



Tesis - TM185400

**ANALISA SEBARAN EMISI PARTIKULAT DARI
PEMAKAIAN BATU BARA KEGIATAN
OPERASIONAL PLTU SURALAYA**

VINI CHARLOTH, ST
NRP. 02111750078004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. WAWAN ARIES WIDODO, ST.MT
CO DOSEN PEMBIMBING
IDAA WARMADEWANTHI, ST. MT. Ph.D.

Program Magister
Bidang Keahlian Manajemen Energi
Kerjasama PT. Indonesia Power
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



THESIS - TM185400

**ANALYSIS OF PARTICULATE DISPERSION IN
SURALAYA COAL - FIRED POWER PLANT**

**VINI CHARLOTH, ST
02111750078004**

SUPERVISOR

**Dr. WAWAN ARIES WIDODO, ST.MT
IDAA WARMADEWANTHI, ST. MT. Ph.D.**

**Master Program
Field Study Of Energy Management
In Cooperation With PT. Indonesia Power
Department Of Mechanical Engineering
Faculty Of Industrial Technology And System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

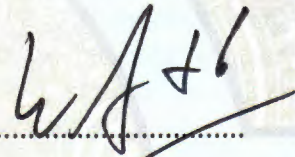
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
VINI CHARLOTH
02111750078004

Tanggal Ujian: 18 Januari 2020
Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Dr. Wawan Aries Widodo, S.T., M.T.
NIP 197104051997021001



.....

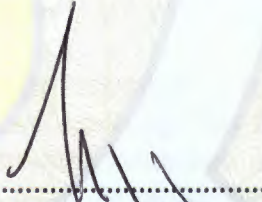
2. IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D
NIP 197502121999032001



.....

Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. Triyogi Yuwono, DEA.
NIP 196001291987011001



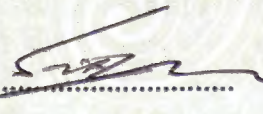
.....

2. Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T.
NIP 197301161997021001



.....

3. Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng., Sc.
NIP 196604021989031002



.....

Kepala Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng., Sc.
NIP: 196604021989031002



(halaman ini sengaja dikosongkan)

Analisa Sebaran Emisi Partikulat Dari Pemakaian Batu Bara Kegiatan Operasional PLTU Suralaya

Mahasiswa Nama : Vini Charloth, ST
Mahasiswa ID : 02111750078004
Pembimbing : Dr. Wawan Aries Widodo ST. MT.,
IDAA Warmadewanthi, ST. MT. Ph.D.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Suralaya memiliki 7 unit pembangkit dengan total kapasitas 3400 MW berbahan bakar batu bara. Kebutuhan batu bara PLTU Suralaya adalah sebesar 33000 – 35000 ton/hari, setelah beroperasi lebih dari 20 tahun, PLTU Suralaya dihadapkan pada kesulitan pasokan batu bara yang memenuhi kualitas desain pembangkit sehingga konsumsi batu bara berasal dari beberapa pemasok dengan variasi kualitas batu bara. Variasi kualitas batu bara tentu memberikan pengaruh terhadap peralatan pembangkit dan polutan yang dikontribusikan ke lingkungan. Salah satu polutan yang sangat identik dengan PLTU batu bara adalah partikulat dalam bentuk abu terbang yang keluar dari cerobong baik berupa partikulat abu dengan diameter aerodinamik antara 25-40 mikron yang disebut *Total Suspended Particulate* (TSP) maupun partikulat abu dengan diameter aerodinamik < 10 mikron (PM₁₀). Abu terbang yang diemisikan ke lingkungan adalah sebesar 112.000 s/d 128.800 ton/tahun. Dengan kondisi tersebut, perlu diketahui apakah konsentrasi partikulat ke lingkungan masih memenuhi daya dukung lingkungan. Adapun dalam melakukan pengendalian pencemaran partikulat PLTU Suralaya menggunakan *Electrostatic Precipitator* (ESP).

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melalui tahapan mengumpulkan data sekunder berupa emisi partikulat, data cerobong dan data terkait meteorologi (temperatur, tekanan udara, kelembapan udara, kecepatan, arah angin dan *windrose*). Pemodelan sebaran emisi dan konsentrasi partikulat dalam radius 15 km diprediksi dengan perangkat lunak AERMOD dan sebagai validasi dilakukan pengukuran partikulat (TSP dan PM₁₀) pada lokasi pemantauan kualitas udara ambien PLTU Suralaya unit 1-7.

Kecepatan angin di Suralaya dominan pada 0,5 - 3,6 m/s yang termasuk kategori angin tenang dengan arah menuju selatan pada musim kemarau dan ke arah timur pada musim hujan. Penggunaan batu bara BA memberikan konsentrasi TSP tertinggi dibandingkan dengan batu bara BE dan AO dengan konsentrasi sebesar 22,275 µg/m³ pada 24 jam dengan radius sejauh 4,33 km. PLTU Jawa 9 dan 10 menambah kontribusi pencemar sebesar 0,4% - 5,6% dari kualitas udara ambien saat ini berdasarkan pemantauan triwulanan untuk periode 24 jam. Hasil pemodelan TSP dan PM₁₀ PLTU Suralaya unit 1-7 dalam radius 15 km menunjukkan bahwa perlu ditambahkan 4 titik pemantauan baru berdasarkan besaran kontribusi konsentrasi sebaran TSP dan PM₁₀.

Kata kunci : PLTU Batu Bara, Emisi, Partikulat, Sebaran, AERMOD

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Analisa Sebaran Emisi Partikulat Dari Pemakaian Batu Bara Kegiatan Operasional PLTU Suralaya

Student Name : Vini Charloth, ST
Student Identity Number : 02111750078004
Supervisor : Dr. Wawan Aries Widodo ST. MT.
IDAA Warmadewanthi, ST. MT. Ph.D.

