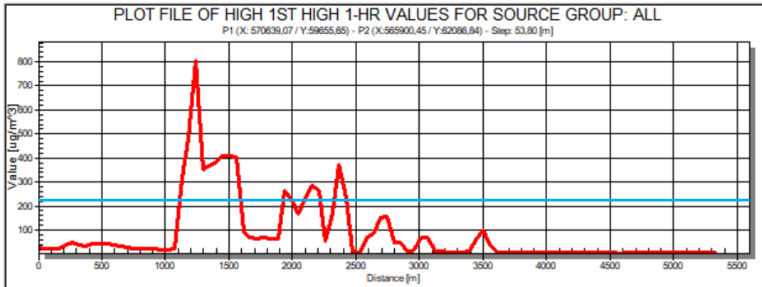
serta ketinggian titik penerima yang bervariasi menghasilkan nilai konsentrasi yang berbeda pada setiap titik penerima sama halnya pada kondisi normal. Pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa konsentrasi pencemar yang diterima oleh titik penerima pada bulan Desember-April dari setiap titik sumber cenderung lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi debu yang diterima oleh titik penerima pada bulan Mei-November. Hal ini disebabkan karena perbedaan faktor cuaca yang meliputi suhu, kecepatan angin dan penyinaran matahari yang berbeda antara bulan Mei-November dan kemarau. Selain itu ketinggian titik penerima dari muka tanah juga terdapat perbedaan antara wilayah penerima emisi bulan Mei-November (sisi barat industri) dan penerima emisi bulan Desember-April (sisi barat industri). Grafik yang fluktuatif disebabkan karena akumulasi dari semua cerobong yaitu TA 101, TA 102, TA 103, TA 104, dan TA 105. Selain itu karena elevasi tanah di daerah Kalimantan Timur yang beragam sehingga emisi yang dihasilkan beragam pula.



(a) Grafik Antara Konsentrasi NOx dan Jarak

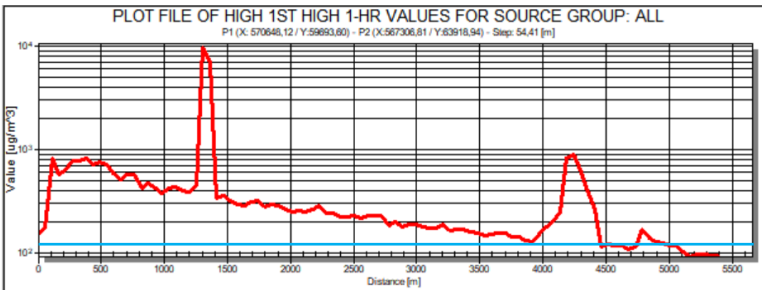


(b) Grafik Antara Konsentrasi SO₂ dan Jarak

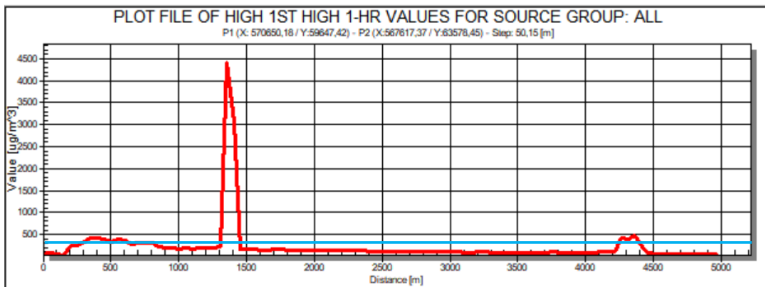


(c) Grafik Antara Konsentrasi TSP dan Jarak

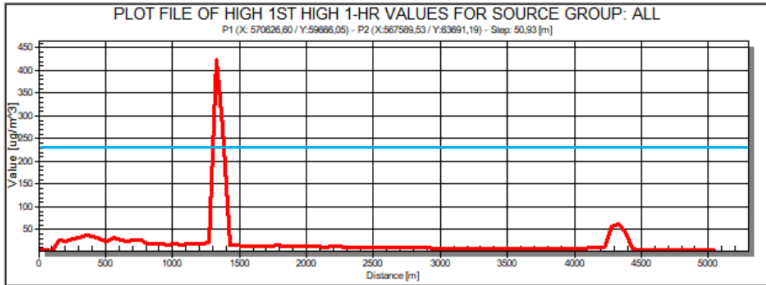
Gambar 4.15 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Desember-April



(a) Grafik Antara Konsentrasi NO_x dan Jarak



(b) Grafik Antara Konsentrasi SO₂ dan Jarak



(c) Grafik Antara Konsentrasi TSP dan Jarak

Gambar 4.16 Grafik antara Konsentrasi dan Jarak Periode Bulan Mei-November

Berdasarkan Gambar 4.14 Konsentrasi maksimum NOx pada bulan Desember-April adalah $9834 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum SO₂ pada bulan Desember-April adalah $4422,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum TSP pada bulan Desember-April adalah $424,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber.

Berdasarkan Gambar 4.15 Konsentrasi maksimum NOx pada bulan Mei-November adalah $18963 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum SO₂ pada bulan Mei-November adalah $8436 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum TSP pada bulan Mei-November adalah $816 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 1,2 kilometer dari sumber.

Kapasitas emisi dari setiap kegiatan industri sangat tergantung pada beban emisi yang dihasilkan dalam setiap proses produksi. Emisi yang keluar dari cerobong langsung terdispersi sehingga mengalami penurunan konsentrasi kemudian terus meningkat hingga mencapai puncak pertama dengan konsentrasi maksimum. Setelah itu konsentrasi akan terus mengalami penurunan hingga pada radius rata-rata 15 km.

4.8 Kontur Konsentrasi Sebaran Emisi NO_x, SO₂, dan TSP saat Kondisi *Start Up*

Sebaran NO_x pada bulan Mei-November menghasilkan konsentrasi tertinggi pada titik koordinat (569527 m; 60223 m) dengan konsentrasi 18963 µg/m³. Sedangkan konsentrasi SO₂ tertinggi di udara ambien adalah 8436 µg/m³ pada titik koordinat (569527 m; 60223 m). Konsentrasi TSP tertinggi di udara ambien adalah 816 µg/m³ pada titik koordinat (569527 m; 60223 m). Konsentrasi emisi tertinggi jatuh pada area yang masih berada dalam wilayah industri. Gambar kontur dispersi NO_x bulan Mei-November dapat dilihat pada Gambar 4.16, dispersi SO₂ pada Gambar 4.17, dan dispersi TSP pada Gambar 4.18.

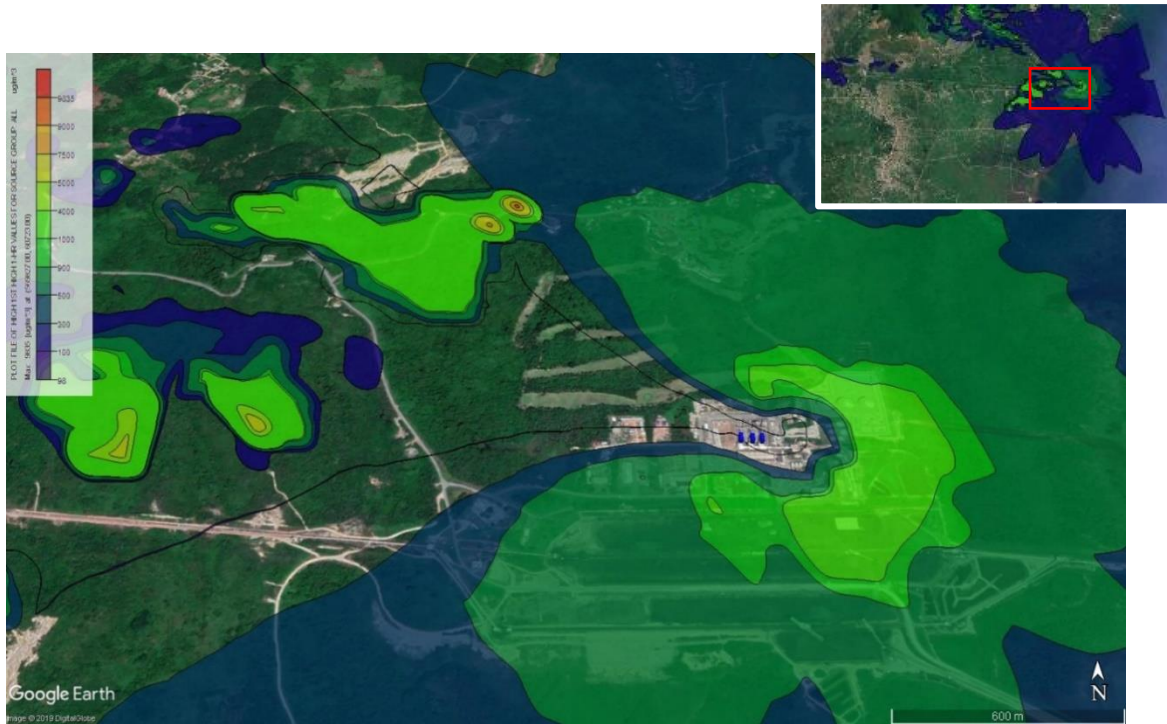
Sebaran NO_x pada bulan Desember-April menghasilkan konsentrasi tertinggi pada titik koordinat (569827 m; 60723 m) dengan konsentrasi 9834 µg/m³. Sedangkan konsentrasi SO₂ tertinggi di udara ambien adalah 4422,3 µg/m³ pada titik koordinat (569827 m; 60723 m). Konsentrasi TSP tertinggi di udara ambien adalah 424,2 µg/m³ pada titik koordinat (569827 m; 60723 m). Konsentrasi emisi tertinggi jatuh pada area yang masih berada dalam wilayah industri. Gambar kontur dispersi NO_x bulan Desember-April dapat dilihat pada Gambar 4.19, dispersi SO₂ pada Gambar 4.20, dan dispersi TSP pada Gambar 4.21.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 Baku Mutu Emisi Ambien yang telah ditetapkan yakni 150 µg/Nm³ untuk NO_x, 365 µg/Nm³ untuk SO₂, dan 230 µg/Nm³ untuk TSP. Sedangkan hasil perhitungan model menunjukkan total konsentrasi tertinggi NO_x, SO₂, dan TSP pada bulan Mei-November dan kemarau masih diatas baku mutu udara ambien. Konsentrasi yang melebihi baku mutu terjadi pada jarak rata-rata 1-2 km, sehingga pada jarak tersebut perlu dilakukan perlakuan khusus untuk menurunkan konsentrasi emisi agar tidak melebihi baku mutu. Kemudian jarak setelahnya sudah dibawah baku mutu.

Gambar kontur dispersi hasil overlay dengan peta dari Google Earth dapat dilihat bahwa sebagian besar konsentrasi NO_x, SO₂, dan TSP jatuh di wilayah sekitar industri. Penggambaran kontur konsentrasi debu di udara ambien menggunakan software AERMOD View. Skala konsentrasi pada gambar kontur digambarkan melalui gradasi warna. Konsentrasi rendah hingga