ABSTRACT

The Suralaya coal-fired power plant (CPP) has 7 generating units with a total capacity of 3400 MW coal-fired. Suralaya power plant coal demand is 33000 - 35000 tons / day, after operating for more than 20 years, Suralaya CPP is faced with coal supply difficulties that meet the design quality of the plant so that coal consumption comes from several suppliers with variations in coal quality. Variations in the quality of coal certainly have an effect on generating equipment and pollutants that contribute to the environment. One of the pollutants that is identical to coal-fired power plants is particulate matter in the form of fly ash coming out of the chimney in the form of ash particulate with aerodynamic diameter between 25-40 microns called Total Suspended Particulate (TSP) and ash particulate with aerodynamic diameter <10 microns (PM10). Fly ash emitted to the environment is 112,000 to 128,800 tons / year. Under these conditions, it is necessary to know whether the concentration of particulates released into the environment still meets the carrying capacity of the environment. As for controlling the pollution of Suralaya CPP particulates, the power plant installed the Electrostatic Precipitator (ESP).

The research method used is through the stages of collecting secondary data in the form of particulate emissions, chimney data and data related to meteorology (temperature, air pressure, humidity, speed, wind direction and windrose). Modeling of the distribution of emissions and concentrations of particulates within a 15 km radius was predicted using AERMOD software and as a validation, particulate measurements (TSP and PM10) were carried out at ambient air quality in monitoring points of Unit 1-7.

Wind speed in Suralaya is dominant at 0.5 - 3.6 m / s, which is included in the category of calm wind with a direction to the south in the dry season and east to the rainy season. The use of BA coal gave the highest TSP concentration compared to BE and AO coal with a concentration of 22.275 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ at 24 hours with a radius of 4.33 km. Java Power Plant 9 and 10 add pollutant contribution of 0.4% - 5.6% of the current ambient air quality based on quarterly monitoring for a 24 hour period. The results of the TSP and PM10 modeling of the Suralaya CPP unit 1-7 within a 15 km radius indicate that 4 new monitoring points need to be added based on the contribution magnitude of the TSP and PM10 distribution.

Keywords: coal-fired power plant, Coal, Particulate, Dispersion, AERMOD

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Finally, selesai juga 😊. Begitulah gambaran kelegaan yang dirasakan, tentunya Tesis ini dapat terselesaikan berkat dukungan banyak pihak. Pertama, puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan YME atas segala kekuatan, kesempatan dan jalan keluar dalam menghadapi berbagai hal dalam kehidupan ini termasuk segala dilematika kuliah dan tanggung jawab pekerjaan serta menjaga keseimbangan hidup. Terima kasih kepada PT Indonesia Power yang sudah memberi ruang bagi saya untuk mewujudkan salah satu mimpi bisa kuliah S2 meskipun bukan jurusan ini awalnya yang saya bayangkan, namun ternyata begitu banyak pembelajaran yang saya peroleh and *It Was Amazing*. Teruntuk Pak Wawan Aries selaku dosen pembimbing saya, *thanks for choosing me Pak, u save me*. Terima kasih atas segala bimbingan dan pengertian Bapak atas segala keterbatasan mahasiswimu ini Pak. Begitu pula Ibu Warma dari Teknik Lingkungan atas kesediaannya menjadi pembimbing.

Hal luar biasa lainnya adalah kuliah bersama dengan temen-temen kelas S2 kerjasama IP seBanten Raya. Terima kasih teman-teman untuk kebersamaan luar biasa selama hampir 2 tahun ini, khususnya *my genk*: 1) Bang Ronny Sirait yang selalu siap sedia membantu dalam belajar dan tugas-tugas perkuliahan, saya rela jadi supir abang buat trayek PP Suralaya-Cilegon Barat; 2) Dini Rahmawati, teman perempuan satu-satunya dan temen sebangku selalu sampai lulus ya, bendahara handal kelas kami; 3) Mas Suyadi selaku penentu tempat makan malam kami ketika perkuliahan di Surabaya. *See u on TOP* teman-teman.

Terima kasih untuk kedua orang tua saya yang selalu mendukung dalam doa dan kerelaannya untuk tidak ditengok anak wedok satu-satunya lantaran *weekend* ada perkuliahan. Makasih mama Ita, yang selalu menanyakan sudah ngerjain Tesisnya, *eventhoug u don't know about it*. Terima kasih kepada Cynthia dan Beni for totally supportnya sehingga membuat hidup saya menjadi lebih ringan ditengah tanggung jawab baru di kantor dengan target penyelesaian Tesis ini.

Terakhir, saya menyampaikan terima kasih kepada: 1) Tim Lingkungan Suralaya yang sudah pengertian membantu pekerjaan di unit berjalan baik ketika saya harus berjibaku dengan tugas kuliah yang sudah *injury time*. 2) Seluruh dosen pengajar dalam program kerjasama ini untuk ilmu pengetahuan, ilmu hidup dan berbagai nasehatnya yang semoga membuat kami menjadi pribadi yang lebih baik dan bermanfaat bagi banyak orang. 3) Managemen Suralaya PGU atas dukungannya baik sebagai personal maupun sebagai bagian dari organisasi. 4) Tim SDM Kantor Pusat dan SDM Suralaya PGU yang membantu segala Administrasi penunjang kegiatan perkuliahan. 5) Tim TU Jurusan Teknik Mesin ITS, Ibu Celly dan rekan-rekan atas bantuan dalam mendukung perkuliahan kami. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu namun tidak saya sebutkan, bantuan kalian sangat berarti.

Mengutip kata bijak “Tak Ada Gading yang Tak Retak”, maka mohon dimaafkan atas segala khilaf selama interaksi dalam kegiatan perkuliahan ataupun dalam hal menunjang perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis. *Last but not least*, semoga Tesis yang saya susun memberikan manfaat bagi banyak orang.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Batu Bara.....	7
2.1.1 Komponen dan Sifat Batu Bara.....	7
2.1.2 Klasifikasi Batu Bara	9
2.2 Abu Batu Bara.....	11
2.3 Pengendalian Partikulat Abu Terbang dengan <i>Electrostatic Precipitator</i>	12
2.4 Pengaruh Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara	14
2.5 Sebaran Pencemar	17
2.6 AERMOD	18
2.7 Penelitian Terdahulu	19

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1	Tahapan Penelitian	23
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.3	Pengumpulan dan Pengolahan Data	25
3.4	Simulasi Sebaran	26
3.5	Variabel Model.....	29
3.6	Validasi Model	29
3.7	Penutup.....	31
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Observasi Meteorologi	33
4.2	Topografi di PLTU Suralaya	34
4.3	Hasil Modeling AERMOD.....	35
4.3.1	Kontribusi Pencemaran PLTU Suralaya terhadap Kualitas Udara Ambien 35	
4.3.2	Total Solid Particle (TSP) Tanpa PLTU Suralaya 9 dan 10 Berdasarkan Variasi Batu Bara.....	45
4.3.3	Dispersi TSP dengan adanya PLTU Jawa Unit 9 dan 10	53
4.3.4	Dispersi Konsentrasi PM10	56
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	59
	KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran	60
	DAFTAR PUSTAKA.....	61
	LAMPIRAN	64
	BIOGRAFI PENULIS	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1. Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit (data diperoleh dari Outlook Energi Indonesia, 2016) Ket: MTOE : <i>Million Tonnes Oil Equivalent</i>	2
Gambar 2-1. Konsentrasi Unsur Fly Ash PLTU Suralaya (data diperoleh dari Bunawas, dkk (2018))	12
Gambar 2-2. Perubahan Kecepatan Angin Berdasarkan Ketinggian (data diperoleh dari Driejana, dkk (2011)).....	15
Gambar 2-3. Perubahan Temperatur Terhadap Ketinggian (data diperoleh dari Driejana, dkk (2011)).....	17
Gambar 2-4. Rata-rata Konsentrasi Emisi PLTU yang Diteliti (data diperoleh dari Mokhtar, dkk (2014)).....	20
Gambar 2-5. Hasil Pemodelan Prediksi Konsentrasi SO ₂ Rata-Rata Satu Jam (data diperoleh dari Mokhtar, dkk (2014)).....	20
Gambar 2-6. Hasil Pemodelan Prediksi Konsentrasi PM ₁₀ Rata-Rata Satu Jam (data diperoleh dari Ma, dkk (2013)).....	21
Gambar 2-7. Contoh Hasil Pemodelan AERMOD untuk Prediksi Konsentrasi NO ₂ pada musim kering dan musim penghujan (data diperoleh dari Seangkiatiyuth, dkk (2011)).....	22
Gambar 3-1. Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3-2. Peta Wilayah Studi.....	25
Gambar 3-3. Aliran data pada sistem pemodelan AERMOD (data diperoleh dari AERMOD Description of Model Formulation, EPA 2004).	26
Gambar 3-4. Koordinat Gaussian Plume dari Sumber Emisi yang Kontinyu (AERMOD Description of Model Formulation, EPA 2004).....	27
Gambar 3-5. Peta lokasi pemantauan kualitas udara ambien PLTU Suralaya (data diperoleh dari PLTU Suralaya, 2018).	30
Gambar 3-6. Rincian Metodologi Studi	31
Gambar 4-1. Karakteristik Angin di PLTU Suralaya: (a) tahunan (b) musim kering (musim hujan)	33
Gambar 4-2. Arah Angin di sekitar lokasi PLTU Suralaya	34