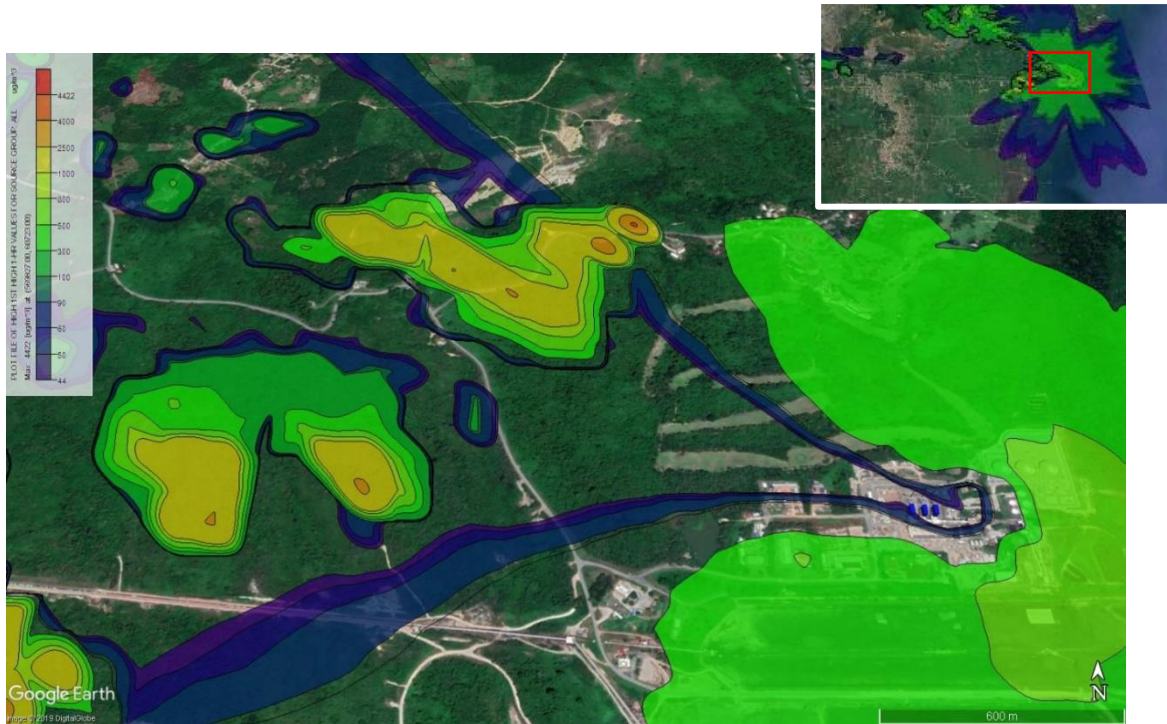
tinggi digambarkan dengan warna ungu tua hingga warna merah. Skala warna digunakan untuk mempermudah pembacaan gambar. Titik berwarna merah merupakan titik sumber emisi. Setiap cerobong menghasilkan gambar kontur konsentrasi yang berbeda dalam luasannya. Hal ini dikarenakan sebaran pencemar yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi dan ketinggian dari masing-masing titik penerima. Gambar 4.16, Gambar 4.17, dan Gambar 4.18 merupakan gambar kontur akumulasi konsentrasi debu yang dihasilkan dari seluruh cerobong industri batubara pada rata-rata bulan Mei-November, sedangkan Gambar 4.19, Gambar 4.20, dan Gambar 4.21 merupakan gambar kontur akumulasi konsentrasi debu yang dihasilkan dari seluruh cerobong industri batubara pada rata-rata bulan Desember-April.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



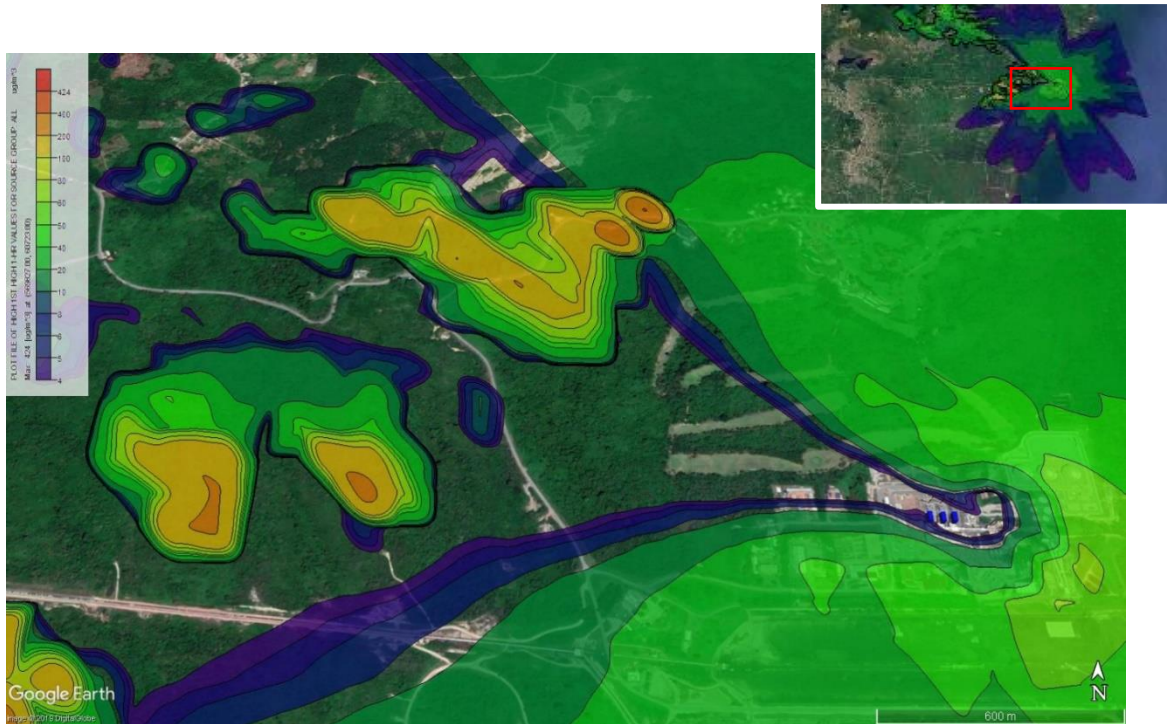
Gambar 4.17 Isopleth NOx Periode Bulan Mei-November Kondisi *Start Up*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



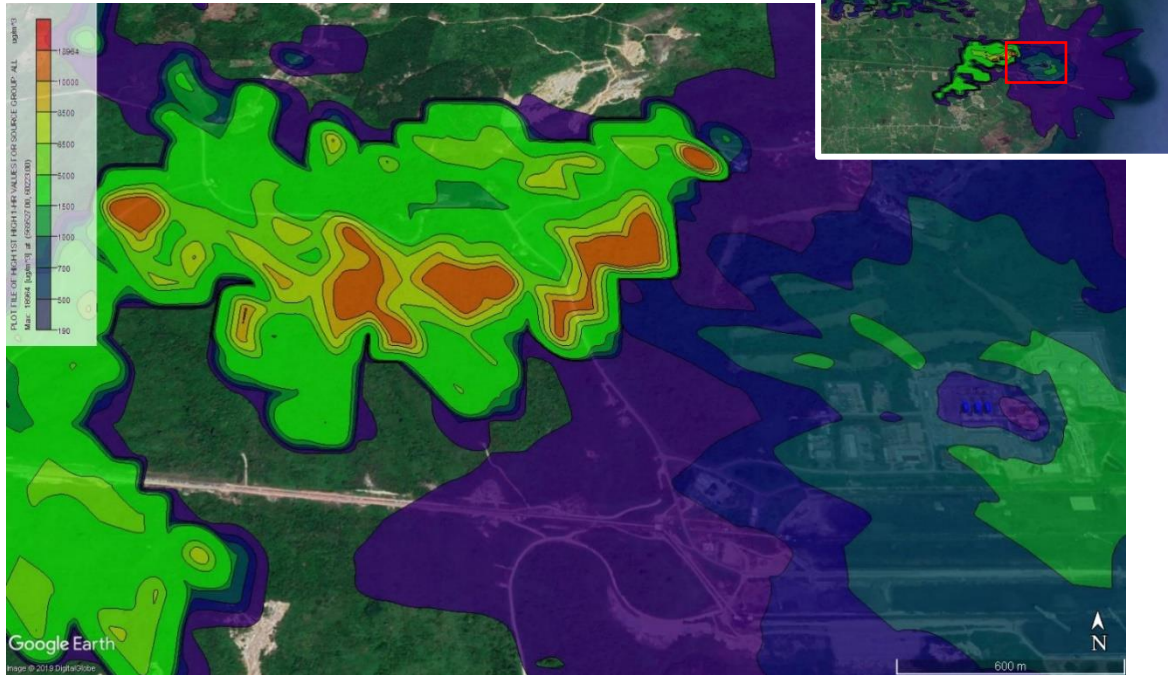
Gambar 4.18 Isopleth SO₂ Periode Bulan Mei-November Kondisi *Start Up*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



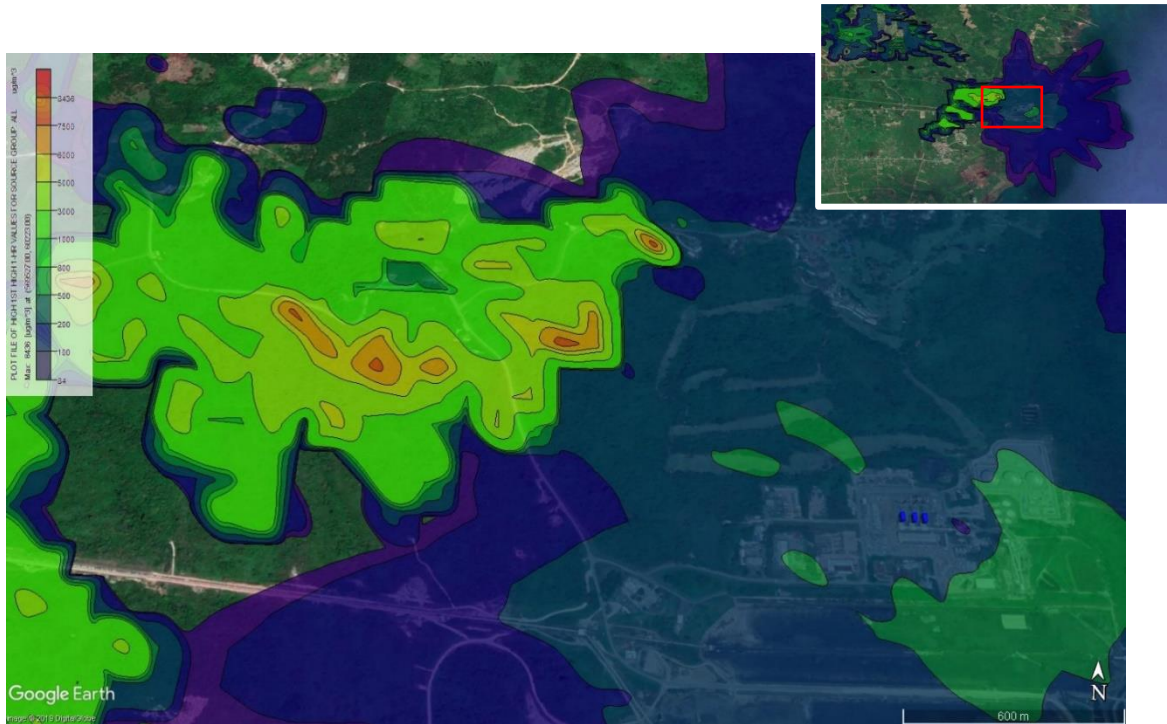
Gambar 4.19 Isoplet TSP Periode Bulan Mei-November Kondisi *Start Up*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