Gambar 4-3. Variasi Kecepatan Angin di Sekitar PLTU Suralaya Tahun 2016 - 2018	34
Gambar 4-4. Topografi di Sekitar PLTU Suralaya.....	35
Gambar 4-5. Kualitas Udara Ambien TSP di Sekitar PLTU Suralaya Unit 1-7 Tahun 2019	36
Gambar 4-6. Kualitas Udara Ambien PM10 di Sekitar PLTU Suralaya Unit 1-7 Tahun 2019.....	38
Gambar 4-7. Pemodelan TSP Dengan Batu Bara BA Sesuai Titik Pemantauan pada AMDAL dalam 24 Jam	39
Gambar 4-8. Konsentrasi TSP Setelah 24 Jam dengan Operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10.....	40
Gambar 4-9. Pemodelan PM10 Dengan Batu Bara BA Sesuai Titik Pemantauan pada AMDAL dalam 24 Jam Tanpa PLTU Jawa Unit 9 & 10.....	41
Gambar 4-10. Prediksi Kontribusi TSP PLTU Jawa 9 & 10 terhadap Kualitas Udara Ambien	44
Gambar 4-11. Kontribusi Pencemaran TSP Terhadap Udara Ambien Karena PLTU Suralaya & PLTU Jawa 9&10	45
Gambar 4-12. Kualitas TSP per jam Berdasarkan Jenis Pemasok Batu Bara	45
Gambar 4-13. Kualitas TSP per hari Berdasarkan Jenis Pemasok Batu Bara.....	47
Gambar 4-14. Kualitas TSP per tahun Berdasarkan Jenis Pemasok Batu Bara	48
Gambar 4-15. Dispersi Prediksi Konsentrasi Tertinggi TSP dari PLTU Suralaya 1-7	50
Gambar 4-16. Model Dispersi PLTU Suralaya Unit 1-7 dalam 1 Jam.....	51
Gambar 4-17. Model Dispersi PLTU Suralaya Unit 1-7 dalam 1 Hari.....	51
Gambar 4-18. Model Dispersi PLTU Suralaya Unit 1-7 dalam 1 Tahun.....	51
Gambar 4-19. Peta Sebaran Partikulat Berdasarkan Variasi Batu Bara	52
Gambar 4-20. Peta Tata Guna Lahan Kota Cilegon dengan Sebaran Partikulat (TSP & PM10) dari PLTU Suralaya.....	53
Gambar 4-21. Dispersi Konsentrasi Tertinggi TSP dari PLTU Jawa 9 dan 10.....	54
Gambar 4-22. Peta Sebaran Partikulat PLTU Suralaya Unit 1-7 Dan Jawa 9-10	55
Gambar 4-23. Konsentrasi PM10 di 10 Titik Konsentrasi Tertinggi	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1-1. Tahapan Pembangunan dan Operasi PLTU Suralaya.....	1
Tabel 2-1. Klasifikasi Batu Bara Berdasarkan Peringkat.....	10
Tabel 2-2. Persyaratan Kualitas Batu Bara PLTU Suralaya Berdasarkan Desain	10
Tabel 2-3. Kualitas Batu Bara Yang digunakan.....	11
Tabel 2-4. Efisiensi Penyaringan EP di PLTU Suralaya Tahun 2018	13
Tabel 2-5. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Emisi Total Partikulat di Cerobong PLTU Suralaya.....	14
Tabel 2-6. Nilai n untuk Berbagai Kondisi Stabilitas	16
Tabel 2-7. Kondisi Stabilitas Pasquill yang Berhubungan dengan Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari.....	18
Tabel 4-1. Kualitas Udara Ambien Tahun 2019 di Titik Pemantauan PLTU Suralaya: TSP & PM10.....	37
Tabel 4-2. Kontribusi Pencemaran TSP PLTU Suralaya Terhadap Udara Ambien	41
Tabel 4-3. Kontribusi Pencemaran TSP PLTU Suralaya dan PLTU Jawa Unit 9-10 Terhadap Udara Ambien.....	42
Tabel 4-4. Kontribusi Pencemaran PM10 PLTU Suralaya Terhdap Udara Ambien	43
Tabel 4-5. Estimasi Kualitas Pencemaran TSP dengan Operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10.....	43
Tabel 4-6. Jarak Titik Konsentrasi Tertinggi TSP per Jam.....	46
Tabel 4-7. Jarak Titik Konsentrasi Tertinggi TSP per Hari	47
Tabel 4-8. Jarak Titik Konsentrasi Tertinggi TSP per Tahun	49
Tabel 4-10. Lokasi Sebaran 10 Titik Konsentrasi Tertinggi PM10.....	56

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PLTU Suralaya merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang dimiliki oleh PT Indonesia Power, berbahan bakar batu bara dan terdiri dari 7 unit pembangkit dengan total kapasitas pembangkit sebesar 3400 MW. Kapasitas terpasang masing-masing unit 1-4 sebesar 400 MW/unit dan unit 5-7 sebesar 600 MW/unit, dengan *history* sebagaimana Tabel 1.1.

Tabel 1-1. Tahapan Pembangunan dan Operasi PLTU Suralaya

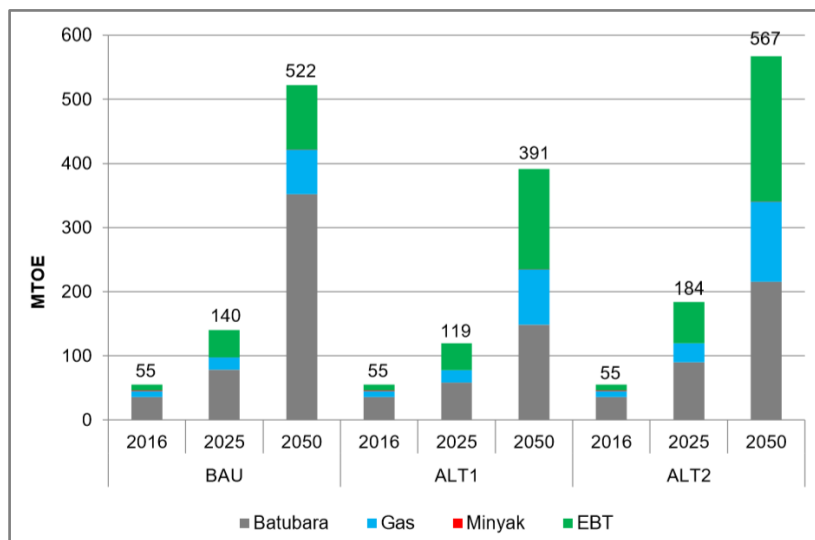
No.	Uraian	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6	Unit 7
1	Construction	1980		1984		1994		
2	First Firing	26/05/84	11/03/85	28/05/88	04/02/89	22/06/96	26/01/97	14/07/97
3	Synchronize	24/08/84	11/06/85	25/08/88	22/04/89	16/12/96	26/03/97	19/09/97
4	Commercial Operation	04/04/85	26/03/86	06/02/89	06/11/89	25/06/97	11/09/97	19/12/97

Sumber: Data PLTU Suralaya

Kegiatan operasional 7 unit pembangkit PLTU Suralaya menggunakan batu bara sub-bituminous yang bersumber dari Bukit Asam pada awalnya, namun seiring dengan perkembangan bisnis PT. Bukit Asam sumber batu bara untuk konsumsi PLTU Suralaya tidak lagi hanya bersumber dari Bukit Asam melainkan dari beberapa tambang di Kalimantan. Kebutuhan batu bara untuk operasional unit 1-7 setiap harinya kurang lebih sebesar 33.000 – 35.000 ton.

Kebijakan energi nasional dan tuntutan target kinerja unit pembangkit terkait biaya pokok produksi mengharuskan PLTU Suralaya untuk dapat melakukan upaya yang signifikan agar tetap dapat beroperasi sebagaimana target yang ditetapkan oleh PT PLN (PERSERO). Variabel-variabel yang mempengaruhi harga listrik meliputi: biaya investasi (*Capital Cost*); operasi dan pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*); bahan bakar (*Fuel Cost*) dan biaya eksternalitas (*Extranility Cost*) (Prasodjo, dkk, (2016)).

Penggunaan batu bara untuk sektor kelistrikan masih dominan sampai dengan tahun 2050 sebagaimana Gambar 1-1. Dapat dilihat bahwa pada tahun 2025 kebutuhan batu bara untuk pembangkit sebesar 78 MTOE pada skenario BAU berdasarkan data dari outlook energi Indonesia (OEI) 2016 dari total penggunaan batu bara sebesar 140 MTOE. Disisi lain, PLTU batu bara sebagaimana diketahui dalam operasionalnya menghasilkan emisi gas pencemar berupa SO_x, NO_x, Karbon Dioksida (CO₂), logam berat seperti Mercury (Hg) dan *Particulate Matter* (Howard, dkk, (2019)). Regulasi di Indonesia terkait dengan baku mutu pembangkit thermal mengatur batasan emisi yang diperbolehkan untuk parameter SO_x, NO_x, partikulat dan Mercury yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 15 Tahun 2019.



Gambar 1-1. Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit (data diperoleh dari Outlook Energi Indonesia, 2016) Ket: MTOE : *Million Tonnes Oil Equivalent*

Variasi kualitas batu bara tentunya memerlukan beberapa modifikasi peralatan utama dan pendukung dari PLTU dan juga kesiapsiagaan operator pembangkit untuk penyesuaian kondisi operasi. Disisi lain, aspek lingkungan juga perlu mendapatkan perhatian apakah dengan perubahan kualitas batu bara tidak akan merubah besaran beban emisi yang akan dikontribusikan oleh PLTU Suralaya. Apakah distribusi emisi dari kegiatan PLTU Suralaya masih sama setelah dilakukan

beberapa modifikasi penyesuaian. Jika ternyata berubah, apakah perubahan yang terjadi masih dapat diterima oleh lingkungan mengingat di area Suralaya sendiri terdapat 10 unit pembangkit yang dikelola oleh PT Indonesia Power dimana 8 unit telah beroperasi dan 2 unit dalam tahap pembangunan dengan total kapasitas 6020 MW. Selain itu, terdapat juga di daerah sekitar Suralaya PLTU batu bara milik IPP dan milik beberapa industri kimia.

Hal yang membedakan PLTU batu bara dengan pembangkit listrik fosil lainnya adalah terkait emisi partikulat yang tinggi dan juga paparan partikulat dari proses penanganan batu bara serta abu batu bara (Fly ash & Bottom Ash). Hal ini tentunya memberi pengaruh terhadap kualitas udara ambien, selaras dengan penelitian yang dilakukan (Li dkk, (2018)) bahwa konsumsi batu bara berkontribusi sekitar 15-16% terhadap pencemaran udara di Kota Beijing pada tahun 2014.

AERMOD merupakan pemodelan yang dikembangkan oleh *Industrial Sources Complex Short Term Model* (ISCST3), akurat digunakan untuk menggambarkan sebaran pollutan sampai dengan radius tidak lebih dari 50 km. Model terdiri dari 3 bagian yaitu AERMET, AERMAP dan AERMOD *Gaussian Plume Model* (Saengkiatiyuth, dkk, (2011)). Model AERMOD digunakan di Malaysia dan diterima oleh kementerian lingkungan hidup dalam menentukan prediksi sebaran pollutan terhadap kualitas udara ambien sebagai evaluasi terhadap analisa dampak lingkungan (Mokhtar, dkk, (2014)).

Berdasarkan paparan diatas, maka diperlukan evaluasi terhadap pola sebaran emisi partikulat dari kegiatan PLTU Suralaya. Evaluasi sebaran emisi yang diakui oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI adalah menggunakan metode Gaussian sehingga pemodelan menggunakan aplikasi AERMOD View dapat diterapkan.

Dengan mengetahui pola penyebaran partikulat dari PLTU Suralaya, diharapkan dapat dirumuskan suatu strategi pengelolaan pencemaran udara yang efektif. Strategi pengelolaan yang dimaksud dapat berupa strategi pemantauan (monitoring) maupun strategi pengendalian yang terintegrasi dengan rencana pengembangan unit pembangkit. Dengan adanya strategi tersebut, dampak negatif dari kegiatan operasional pembangkit dapat diminimalkan.

1.2 Perumusan Masalah

Variasi penggunaan batu bara, penurunan kinerja peralatan akibat usia pembangkit dan tuntutan kinerja unit beserta tuntutan lingkungan yang semakin ketat sangat mempengaruhi keberlangsungan operasional pembangkit PLTU Suralaya. Rencana pengembangan PLTU Jawa 9 dan 10 di Suralaya, membuat PLTU Suralaya eksisting diserang berbagai isu lingkungan dari lembaga-lembaga lingkungan hidup baik nasional maupun internasional. Salah satu parameter polutan yang cukup tinggi dihasilkan dari kegiatan PLTU batu bara adalah partikulat (Sui, dkk, (2016)). Variasi kualitas batu bara yang digunakan menyebabkan produksi abu terbang yang bervariasi antara ± 48.000 s/d 100.000 ton/tahun. PLTU Suralaya memiliki *Electrostatic Precipitator* (ESP) dalam melakukan pengendalian pencemaran abu batu bara, namun efisiensi ESP saat ini rata-rata sebesar 75% berdasarkan hasil uji efisiensi EP tahun 2018 yang dilakukan oleh Koperasi BATAN sehingga sekitar 112.000 s/d 128.800 ton/tahun abu terbang *released* ke lingkungan.