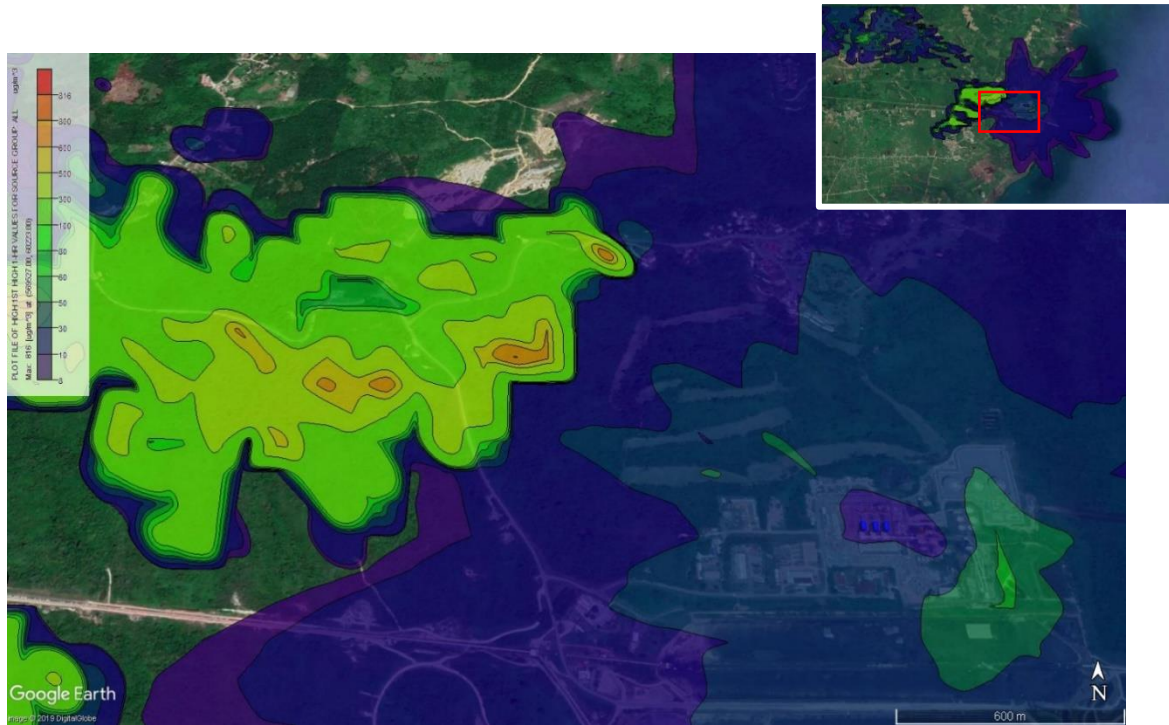
Gambar 4.20 Isopleth NOx Periode Bulan Desember-April Kondisi *Start Up*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 4.21 Isopleth SO₂ Periode Bulan Desember-April Kondisi *Start Up*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 4.22 Isopleth TSP Periode Bulan Desember-April Kondisi *Start Up*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan pola angin pada kondisi atmosfer rata-rata bulan Desember-April dan kondisi atmosfer rata-rata pada bulan Mei-November dominan ke arah barat. Perhitungan model menunjukkan konsentrasi NO_x tertinggi dari sumber titik majemuk pada periode bulan Desember-April sebesar 1116 µg/m³, SO₂ tertinggi sebesar 491,4 µg/m³, dan TSP tertinggi sebesar 47,14 µg/m³. Semua pencemar jatuh pada koordinat (569827 m; 60723 m). Konsentrasi NO_x tertinggi pada periode bulan Mei-November adalah 2152 µg/m³, SO₂ tertinggi sebesar 935 µg/m³, dan TSP tertinggi sebesar 90,4 µg/m³, semua pencemar jatuh pada koordinat (569527 m; 60223 m). Sedangkan perhitungan model kondisi Start Up menunjukkan konsentrasi NO_x tertinggi dari sumber titik majemuk pada periode bulan Desember-April sebesar 9834 µg/m³, SO₂ tertinggi sebesar 4422,3 µg/m³, dan TSP tertinggi sebesar 424,2, semua pencemar jatuh pada koordinat (569827 m; 60723 m). Konsentrasi NO_x tertinggi pada periode bulan Mei-November adalah 18963 µg/m³, SO₂ tertinggi sebesar 8436 µg/m³, dan TSP tertinggi sebesar 816 µg/m³, semua pencemar jatuh pada koordinat (569527 m; 60223 m).
2. Sebaran emisi pada bulan Mei-November dan bulan Desember-April paling tinggi cenderung terkumpul didekat sumber emisi pada elevasi 64 m dan masih dalam kawasan industri dengan jarak <2000 m.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil pembahasan penelitian antara lain

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait koreksi model AERMOD untuk perhitungan konsentrasi NO_x, SO₂, dan TSP dengan menggunakan data meteorologi Kota Sangatta apabila data meteorologi wilayah bersangkutan telah tersedia.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait koreksi model AERMOD dengan memperhatikan arah angin di garis Khatulistiwa.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ancilla A, Louisa. 2014. Tugas Akhir : **Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Alternatif Terhadap Emisi VOC (Volatile Organic Compounds) dan Persebarannya di Industri Semen (PT.X)**. Bandung : ITB
- Bhardwaj, K.S., 2005. **Examination of Sensitivity of Land Use Parameters and Population on the Performance of the AERMOD Model for an Urban Area**. Degree of Master of Science in Civil Engineering The University of Toledo.
- Bijaksana, A.M.A., Sjahrul, M., Harun, N., Djamaluddin, R., 2012. **The effects of Gas Emission Steam Power Plant On The Surrounding Residential Area**. IJCEE-IJENS. Vol. 12 No: 03.
- Bivens, R.J., 2002. **Startup and Shutdown NOx Emission from Combined-Cycle Combustion Turbine Units**. EPRI CEM User Group Meeting Chicago. Illinois.
- Cheremisinoff, P.N., and Morresi, A.C. 1981. **Air Pollution Sampling and Analysis Deskbook**. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers, Inc. 490 p.
- Cimorelli, A. J., S.G. Perry, A. Venkatram, J.C. Weil, R. J. Paine, R. B. Wilson, R.F. Lee, W. D. Peters, and R.W Brode. 2004. **AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Application Part 1: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization**. Journal of Applied Meteorology, 44 (5): 682-293
- Cook, R., Isakov, V., Touma, J.S., Benjey, W., Thurman, J., Kinnee, E., Ensley, D. 2008. **Resolving local-scale emissions for modeling air quality near roadways**. Journal of the Air & Waste Management Association 58, 451-461.
- Darmono, 2001. **Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Deputi Bidang Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup, 2010. **Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia**,

- Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta.
- Dyer, A.J. (1974). **A Review of Flux-Profile Relationship**. CSIRO Division of Atmospheric Physics, Aspendale, Victoria, Australia.
- Ebenezer, dkk. 2006. **Pengaruh Bahan Bakar Transportasi Terhadap Pencemaran Udara dan Solusinya**.
- EPA, 2005. **Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Propose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revision**. Fed. Reg., 70(215):68218-68261.
- Fatkhuroyan., Wati, T., Kamid, A. 2018. **Krakteristik Angin dan Temperatur di Sekitar Clon Bandara Kulon Progo untuk Keperluan Take Off dan Landing Pesawat**. BMKG. Jakarta.
- Fabrick, A., Sklarew, R., Wilson, J. (1987). **Point Source Model Evaluation and Development Study**. California Air Resources Board and California Energy Resources Conservation and Development Comission.
- Faulkner, B., Shaw, B., Grosch, T. (2012). **Sensitivitiy of Two Dispersion Model (AERMOD and ISCST3) to Input Parameters for Rural Ground Level Area Source**. Texas Commission on Environmental Quality. Austin, TX, USA.
- Gibson, M., Kundu, S., Satish, M., 2013. **Dispersion model evaluation of PM2.5, NOX and SO2 from point and major line sources in Nova Scotia, Canada using AERMOD Gaussian plume air dispersion model**. Atmospheric Pollution Research
- Hanna S. R. and Paine R. J. (1989) **Hybrid plume dispersion model (HPDM) development and evaluation**. J. appl. Met. 28, 206-224.
- Harris, dkk. 2013. **Studi Pemanfaatan Limbah Padat dari Perkebunan Kelapa Sawit pada PLTU 6 MW di Bangka Belitung**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Jayadipraja, E.A., Daud, A., Assegaf, A.H., Maming. 2016. **Applying Spatial Analysis Tools In Public Health : The Use Of AERMOD in Modelling the Emission Dispersion**

- Of SO₂ and NO₂ to Identify Area Exposed to Health Risks.** Hasanuddin University.
- Johnson, M., Isakov, V., Touma, J.S., Mukerjee, S., Ozkaynak, H., 2010. **Evaluation of land-use regression models used to predict air quality concentrations in an urban area.** Atmospheric Environment 44, 3660-3668.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. **Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan atau kegiatan Pertambangan Batubara.** Jakarta : Kementrian Lingkungan Hidup
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2007. **Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap.** Jakarta : Kementrian Lingkungan Hidup.
- Kesarkar, A.P., Dalvi, M., Kaginalkar, A., Ojha, A., 2007. **Coupling of the weather research and forecasting model with AERMOD for pollutant dispersion modeling. A case study for PM₁₀ dispersion over Pune, India.** Atmospheric Environment 41, 1976-1988.
- Kirk-Othmer., 2007. **Chemical Technology and the Environment.** John Wiley & Sons, New Jersey, 2: 1–10.
- Kristanto, P. 2013. **Ekologi Industri.** Edisi Kedua. Andi. Yogyakarta.
- Lakitan, Benyamin. (1994). **Dasar-Dasar Klimatologi.** PT. Raja Grafindo Persada :Jakarta
- Langner, C., Klemm, O. 2011. **A Comparison of Model Performance between AERMOD and AUSTAL 2000.** Journal of the Air & Waste Management Association, 61:6, 640-646.
- Liandy, M.K.G., Suswanto, E., Yulinawati, H. 2015. **Analisis Sebaran Total Suspended Particulate (TSP), Sulfur Oksida (SO₂), dan Nitrogen Dioksida (NO₂) di Udara Amben dari Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Banten 3 Lontar dengan Model Gaussian.** JTL Vol. 7 No. 2 Des. 2015, 47 – 56.
- Nauli, Tigor. 2002. **Pola Sebaran Polutan dari Cerobong Asap.** Bandung: LIPI
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.** Jakarta : Pemerintah

- Republik Indonesia
Pemerintah Republik Indonesia. 2007. **Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2007 Tentang Organisasi Perangkat Daerah**. Jakarta
- Pirlea, H. G.A., Brusturean, D. SilaghiPerju, dan D. Perju. 2008. **Simulation of NO₂ Emission Dispersion in Timisoara City, in a Certain Reference Point in Relation with A Stationary Source**. Chem. Bull. Politehnica Univ. (Timișoara). Volume. 53(67), 1-2.
- PT. Kaltim Prima Coal. 2015. **Peraturan Tambang PT. Kaltim Prima Coal. Sangatta**: HSES KPC.
- Santiasih I. Hermana J. dan Bambang D. 2012. **“Indoor Particulate Matters Dispersion Potency.”** Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 625-633
- Sarifuddin, A., Dwitya, A., Alamsyah, T., Saepuddin, E. 2016. **Pengukuran Gas, arbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), dan Ozon (O₃) Berbasis Labview**. Jakarta
- Schnoor, J.L. 1996. **Environmental Modeling: Fate of Chemicals in Water, Air and Soil**. John Wiley & Sons, New York.
- Setiawan, Y., Surahman, A., Kailani, Z. 2012. **Pencemaran Emisi Boiler Menggunakan Batubara Pada Industri Tekstil Serta Kontribusinya Terhadap Gas Rumah Kaca (GRK)**. Jurnal Ilmiah Arena Tekstil Volume 27 No.2 – Desember 2012 : 55-10
- Setiawan, B. 2015. **Pengertian Limbah**. (<http://ilmulingkungan.com/pengertianlimbah/>). Diakses pada 09 Maret 2015.
- Steven, G.P., Alan, J.C., Robert, J.P., Roger, W.B., Jeffrey, C.W., Akula, V., Robert, B.W., Russel, F.L., dan Warren, D.P., 2004. **AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part II: Model Performance Againt 17 Field Study Database**. J. Appl. Meteorol., 44:694-708.
- Stull, R. B. 1983, **A Heat-flux History Length Scale for the Nocturnal Bound-ary Layer**, *Tellus, Ser. A*, 35, 219–230, doi:10.1111/j.1600-0870.1983.tb00199.x
- Sukandarrumdi. 2006. **Batubara dan Pemanfaatannya**.

- Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Susanti, L. 2017. **Perencanaan Pintu Pelimpah Bendungan Margatiga Kabupaten Lampung Timur Provinsi Lampung**. Lampung : Universitas Lampung
- United States Environmental Protection Agency. 2004. **Description of Model Formulation**. North Carolina. US EPA.
- Van Ulden, A. P., and A. A. M. Holtslag. 1985, **Estimation of atmospheric boundary layer parameters for diffusion applications**, *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 24, 1196–1207, doi:10.1175/1520-0450(1985)024<1196:EOABLP>2.0.CO;2.
- Vionita, H. 2011. **Tugas Akhir: Prediksi Penyebaran Total Suspended Particulate dan Karbon Monoksida dari Industri Semen PT. X dengan menggunakan Software AERMOD**. Bandung ITB.
- Visscher, A. 2014. **Air Dispersion Modelling**. New Jersey : John Wiley & Sons Inc.
- Wardhana, W. A. 2004. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Yogyakarta. Andi Offset
- Wark K., Warner G., Davis W. (1998). **Air Pollution: Its Original and Control (3rd ed.)**. Addison Wesley Longman, Inc. 432-434
- Widyasari, I., Afiuddin, A.E., Mayangsari, N.E., **Pemodelan Pola Sebaran NO₂ Pada Bulan Mei-November Dari Cerobong PT. PJB UP Gresik**. ISSN No. 2623 – 1727.
- Wulandari, Heny. 2018. **Analisis Penambangan Batu Bara PT. KalTim Prima Coal Kota Sangatta, Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur**. Yogyakarta
- Yang, D., Chen, G., dan Yu, Y., 2007. **Inter Comparison of AERMOD and ISC3 Modeling Results to the Alaska Tracer Field Experiment**. *Chin. J. Geochem.*, 26(2), 182-185.
- Zou, B., Zhan, F., Wilson, J., dan Zeng, Y., 2010. **Performance of AERMOD at Different Scales**. *Simul. Model. Pract. Th.*, 18:612-623.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1
PERHITUNGAN LAJU EMISI

a. Beban Emisi Tahun 2017-2018

Tabel 4.7 Perhitungan Laju emisi setiap tahun

No.	Jenis Unit Pengolahan	Laju Emisi Pencemar (Kg/Tahun)			Laju Emisi Pencemar (g/s)		
		Total Partikulat	SO ₂	NO _x	Total Partikulat	SO ₂	NO _x
A.	2017						
1	Boiler (Power Station)	14.547,09	178.557,32	350.825,48	0,46	5,66	11,12
2	Boiler (Power Station)	17.462,90	53.976,23	487.146,82	0,55	1,71	15,44
3	Boiler (Power Station)	22.335,08	220.712,80	451.537,95	0,71	6,99	14,31
4	Boiler (Power Station)	4.834,54	853,15	40.951,39	0,15	0,03	1,3
5	Boiler (Power Station)	6.083,47	73.617,99	72.134,22	0,19	2,33	2,29
A.	2018						
1	Boiler (Power Station)	4.825,69	116.764,49	95.872,90	0,15	3,7	3,04
2	Boiler (Power Station)	5.386,31	84.009,80	64.027,12	0,17	2,66	2,03
3	Boiler (Power Station)	13.669,20	149.172,09	92.286,29	0,43	4,73	2,92