Hasil pengukuran emisi partikulat sebagaimana ketentuan regulasi di Indonesia dimonitor secara berkala setiap tahunnya dengan didukung oleh data meteorologi dari BMKG Serang dapat dilakukan pemodelan dispersi emisi partikulat dari kegiatan PLTU Suralaya unit 1-7. Reseptor yang merupakan daerah sensitive disesuaikan dengan kewajiban pemantauan AMDAL PLTU Suralaya unit 1-7, dimana secara berkala dilakukan pengukuran kualitas udara ambien. Hasil prediksi model partikulat untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran untuk dapat memprediksi besaran beban yang dikontribusikan PLTU Suralaya unit 1-7 ke lingkungan. Data desain rencana pengembangan Jawa 9 dan 10 dapat dimodelkan dan dihitung prediksi tambahan kontribusinya terhadap kualitas udara ambien saat ini.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tesis ini, guna mencapai tujuan yang diharapkan maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Parameter polutan yang menjadi objek penelitian adalah Partikulat

2. Sumber polutan yang diteliti adalah yang berasal dari sumber emisi tidak bergerak yaitu cerobong unit pembangkit PLTU Suralaya unit 1 s/d 7 dan rencana pengembangan JAWA 9 dan 10 yang berlokasi di Kelurahan Suralaya, Kecamatan Pulomerak, Provinsi Banten.
3. Data yang digunakan adalah data sekunder yang berasal dari PT Indonesia Power Unit Pembangkitan (UP) Suralaya. Sedangkan data meteorologi yang digunakan berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Serang untuk kurun waktu tiga tahun (2016 – 2018).
4. Variasi data pemasok batu bara berdasarkan 3 referensi data pemasok batu bara ke PLTU Suralaya unit 1-7.
5. Polutan yang diteliti tidak bersifat reaktif.
6. Laju perubahan bentuk serta penghilangannya tidak diperhitungkan
7. Prediksi pola sebaran partikulat (STP, PM₁₀) menggunakan perangkat lunak AERMOD dengan radius 15 km.
8. Validasi pemodelan dilakukan dengan membandingkan hasil data pemantauan triwulanan kualitas udara ambien yang dilakukan oleh laboratorium eksternal selama Tahun 2019 sesuai titik pantau berdasarkan AMDAL PLTU Suralaya Unit 1-7.
9. Terdapat sumber polutan lain pada daerah tersebut yang tidak masuk dalam objek penelitian sehingga berpotensi menimbulkan perbedaan antara prediksi sebaran berdasarkan pemodelan AERMOD dengan pengukuran di lapangan.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian dengan pemodelan menggunakan AERMOD adalah:

1. Mengetahui karakteristik meteorologi daerah PLTU Suralaya (arah angin, kecepatan angin) serta perbedaan antara musim penghujan dengan musim kemarau.
2. Mengetahui perbedaan sebaran dan konsentrasi partikulat ke lingkungan dengan penggunaan tiga varian batu bara berdasarkan data pengukuran emisi PLTU Suralaya unit 1-7.

3. Mengetahui perbedaan sebaran dan konsentrasi TSP dan PM_{10} dari rata-rata beban emisi tertinggi PLTU Suralaya unit 1-7 dan data desain TSP PLTU Jawa 9 dan 10.
4. Melakukan validasi dengan membandingkan hasil pemodelan sebaran dan konsentrasi TSP PLTU Suralaya unit 1-7 dan Jawa 9 – 10 dengan pengukuran kualitas udara ambien titik pemantauan PLTU Suralaya unit 1-7.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui potensi dampak yang ditimbulkan dari emisi partikulat untuk parameter TSP dengan adanya variasi penggunaan batu bara dengan kondisi operasional pembangkit PLTU Suralaya unit 1-7 saat ini.
2. Mengetahui prediksi sebaran dan konsentrasi sebaran dari emisi partikulat untuk parameter PLTU Suralaya unit 1-7, Jawa 9 dan 10 ke lingkungan.
3. Mengetahui kondisi kualitas udara dengan adanya penambahan Jawa 9 dan 10 di Suralaya.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tulisan pada Bab ini menjelaskan beberapa kaitan dengan teori dan kajian ilmiah yang menjadi rujukan penulis, yang berhubungan dengan kajian experimental maupun simulasi numerik maupun pemodelan AERMOD, yang dirujuk dari beberapa textbook, jurnal internasional maupun proceeding seminar internasional. Kajian-kajian tersebut disajikan secara terstruktur sesuai dengan tema tesis yang ditulis. Berbagai informasi penting dari tulisan tersebut menjadi dasar untuk memberikan arah yang benar dan akurat dalam menetapkan langkah-langkah yang dilakukan peneliti.

2.1 Batu Bara

2.1.1 Komponen dan Sifat Batu Bara

Batu bara merupakan gabungan dari beberapa macam zat yang mengandung unsur karbon, hidrogen dan oksigen dalam ikatan kimia bersama-sama dengan sedikit sulfur (Antonius dan Harsono, (2006)). Kualitas batu bara dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: jenis tumbuhan asal, umur pembentukan, lingkungan pengendapan, komponen-komponen pembentukanya dan lain-lain (Ribeiro dkk, (2014)).

Susunan komponen batu bara dapat ditinjau dari dua komposisi yaitu komposisi kimia dan komposisi fisika. Berdasarkan komposisi kimia batu bara terdiri dari komponen zat organik atau senyawa batu bara, air (*moisture*) dan bahan mineral (*mineral matter*) sebagai berikut:

- *Air (Moisture)*

Air yang terkandung dalam batu bara terdiri dari air bebas (*free moisture*) dan air lembab / kelengasan (*moisture in air dried sample / residual moisture*). Air bebas adalah air yang terikat secara mekanik dengan batu bara pada permukaan, dalam rekahan atau kapiler dan mempunyai tekanan uap normal. Air bebas berasal dari luar, yaitu pada saat batu bara di tambang, diangkut atau kehujanan selama penyimpanan. Kandungan air bebas dapat dihilangkan dengan proses pengeringan. Sedangkan yang

dimaksud dengan air lembab / kelengasan adalah air yang terikat secara fisik dalam batu bara pada pori-pori sebelah dalam dan mempunyai tekanan uap lebih rendah dari tekanan normal. Air ini hanya dapat dihilangkan bila batu bara dipanaskan sampai 105 °C. Kadar air lembab digunakan sebagai acuan karakteristik dasar dari batu bara, dimana peringkat batu bara menurun jika kadar air lembab bertambah besar. Penjumlahan dari air bebas dan air lembab dikenal dengan *total moisture*.

- Abu (*ash*)

Abu yang terdapat dalam batu bara dapat berupa *inherent mineral matter* atau *extraneous mineral matter*. *Inherent mineral matter* adalah pengotor yang berhubungan dengan tumbuhan asal pembentuk batu bara sehingga tidak dapat dihilangkan atau dicuci dari batu bara, namun pada umumnya jumlahnya relatif kecil. *Extraneous mineral matter* berasal dari tanah penutup atau lapisan yang terdapat di antara lapisan batu bara, bentuknya dapat berupa butiran yang menyebar tidak beraturan mengisi rekahan atau rongga. Jumlah *extraneous mineral matter* cukup banyak akan tetapi dapat dikurangi kandungannya melalui proses pencucian.

- Zat terbang (*volatile matter*)

Zat terbang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti H₂, CO, metan dan uap-uap yang mengembun seperti tar, CO₂, H₂O. Kualitas batu bara juga ditentukan oleh jumlah zat terbang yang terkandung, dimana semakin rendah zat terbang semakin tinggi peringkat / kualitas batu bara.

- Karbon padat / tertambat (*fixed carbon*)

Karbon padat / tertambat adalah karbon yang terdapat pada batu bara berupa zat padat. Jumlah karbon padat ditentukan oleh kadar air, abu dan zat terbang. Kadar karbon padat adalah 100% - % (air + abu + zat terbang). Semakin tinggi kadar karbon padat maka semakin tinggi kualitas batu bara.

- Unsur-unsur

Unsur-unsur yang ada dalam batu bara adalah karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Belerang (S) dan Nitrogen (N). Karbon, hidrogen dan oksigen adalah unsur utama pembentuk batu bara, sedangkan belerang dan nitrogen hanya sebagai bahan pengikat. Analisa *ultimate* digunakan untuk

mengetahui kandungan unsur-unsur yang ada dalam batu bara, hal ini diperlukan untuk perhitungan pembakaran.

Ditinjau dari komposisi fisiknya, batu bara memiliki beberapa karakteristik diantaranya: kerapatan / densitas, kekerasan, ketergerusan (*grindability*), kalor jenis (*specific heat*), fluiditas, *caking property* dan lainnya. Sifat batu bara yang penting untuk diketahui dan erat kaitannya dengan pemanfaatan batu bara sebagai bahan bakar, yaitu:

- 1) Nilai kalor: yaitu ukuran nilai energi yang timbul apabila batu bara dibakar akibat reaksi antara unsur karbon, hidrogen dan belerang yang dikandung dalam batu bara dengan oksigen.
- 2) Suhu leleh abu: yaitu besaran suhu pada waktu abu yang terkandung dalam batu bara meleleh apabila batu bara dibakar. Selain ditentukan oleh *ash content* dan susunan kimia dari abu, suhu leleh perlu diketahui untuk mengetahui sifat-sifat abu pada waktu dibakar di dalam boiler.
- 3) Kekerasan batu bara: adalah ukuran mudah tidaknya batu bara digerus. Sifat ini perlu diketahui karena dalam boiler kapasitas besar sebelum batu bara dibakar perlu dihaluskan terlebih dahulu sampai ukuran tertentu. Sifat kemudahan gerusan ini dinilai dengan suatu indeks yang disebut *Hardgrove Grindability Index*.

2.1.2 Klasifikasi Batu Bara

Klasifikasi batu bara bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam penggolongan batu bara sehingga memudahkan bagi pengguna jasa dalam mengkorelasikan batu bara dari berbagai tempat yang berbeda. Pengklasifikasian batu bara dibagi menjadi dua yaitu klasifikasi secara ilmiah dan klasifikasi secara praktis. Pengklasifikasian secara ilmiah tidak digunakan dalam perdagangan, klasifikasi ini lebih banyak digunakan pada bidang-bidang dasar yang menyangkut zat asal pembentukan batu bara, survei geologi, komposisi dan struktur batu bara. Klasifikasi secara praktis lebih diperlukan untuk membantu produsen batu bara dalam melakukan transaksi perdagangan serta untuk kebutuhan pemanfaatan batu bara itu sendiri.

Klasifikasi batu bara secara praktis yang kerap dijadikan acuan adalah yang didasarkan peringkat batu bara (*rank*), salah satunya sebagaimana standard yang ditetapkan berdasarkan *American Society for Testing and Material* (ASTM, 1981, op cit Wood et al., 1983) sesuai Tabel 2-1.

Tabel 2-1. Klasifikasi Batu Bara Berdasarkan Peringkat

Class	Group	Fixed Carbon (%)	Volatile Matter (%)	Calorific Value (Btu/pound)
Anthracite	Meta-anthracite	≥ 98	≤ 2	
	Anthracite	92 – 97	3 – 8	
	Semianthracite	86 – 91	7 – 14	
Bituminous	Low volatile bituminous coal	78 – 85	13 – 22	
	Medium volatile bituminous coal	69 – 77	21 – 31	
	High volatile A bituminous coal	< 69	> 31	≥ 14.000
	High volatile B bituminous coal			13.000 – 14.000
	High volatile C bituminous coal			11.500 – 13.000
Subbituminous	Subbituminous A coal			10.500 – 11.500
	Subbituminous B coal			9.500 – 10.500
	Subbituminous C coal			8.300 – 9.500
Lignite	Lignite A			6.300 – 8.300
	Lignite B			< 6.300

Sumber: Antonius dan Harsono, (2006)

Pada awalnya pasokan batu bara PLTU Suralaya diimpor dari Cina, Australia dan beberapa dari batu bara lokal. Namun sejak 1989 pasokan batu bara PLTU Suralaya sebagian besar berasal dari Bukit Asam dengan kualifikasi sebagaimana Tabel 2-2.