4	Boiler (Power Station)	3.448,59	264.994,19	124.739,97	0,11	8,4	3,95
5	Boiler (Power Station)	13.080,66	103.156,41	149.492,90	0,41	3,27	4,74

b. Perhitungan Rata-rata laju emisi tahun 2017-2018

Tabel 4.8 Tabel perhitungan rata-rata laju emisi

		Total Partikulat (g/s)	SO₂ (g/s)	NO_x (g/s)
TA 101	Total	0,61	9,36	14,16
	Rata-rata	0,305	4,68	7,08
TA 102	Total	0,72	4,37	17,47
	Rata-rata	0,36	2,185	8,735
TA 103	Total	1,14	11,72	17,23
	Rata-rata	0,57	5,86	8,615
TA 104	Total	0,26	8,43	5,25
	Rata-rata	0,13	4,215	2,625
TA 105	Total	0,6	5,6	7,03
	Rata-rata	0,3	2,8	3,515

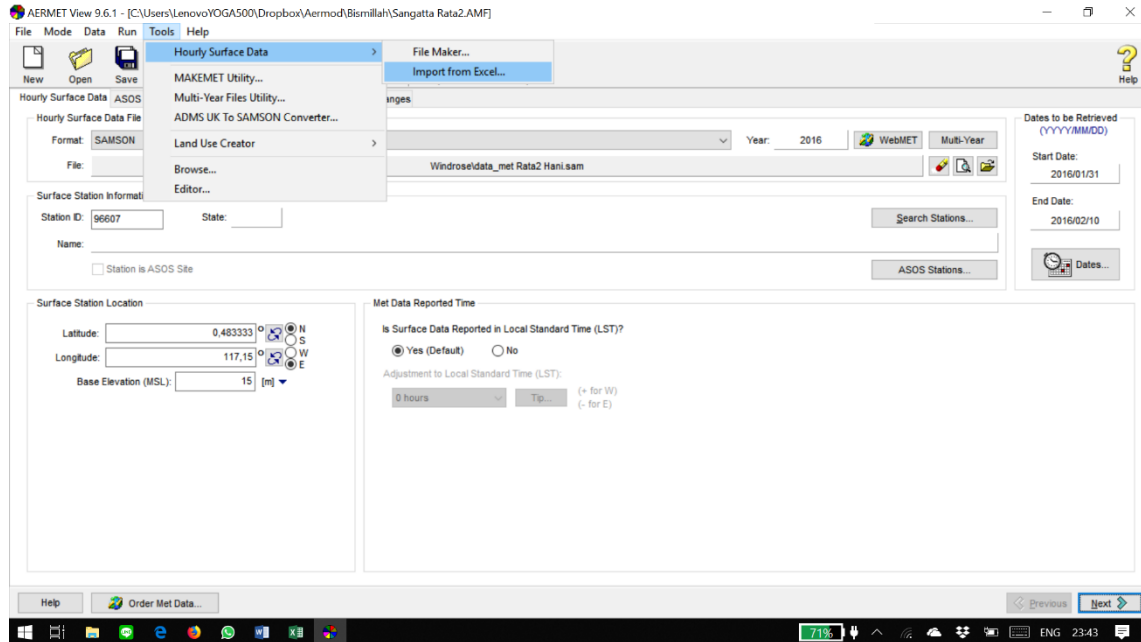
LAMPIRAN 2

PENGOLAHAN WRPLOT

1. Data angin diolah dalam *Microsoft Excel 2013* dengan contoh format sebagai berikut.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Tahun	Bulan	Tanggal	Jam	Cloud Cover	Dry Bulb Temperature	Relative Humidity	Station Pressure	Wind Direction	Wind Speed	Ceiling Height					
2	2017	1	31	12	0	77	98,9	1010	270	3	2					
3	2017	1	31	13	8	85	95,2	1009	30	3	12					
4	2017	1	31	14	5	92	91,8	1006,5	310	5	999					
5	2017	1	31	15	7	88	93,7	1006,2	90	8	16					
6	2017	1	31	16	6	79	98,4	1008,1	999	0	98					
7	2017	1	31	17	6	81	97,8	1008,5	999	0	98					
8	2017	1	31	18	6	89	91,7	1008,8	30	3	98					
9	2017	1	31	19	5	94	90,3	1006,5	350	6	999					
10	2017	1	31	20	7	90	92,2	1005,4	90	7	999					
11	2017	1	31	21	7	84	95,7	1008	50	6	999					
12	2017	1	31	22	9	80	97,8	1009,7	280	5	12					
13	2017	1	31	23	5	90	92,7	1008,6	330	NA	NA					
14	2018	2	1	0	7	92	91,8	1006,1	350	6	295					

2. Membuat SAMSON File



- Menginput data yang sudah diolah di *Microsoft Excel 2013* ke dalam AERMET

- Mengatur dan menyesuaikan kolom berdasarkan pengelompokkan *Data Field Name*

The screenshot shows the 'Import Surface Data from Excel' dialog box in AERMET View 9.6.1. The dialog is used to import data from an Excel file into the SAMSON format. It includes a 'Data Fields' table and an 'Excel File' preview.

Data Fields Table:

#	Data Field Name	Excel Column Name	Missing Indicator in Excel File	Unit in Excel File	Number Type
1	Year	E		N/A	YY, YYYY
2	Month		N/A		1 to 12
3	Day		N/A		1 to 31
4	Hour			01 to 24	00 to 23, 01 to 24

Excel File Preview (SAMSON File):

	E	M	N	O	P	Q	R
1	Year	CLG	SKC	TEMP	DEWP	SLP	ALT
2	2017	999	9	78	76	1011,7	99999
3	2017	98	9	82	77	1011,5	99999
4	2017	98	6	85	77	1008,1	99999
5	2017	98	6	86	77	1007,1	99999
6	2017	98	6	82	77	1009,1	99999
7	2017	98	6	81	76	1010,9	99999
8	2017	10	6	83	75	1010,6	99999
9	2017	295	6	92	74	1006,1	99999
10	2017	295	6	89	74	1005,2	99999

The 'Excel File' preview shows a dropdown menu over column E, listing various data field names: Year, Month, Day, Hour, Opaque Cloud Cover, Dry Bulb Temperature, Relative Humidity, Station Pressure, Wind Direction, Wind Speed, Ceiling Height, Hourly Precipitation, and Global Horizontal Radiation.

- Mengisi data stasiun BMKG pada menu *Station Information* kemudian klik Import untuk menyimpan ke dalam format SAMSON.

The screenshot shows the 'Import Surface Data from Excel' dialog box in AERMET View 9.6.1. The dialog is titled 'Import Surface Data from Excel' and has a 'Save Surface File As (SAMSON Format):' field with the path 'C:\...Windrose\data_met Hujan Hanik.sam'. The 'Station Information' section includes the following fields:

- Station ID: 96607
- City: SAMARINDA
- State: (empty)
- Latitude: 0.483333
- Longitude: 117.15
- Station Elevation (MSL) [m]: 15 (Optional)
- Time Zone: UTC+8 (Beijing)

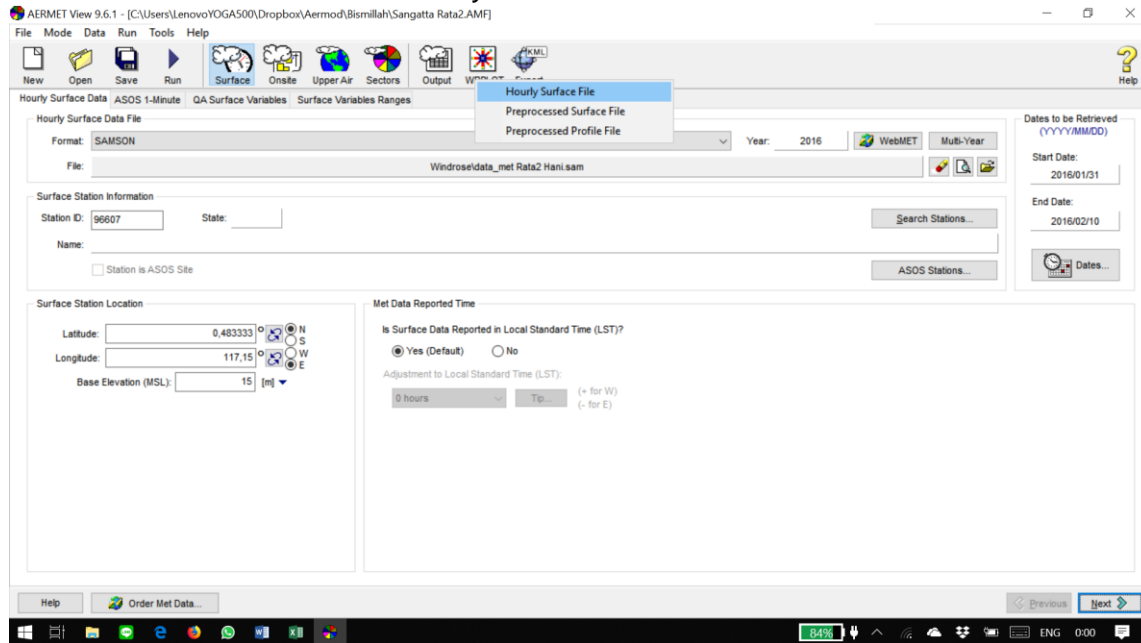
The 'Data Fields' section shows 'First Row to Import' set to 2 and 'Last Row to Import' set to 253, both highlighted with red circles. Below these fields is an Excel preview table with columns E through R and rows 1 through 10. The table contains meteorological data for the year 2017.

E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
YR	MO	DA	HR	MN	DIR	SPD	GUS	CLG	SKC	TEMP	DEWP	SLP	ALT
2017	11	1	12	0	350	1	999	999	9	78	76	1011.7	99999
3	11	1	13	0	310	6	999	98	9	82	77	1011.5	99999
4	11	1	14	0	280	5	999	98	6	85	77	1008.1	99999
5	11	1	15	0	280	5	999	98	6	86	77	1007.1	99999
6	11	1	16	0	999	0	999	98	6	82	77	1009.1	99999
7	11	1	17	0	230	2	999	98	6	81	76	1010.9	99999
8	11	1	18	0	160	11	999	10	6	83	75	1010.6	99999
9	11	1	19	0	200	6	999	295	6	92	74	1006.1	99999
10	11	1	20	0	130	7	999	295	6	89	74	1005.2	99999

jangan lupa mengubah *Time Zone*, *First Row Import*, dan *Last Row Import*

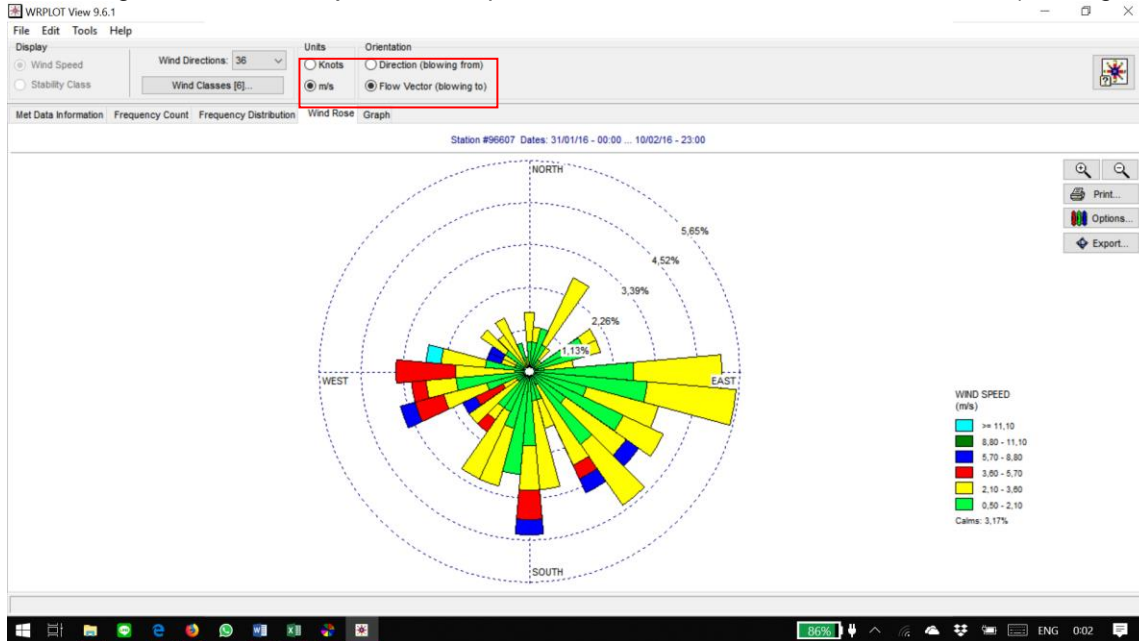
3. Membuat Windrose

- Pilih Tools *WRPLOT* → *Hourly Surface File*



4. Mengatur Windrose

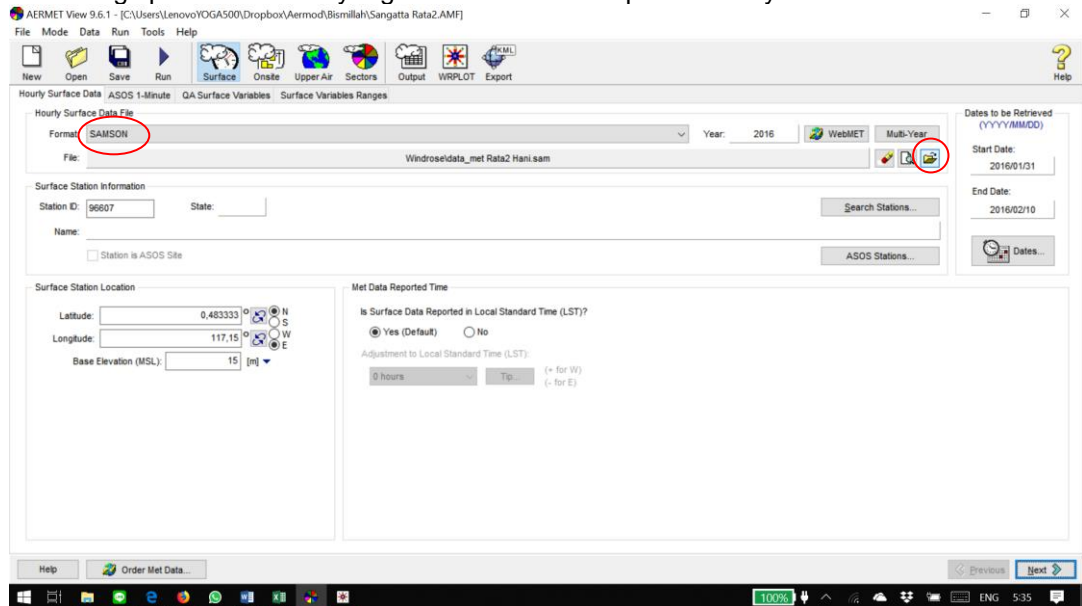
Mengatur arah sesuai yang diinginkan pada menu *Wind Direction*. Selanjutnya pada menu *Units* mengubah satuan menjadi m/s dan pada menu *Orientation* memilih *Flow Vector (blowing to)*.



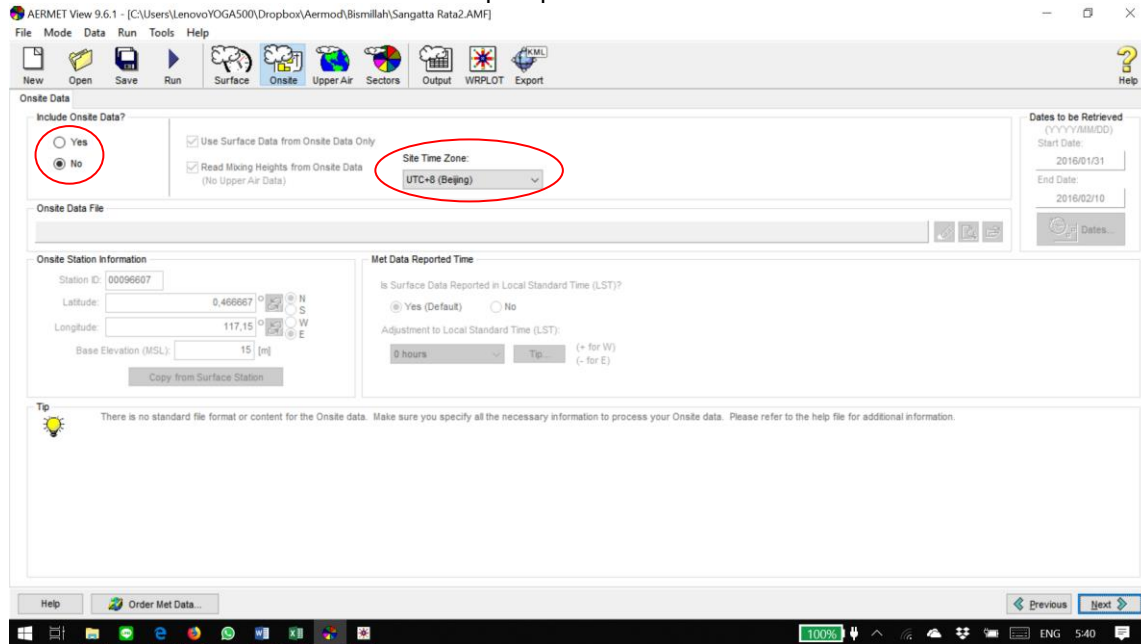
LAMPIRAN 3

PENGOLAHAN AERMET VIEW

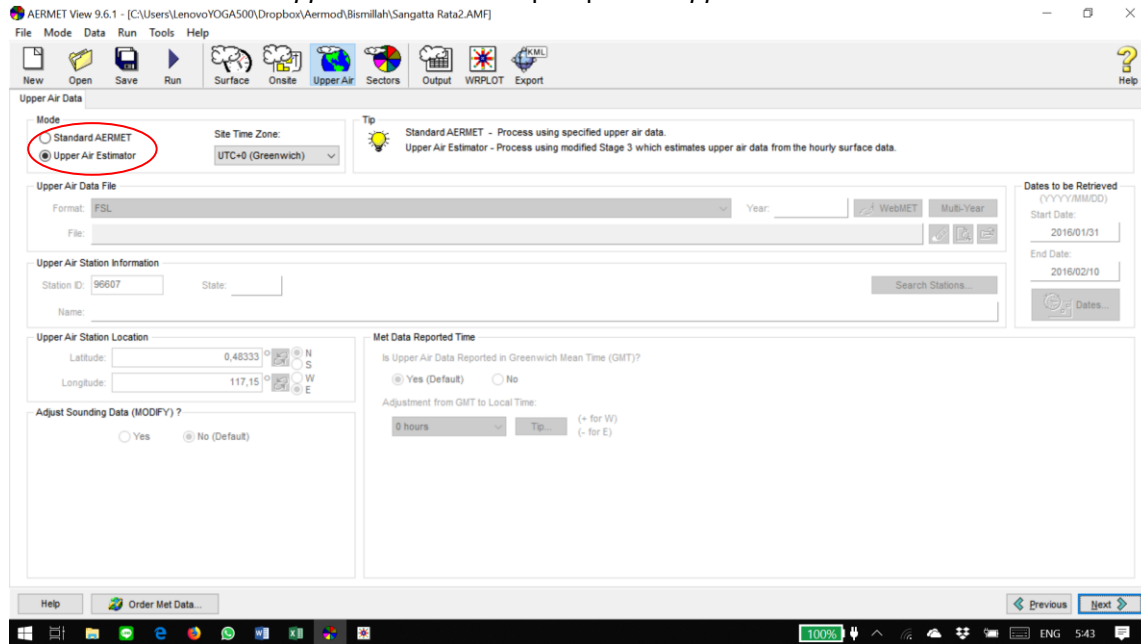
1. Penginputan file .SAM yang sudah dibuat di step sebelumnya



2. Karena tidak ada onsite data maka pilih pilihan NO dan masukkan Site Time Zone



3. Karena tidak ada *Upper Air Data* maka pilih pilihan *Upper Air Estimator*



4. Pembagian dan Pemilihan Sektor

- Pilih 12 sectors dan Periode *Annual*, kemudian pilih *Land Use Type* untuk memilih tata guna lahan.

AERMET View 9.6.1 - (C:\Users\LenovoYOGA500\Dropbox\Aermod\Bismillah\Sangatta Rata2.AMF)

File Mode Data Run Tools Help

New Open Save Run Surface Onsite Upper Air Sectors Output WRPLOT Export Help

Processing Options Sectors (Surface) Output Files

AERSURFACE Output File (Surface)

Use the File Instead of Sector & Surface Parameters in the AERMET Input File

Land Use Viewer...

AERSURFACE

Specify Sectors [deg]

North (0 deg)

Period: Annual

Sectors: 12 Max

Specify Surface Parameters for Each Sector

Hemisphere: North Sector No: 1

Land Use Type

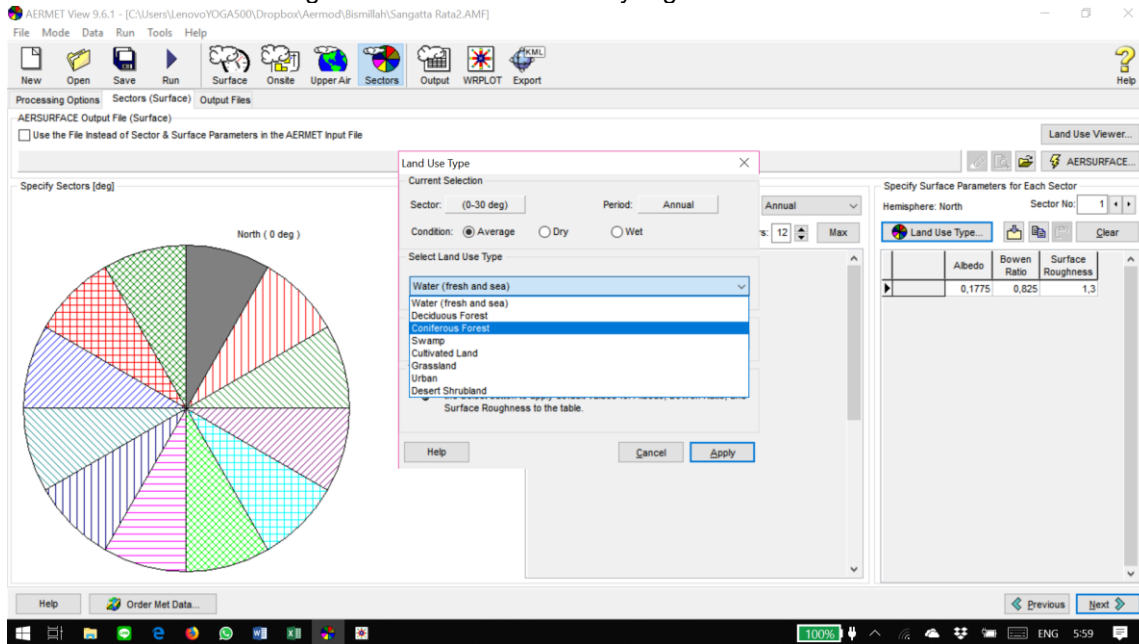
Clear

	Start	End
1	0	30
2	30	60
3	60	90
4	90	120
5	120	150
6	150	180
7	180	210
8	210	240
9	240	270
10	270	300
11	300	330
12	330	0

	Albedo	Bowen Ratio	Surface Roughness
	0,1775	0,825	1,3

Help Order Met Data... Previous Next

- Pilihlah tata guna lahan sesuai daerah yang akan dimodelkan



5. Running AERMET

AERMET View 9.6.1 - [C:\Users\Lenovo\YOGA500\Dropbox\Aermod\Bismillah\Sangatta Rata2.AMF]

File Mode Data Run Tools Help

New Open Save Run Surface Onsite Upper Air Sectors Output WRPLOT Export Help

Processing Options Sectors (Surface) Output Files

AERMET Output Files

Version: 18081 CCVR_Sub TEMP_Sub Start Date: 16 01 31 01 End Date: 16 02 10 24

Surface: _____

Profile: _____

Calms: 0.00 % (0 hrs) Missing: 24.24 % (64)

Merge File

Surface

Date: 2016/01/31 TO 2016/02/10
Location: 96607 0.483N 117.150E 0 15.00

Upper Air

Date: 2016/01/31 TO 2016/02/10
Location: 96607 0.483N 117.150E 0

Project Status

Mode: Full | Modet: US EPA-AERMET 18081

Output Files Location:

Surface: Sangatta Rata2.SFC

Profile: Sangatta Rata2.PFL

Delete Temporary Files after run (*.sax,*.sqa,*.uax,*.uqa)

Your Project is COMPLETE. You Can RUN Now !!

Help Details Run Close

Dates to be Retrieved (YYYY/MM/DD)

Start Date: 2016/01/31
End Date: 2016/02/10

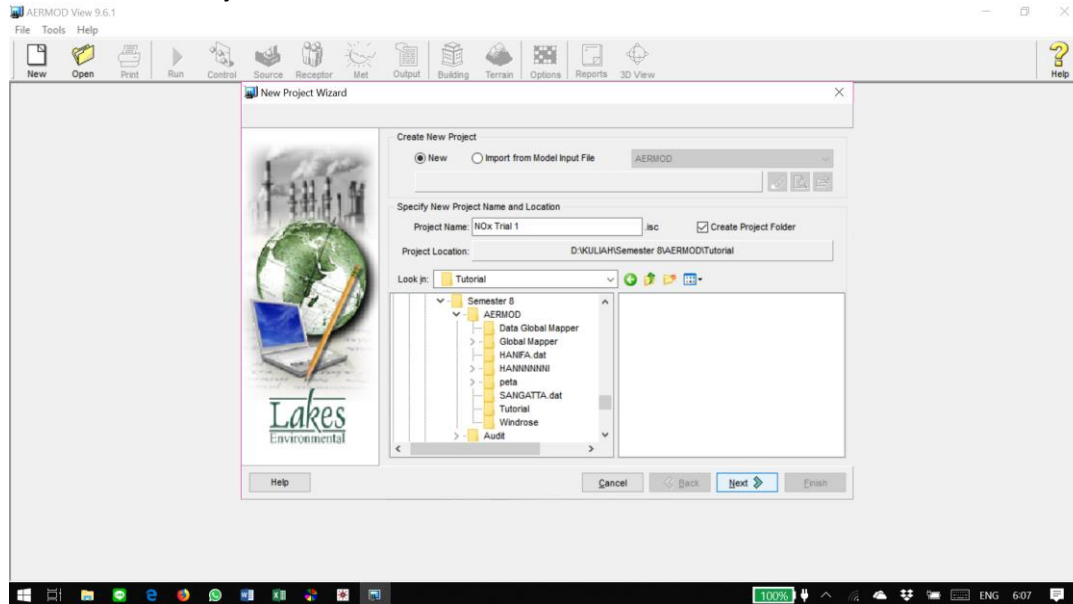
Help Order Met Data... Previous Next

100% ENG 6:01

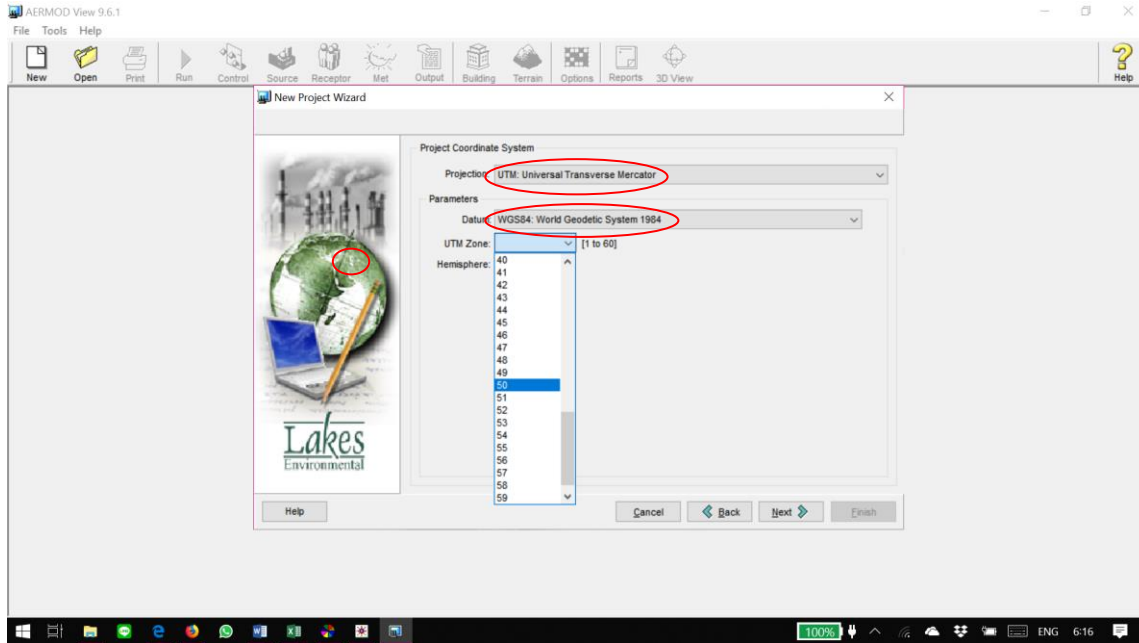
LAMPIRAN 4

PENGOLAHAN DATA AERMOD VIEW

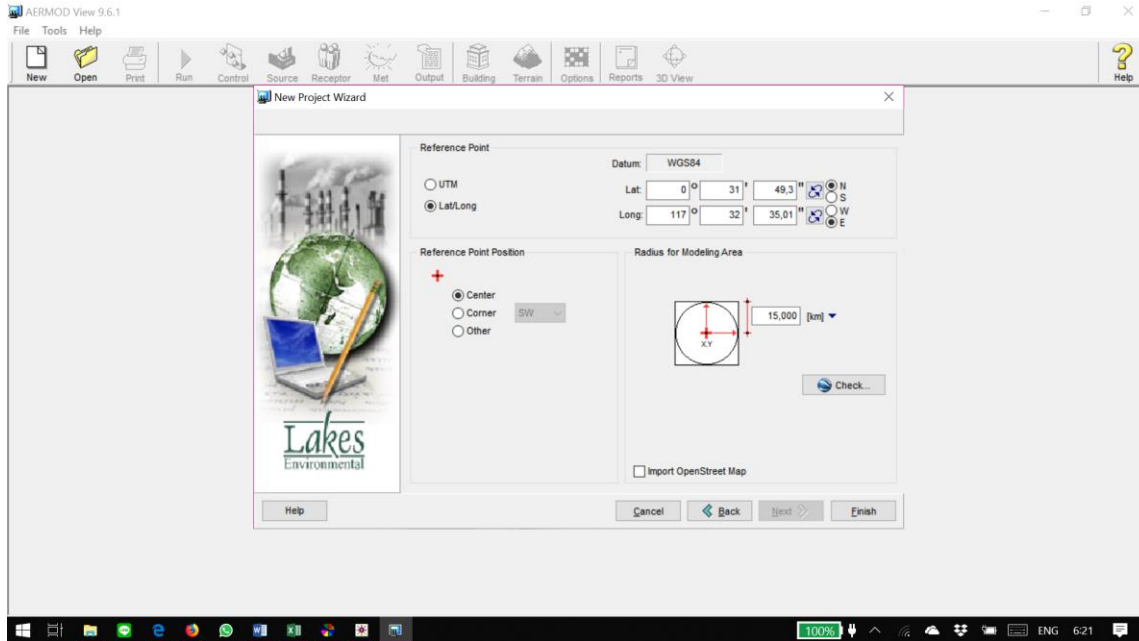
1. Membuat *Project* baru di AERMOD → *Next*



2. Menentukan Sistem Koordinat, Datum, *UTM Zone* dan Titik Acuan



- Setelah Data terisi lengkap, pilih *check* untuk melihat domain pada Google Earth, kemudian *Finish*



3. Memasukkan Data Sumber Emisi

The screenshot displays the AERMOD software interface. The main window is titled 'AERMOD View 9.6.1 - Model: AERMOD - [C:\Users\Lenovo\YOGA500\Dropbox\Aermod\Terbaru 1 Mei 2019\Nox Trial 1\Nox Trial 1.Lis]'. The 'Source Inputs' dialog box is open, showing the configuration for source 'TA101'. The dialog is divided into several sections:

- Source Parameters:** Includes 'Source Summary', 'Building Downwash', 'Gas & Particle Data', and 'Background Concentration'.
- Source Options:** Includes 'Source Groups', 'Urban Groups', 'Variable Emissions', 'Hourly Emission File', and 'Emission Output Unit'.
- NOx to NO2 Options:** Includes 'In-Stack NO2 / NOx Ratio', 'OLM Groups (OLM)', and 'PSD Groups (PVMRM)'.
- Source Location:** X Coordinate: 570714,06 [m]; Y Coordinate: 59635,06 [m]; Base Elevation: 18,71 [m] (checked); Release Height: 34,0 [m].
- Source Release Parameters:** Emission Rate: 7,08 [g/s]; Gas Exit Temperature: 341,0 [K] (Fixed); Stack Inside Diameter: 1,67 [m]; Gas Exit Velocity: 11,525 [m/s]; Gas Exit Flow Rate: 25,245 [m³/s].

The 'Release Type' is set to 'Vertical'. The 'Source ID' is 'TA101'. The 'Description' field is empty. The 'Source Location' section includes a coordinate system diagram. The 'Source Release Parameters' section includes radio buttons for 'Fixed', 'Ambient', and 'Above Ambient', with 'Fixed' selected.

The background shows the AERMOD main interface with a tree view on the left containing 'Sources (5)', 'Receptors (5 - 114005)', 'Buildings (1)', and 'Annotations'. The status bar at the bottom indicates 'Model AERMOD Version 18001', 'Plotfile List: NOx Trial 1 ADI01H1GALL.PLT', and 'Output Type: Concentration'. A plot window is visible on the right, titled 'PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 1-HR VALUES FOR Max: 288,88178 [ug/m³] at (569483,85, 60496,62)'. The plot shows a vertical bar chart with a maximum value of 288,88178 [ug/m³] at coordinates (569483,85, 60496,62).

4. Memasukkan Data Meteorologi

AERMOD View 9.6.1 - Model: AERMOD - [C:\Users\Lenovo\YOGA500\Dropbox\Aermod\Terbaru 1 Mei 2019\NOx Trial 1\NOx Trial 1.tsc]

File Model Edit View Import Export Data Run Output Risk AERMAP Multimedia Tools Help

New Open Print Run

Meteorology Pathway

Model: AERMOD

Met File Options

- Met Input Data
- Data Period
- Wind Options
 - Wind Speed Categories
- Non-Default Options
 - SCM Sampling

Surface Met Data

Start Date: 16 01 31 01 End Date: 16 02 10 24 Multi-Year

File: ..\Bismillah\Sangatta Rata2 SFC

Version: 18081 CCVR_Sub TEMP_Sub Calms: 0.00 % Missing: 24.24 %

Profile Met Data

Start Date: 16 01 31 01 End Date: 16 02 10 24 Multi-Year

File: ..\Bismillah\Sangatta Rata2 PFL

Wind Speed

Wind Speeds are Vector Mean (Not Scalar Means)

Wind Direction

Rotation Adjustment: [] [deg]

Surface Station Primary Met Tower (Anemometer)

MAXDCONT (Max = 5 Years)

Base Elevation (MSL): 15.0 [m]

Met Years: []

Met Stations

Surface Station Upper Air Station Using On-Site Data

Station No.: 96607 Year: 2016

Station Name: [] (Optional)

X Coord: [] (Optional) Y Coord: [] (Optional)

Help Order Met Data... Previous Next Close

Model AERMOD Version 18081

Plotfile List: NOx Trial 1 ADI01H1GALL.PLT Output Type: Concentration

Input Overlays Labels Plots

PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 1-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL Max: 288,88178 [ugm³] at (569483.85, 60496.62)

95% ENG 6:39

5. Menentukan Grid Reseptor → pilih *Uniform Cartesian*

The screenshot displays the AERMOD software interface. The main window is titled "Receptor Pathway" and shows the configuration for a "Uniform Cartesian Grid Receptor Network". The "Network ID" is "UCART1". The "SW Coordinates [m]" are 563214,06 (X Axis) and 52135,08 (Y Axis). The "Center Coordinates [m]" are 570714,06 (X Axis) and 59635,08 (Y Axis). The "No. of Points" are 151 for both X and Y axes. The "Spacing [m]" is 100 for both X and Y axes. The "Length [m]" is 15000,00 for both X and Y axes. The "# Receptors" is 22801. The "Terrain Elevations" and "Flagpole Heights" buttons are visible. The "Disable Onsite Receptors" and "Disable Offsite Receptors" checkboxes are unchecked. The "List" button is highlighted. The "Previous", "Next", and "Close" buttons are also visible. The "Plotfile List" is "NOx Trial 1 ADI01H1GALL.PLT" and the "Output Type" is "Concentration". The status bar shows "PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 1-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL" and "Max: 288,88178 [ug/m³] at (569483,85, 60496,62)".

Model: AERMOD

Uniform Cartesian Grid Receptor Network

Network ID: UCART1

SW Coordinates [m]: X Axis: 563214,06 Y Axis: 52135,08

Center Coordinates [m]: X Axis: 570714,06 Y Axis: 59635,08

No. of Points: 151 151

Spacing [m]: 100 100

Length [m]: 15000,00 15000,00

Receptors: 22801

Plotfile List: NOx Trial 1 ADI01H1GALL.PLT

Output Type: Concentration

PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 1-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL

Max: 288,88178 [ug/m³] at (569483,85, 60496,62)

6. Input data *Buildings* jika ada bangunan yang tingginya melebihi atau setara dengan tinggi cerobong

AERMOD View 9.6.1.1 - Model: AERMOD - [C:\Users\Lenovo\YOGA500\Dropbox\Aermold\Terbaru 1 Mei 2019\NOx Trial 1\NOx Trial 1.sjc]

File Model Edit View Import Export Data Run Output Risk AERMAP Multimedia Tools Help

Building Inputs

Preview

Building

Active ID:

Base Elevation [m]: [ft]

Description (Optional):

Tiers of Current Building

#	Height [m]	Height [ft]
1	20.00	65.62
2	20.00	65.62
3	20.00	65.62

Add Remove Convert Sloped Roof

Tier Type:

Reference Point (SW Corner)

X Coordinate [m]:

Y Coordinate [m]:

Tier Parameters

X-Length [m]: [ft]

Y-Length [m]: [ft]

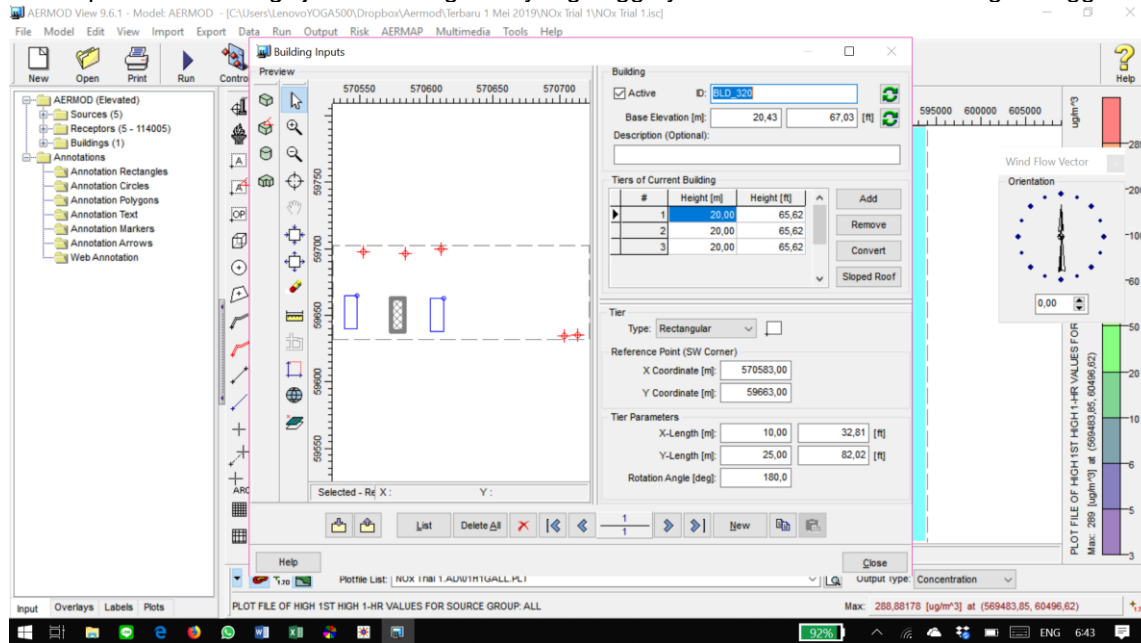
Rotation Angle [deg]:

Plot File of High 1st High 1-HR Values for Source Group: ALL

Max: 288,88178 [ug/m³] at (569483,85, 60496,62)

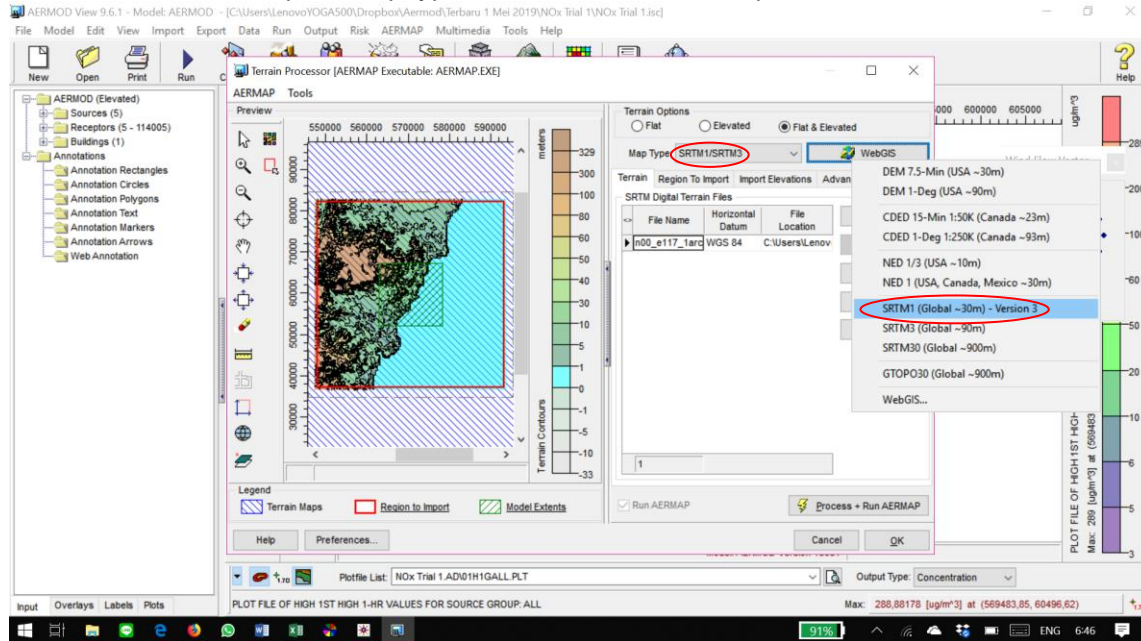
92%

6:43

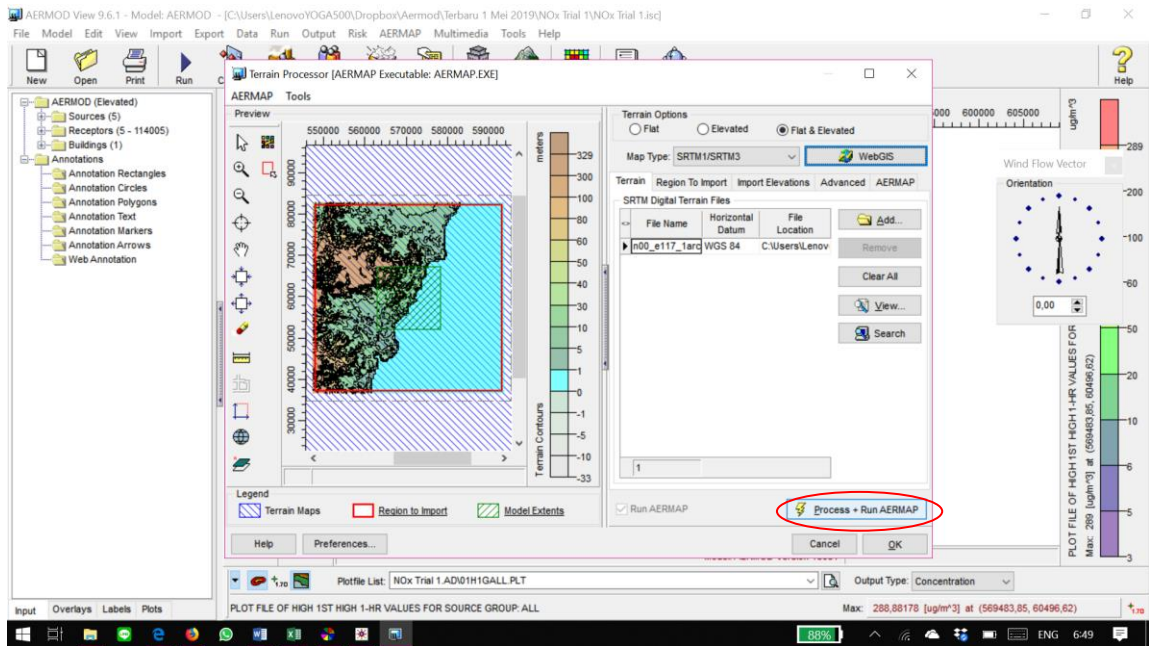


7. Running *Terrain Processor* pada AERMAP

- Pilih format file pada *Map type* kemudian download file pada WebGIS



- **Process + Run AERMAP**



8. Menentukan Control Pathway

- Dispersion Options

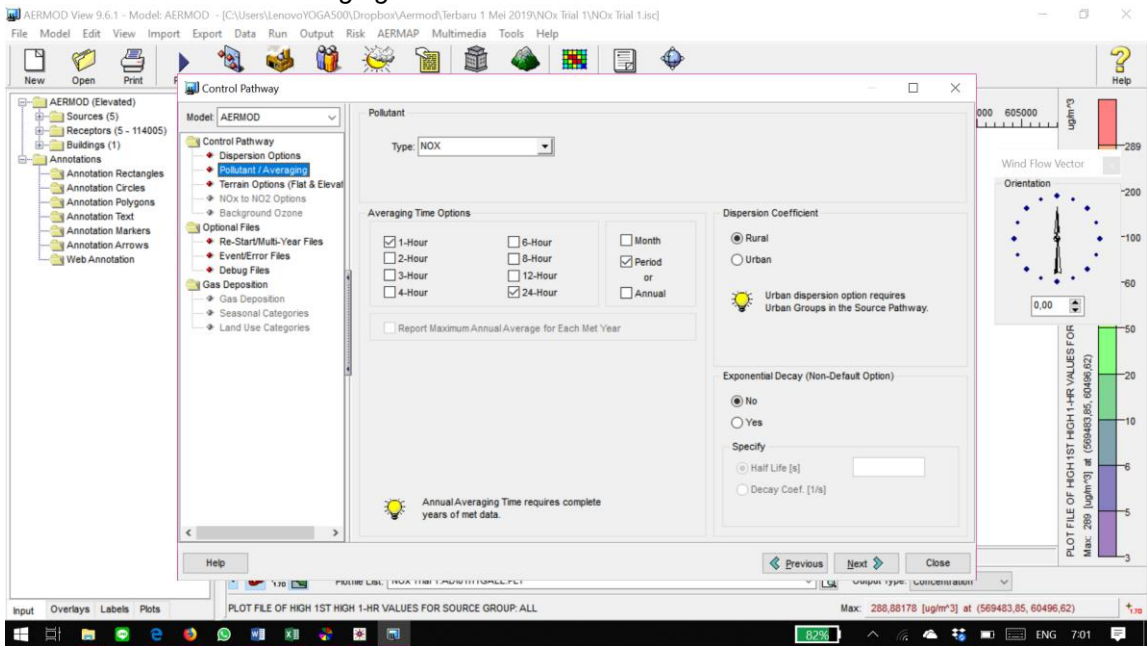
The screenshot displays the AERMOD software interface with the 'Control Pathway' dialog box open. The dialog is titled 'Control Pathway' and shows the following settings:

- Regulatory Options:** Default, Non-Default
- Output Type:** Concentration, Dry Deposition, Total Deposition, Wet Deposition
- Depletion Options:** Dry Depletion, Wet Depletion, Disable Dry Depletion, Disable Wet Deposition
- Model Options (Version #18081):**
 - Flat (FLAT)
 - Flat & Elevated (FLAT ELEV)
 - No Stack-Tip Downwash (NOSTD)
 - Conversion of NOx to NO2
 - Capped and Horizontal Stack Releases
 - Fast All Sources (FASTALL)
 - Fast Area Sources (FASTAREA)
 - Optimized Area Source Plume Depletion (AREADPLT)
 - No Output Warnings (NOWARN)
 - Non-fatal Warnings for Non-sequential Met Data (WARNCHKD)
 - No Checks for Non-Sequential Met Data (NOCHKD)
- Low Wind Options (ALPHA):**
 - Adjusted Friction Velocity (u^*) in AERMET (ADJ_U*)
 - Disable Horizontal Meander (LOWWIND1)
 - Adjust Horizontal Meander (LOWWIND2)
 - Adjustment similar to FASTALL (LOWWIND3)
- Other Options:**
 - Run in Screening Mode (SCREEN)
 - Gas Deposition
 - Sampled Chronological Input Model (SCM)
 - Ignore Urban Night / Daytime Transition (NOURBTRAN)

A tip box at the bottom left of the dialog provides information: LOWWIND1 & LOWWIND2 valid for model versions 12345-16216r only (BETA), LOWWIND3 valid for model versions 15181-16216r only (BETA), and LOW_WIND valid for model version 18081 only (ALPHA).

On the right side of the dialog, there is a 'Wind Flow Vector' plot showing a circular orientation with a central arrow pointing upwards. Below it is a vertical bar chart titled 'PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 1-HR VALUES FOR Max: 288.88178 [ug/m^3] at (569483.85, 60496.62)'. The bar chart shows a single bar with a maximum value of 288.88178 ug/m^3.

- **Pollutant/Averaging**



• Terrain Options

The screenshot displays the AERMOD View 9.6.1-1 software interface. The main window is titled "Control Pathway" and shows the "Terrain Height Options" section. The "Non-Default Regulatory Options" are set to "Flat & Elevated". A diagram illustrates three terrain types: "Complex Terrain", "Elevated Terrain", and "Flat Terrain", each with a corresponding stack height and base. The "Receptor Elevations/Hill Heights" section has two radio buttons: "Run AERMOD using the AERMAP Receptor Output file (*.ROU)" (selected) and "Run AERMOD using the Elevations/Hill Heights specified in your project". A tip box explains that using the AERMAP ROU file prevents editing elevations and hill heights in the Receptor Pathway, while using project-specified values requires importing them.

Model: AERMOD

Terrain Height Options

Non-Default Regulatory Options

Elevated Flat Flat & Elevated

Complex Terrain Elevated Terrain Flat Terrain

Stack Height Stack Base

Receptor Elevations/Hill Heights

Run AERMOD using the AERMAP Receptor Output file (*.ROU)

Run AERMOD using the Elevations/Hill Heights specified in your project

Tip

If you run AERMOD using the AERMAP ROU file, you will not be able to edit the Elevations and Hill Heights in the Receptor Pathway.

If you run AERMOD using the Elevations/Hill Heights specified in your project, you will be required to import Elevations and Hill Heights into your project.

Wind Flow Vector

Orientation

0.00

PLOT FILE OF HIGH 1ST HCH 1-HR VALUES FOR Max: 288.88178 [ug/m³] at (569483.85, 60496.62)

Max: 288.88178 [ug/m³] at (569483.85, 60496.62)

9. Running AERMOD

The screenshot displays the AERMOD software interface. The main window shows a map with a coordinate grid (UTM North [m] on the y-axis, ranging from 40000 to 80000, and an unlabeled x-axis, ranging from 535000 to 540000). A Project Status dialog box is open in the center, titled "Project Status [AERMOD - AERMOD.EXE]". The dialog contains the following information:

- Input File: NOX TRIAL 1.ADI
- Output File: NOX TRIAL 1.ADO
- Control Source Receptor Meteorological Output
- Dispersion Options: NON-DEFAULT (? None of the NON-DEFAULT options selected)
- Output Types: CONC
- Urban Dispersion Option: NO
- Plume Depletion: ---
- Output Warnings: NO
- Pollutant: NOX
- Averaging Time: 1 24 PERIOD
- Exponential Decay: NO
- Terrain Height: ELEVATED
- Flagpole Receptors: NO (0.0 m)
- Optional Files:
 - EVENT Input File: NO
 - Re-Start File: NO
 - Error Listing File: YES
 - Model Debug File: NO
 - Met Profile Debug File: NO

At the bottom of the dialog, there is a "Run" button highlighted with a red circle. Other buttons include "Help", "Preferences...", "Details...", "Verify Run", and "Close". The status bar at the bottom of the main window displays "Model AERMOD Version 18051" and "PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 1-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL". The status bar at the bottom of the screen shows "Max: 288,88178 [ugm³] at (569483.85, 60496.62)".

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Hanifah Kurniawati merupakan nama lengkap penulis. Penulis lahir di Blitar tanggal 18 Juli 1997. Penulis bertempat tinggal di Jalan Gambut K.196, Swarga Bara, Kutai Timur, Sangatta. Orang tua penulis bernama Murdjito dan Yuni Rahayu. Pendidikan formal penulis antara lain SD YPPSB Sangatta, SMPIT Daarussalaam Sangatta kemudian di tahun kedua pindah ke SMPIT Istiqomah Balikpapan, dan MAN 1 Malang. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan ITS Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211540000110.

Penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa. Penulis tercatat sebagai anggota aktif HMTL ITS dan Paduan Suara Mahasiswa ITS. Penulis pernah terlibat dalam kepengurusan di HMTL ITS antara lain sebagai staff departemen Kewirausahaan, dan sebagai sekretaris bidang Pengembangan Sumber Daya Musik tahun 2017 di Paduan Suara Mahasiswa ITS. Prestasi yang pernah diraih adalah mendapatkan Juara 3 di bidang paduan suara dalam “Llangollen International Musical Eisteddfod” di Wales Utara tahun 2017. Selain itu penulis juga pernah meraih medali emas di Soegijapranata Choral Festival di Semarang tahun 2018. Berbagai pelatihan dan seminar bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Informasi lebih lanjut tentang penulis dapat dihubungi melalui email ardhi.rahmadhani13@mhs.enviro.its.ac.id.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948866, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

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

Nilai TOEFL : 400

Hari, tanggal : Selasa, 7 Mei 2019
Pukul : 14.00 - 15.00
Lokasi : TL 102
Judul : Pemodelan Pola Penyebaran Pencemar Udara PLTU PT. Kaltim Prima Coal Menggunakan AERMOD
Nama : Hanifah Kurniawati
NRP. : 03211540000110
Topik : Penelitian

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
①	Peta? dg kemarau WR plot & hasil model identik? Kenapa → coba dicek kembali!
②	Windrose kemarau dg peta? dicek lagi! Penjelasan disupri di gndakan analisis, BM bukan dominan / tdk dominan.
③	Bgn hasil monitoring dg model? di jelaskan, tda disupri ⇒ rencana prioritas pengelolaan.

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. ALI FADLI ASSOMADI, S.Si., M.T

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Hanifah Kurniawati
 NRP : 0321154000110
 Judul : Modelan Pola Penyebaran Kecepatan Udara PLTU Pt. Kalihim Pawa
 Cal Pengorganisaan AERMAP.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	2 / 01 / 2019	Proposal - Bab 3 → 1. Hubungan parameter dgn graf variabel → grafik. 2. Bagaimana hani 3. Hubungan variabel dgn penelitian	Aef
2.	09/01 /2019.	Proposal bab 3 → memodelkan elisring, memodelkan 6 London hijan → min rata? . max kemarau → min. rata? . max	Aef
3.	20/02 /2019.	1. Cari rumus untuk interpolasi data yg hilang! 2. Belajar bagaimana menggunakan AERMAP jika berada di karantina 3. Simulasikan saat normal dan start up cerobong.	Aef
4.	4 / 03 / 2019	1. Tentukan VM Kalimantan Timur! 2. Tentukan x & y dalam VM Center perusahaan 3. Install Google earth!	Aef
5.	11 / 03 / 2019.	1. Data yg harus lengkap : ambien, meteorologi, beban emis 2. Coba dulu dengan data tipikal untuk di masukkan AERMAP! 3. Rupaya tau dulu hasilnya. 3. Latihan pemetaan & data (70% b) Stasiun (80% /) Tulis (100% /)	Aef
6.	11 / 03 / 2019	1. Source Pathway → suhu, emision rate (asumsi dulu), gas exit flowrate (dimal), tinggi cerobong. 2. Meteorology Pathway 1. surface . stc 2. Profile . PFL 3. Near → masukkan data . sam	Aef
7.	22 / 03 / 2019	1. Ambil data dari www . mdc . noaa 2. Rumus beban emis $CA = \frac{TN}{TA}$	Aef
8.	25 / 04 / 2019	Stasiun! Paraf $\begin{matrix} \text{NOx} \\ \text{SO}_2 \\ \text{TSP} \end{matrix} \begin{matrix} \text{Hijan} \\ \text{normal} \\ \text{start up} \end{matrix} \begin{matrix} \text{NOx} \\ \text{SO}_2 \\ \text{TSP} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{NOx} \\ \text{SO}_2 \\ \text{TSP} \end{matrix} \begin{matrix} \text{Kemarau} \\ \text{normal} \\ \text{start up} \end{matrix} \begin{matrix} \text{NOx} \\ \text{SO}_2 \\ \text{TSP} \end{matrix}$	Aef

Surabaya, 26 April 2019...
 Dosen Pembimbing

Hadi Jomari

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



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

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

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

Hari, tanggal : Senin, 8 Juli 2019

Nilai TOEFL 457

Pukul : 07.30-09.30

Lokasi : TL 105

Judul : Pemodelan Pola Penyebaran Pencemar Udara PLTU PT. Kaltim Prima Coal Menggunakan AERMOD

Nama : Hanifah Kurniawati

Tanda Tangan

NRP. : 03211540000110

Topik : Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<p>lihat saran² pengaji.</p> <p>→ Gambar 4.20 - 4.31 → ditambahkan pembalasan</p> <p>→ Topografi → lihat dg potensi pengelolaan.</p> <p>→ Khatulistiwa → lihat dg hasil disipri model → saran penelitian.</p> <p>→ Membandingkan hasil hujan/curawan pd topografi & titik dgn sama utlre di Gajah.</p> <p style="text-align: right;">Ae. 26/7 2019 <i>[Signature]</i></p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistansi 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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

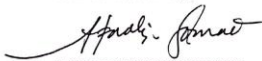


FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Hanifah Kurniawati
NRP : 0321154 0000110
Judul Tugas Akhir : Permodelan Pola Penyebaran Pemutar Udara PLTU PT. Kaltim Prima
Coal Menggunakan AERMOD.

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Berikan analisis dan pembatasan: - kategori kemarau dan hujan. - hasil pemodelan - Mengapa.	• Pada halaman 71 sudah dilengkapi penjelasan mengapa hasil pemodelan konsentrasi tertinggi jatuh pada prak tersebut. Dan kategori kemarau dan hujan sudah diganti dengan bulan Desember - April dan Mei - November
2.	Tambahkan narasi: - daerah dipersi - daerah di pemukiman penduduk.	• Pada halaman 56 daerah dipersi sudah ditambahkan. Dan daerah pemukiman penduduk sudah dijelaskan di halaman 71.
3.	Tampilkan gambar, gambar skala bisa dihilangkan. Perbaiki $SO_2 \rightarrow SO_2$, $ug/m^3 \rightarrow ug/m^3$	• Tampilan gambar sudah diperbaiki semua menjadi  Penulisan satuan sudah diperbaiki semua.
4.	Rapikan daftar isi, daftar gambar, salah keft, posisi sumber tabel, penyajian windrose	• Daftar isi, gambar, dan tabel sudah dirapikan. Posisi penulisan sumber sudah rata kiri semua. Penjelasan windrose sudah lengkap di halaman 49
5.	Tambahkan gambar posisi cerobong	• Ditambahkan di halaman 49.
6.	Kesimpulan 2 diperbaiki	• Sudah sesuai karena huruf 2 diganti
7.	Selain no 1 dan 2 harus ada di pembahasan.	• Sudah ditambahkan penjelasan terkait saran di halaman 75.

Dosen Pembimbing,



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

Mahasiswa Ybs.,


HANIFAH KURNIAWATI



Scanned with
CamScanner

“Halaman ini sengaja dikosongkan”