Tabel 2-2. Persyaratan Kualitas Batu Bara PLTU Suralaya Berdasarkan Desain

Parameter	Kualitas Batas Bawah	Kualitas Batas Atas
HHV (kcal/kg)	4.225	5.242
Total Moisture (%)	28,3	23,6
Volatile Matter (%)	15,1	30,3
Ash Content (%)	12,8	7,8
Sulfure Content (%)	0,9	0,4
HGI	59,4 – 65	61,8

Sumber: Montreal Engineering Company Limited, (1984)

PLTU Suralaya menggunakan batu bara dari beberapa pemasok, dimana tiga diantaranya adalah sebagaimana berikut: BA, AO dan BE dengan kualitas batu bara sebagai berikut.

Tabel 2-3. Kualitas Batu Bara Yang digunakan

No	Perusahaan	KUALITAS			
		CV (cal/grGAR)	TM (ar, %)	TS (%)	Ash (%)
1	AO	4.946	27,12	0,1	1,77
2	BA	4.928	27,51	0,32	5,54
3	BE	5.046	24,07	0,81	5,43

Sumber: Laboratorium Batu Bara PLTU Suralaya Unit 1-7 (2018)

2.2 Abu Batu Bara

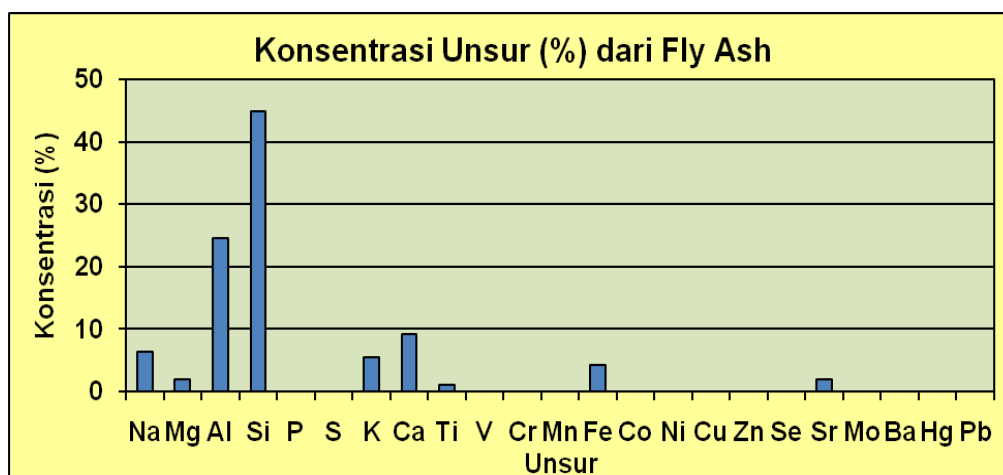
Pembakaran batu bara, menghasilkan produk samping berupa abu batu bara. Abu batu bara PLTU terdiri dari abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Jumlah abu batu bara sangat tergantung dengan kandungan abu (*ash content*) dalam batu bara asal dan teknologi pembakaran (desain) yang digunakan dengan distribusi jenis abu rata-rata berkisaran antara 75 – 80 % abu terbang dan 25 – 20 % abu dasar (Ahmaruzzaman, dkk, (2010)).

Berdasarkan desain PLTU Suralaya, konsumsi batu bara untuk beban puncak menggunakan batu bara batas atas dan batas bawah adalah sebesar kurang lebih 170 ton/jam dan 217 ton/jam. Dengan kandungan abu sebesar 7,8 % (batu bara batas atas) dan 12,8% (batu bara batas bawah), maka akan dihasilkan abu batu bara sebesar 13,26 ton/jam (batu bara batas atas) dan 27,78 ton/jam (batu bara batas bawah).

Distribusi abu batu bara pada PLTU Suralaya adalah 80% *fly ash* dan 20% *bottom ash* sehingga *fly ash* yang dihasilkan tiap jam pada kualitas batu bara batas atas dan batas bawah adalah 10,61 ton/jam dan 22,22% ton/jam.

Abu terbang yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran batu bara mengandung senyawa organik yang berasal dari batu bara yang dapat lepas ke lingkungan menjadi polutan (Ribeiro dkk, (2014)). Partikel debu *fly ash* PLTU Suralaya unit 1-7 mengandung 24 unsur yaitu *Mg, Al, Se, Cs, Zn, Ca, Ti, V, Cr, Mn,*

Fe, Hg, Th, Sc, As, Sr, U, Co, Na, Nd, Hf, Rb, Sb dan *La* dengan distribusi konsentrasi sebagaimana Gambar 2-1 (Bunawas, dkk, (2018)).



Gambar 2-1. Konsentrasi Unsur Fly Ash PLTU Suralaya (data diperoleh dari Bunawas, dkk (2018))

Partikel abu batu bara yang keluar dari cerobong sebagaimana ketentuan dalam regulasi emisi dihitung sebagai *Total Suspended Particulate* (TSP). Sedangkan kualitas udara ambien untuk parameter partikulat, ditetapkan berdasarkan diameter aerodinamis dari partikulat yaitu TSP, dan PM₁₀. *Total Suspended Solid* (TSP) adalah partikulat dengan diameter aerodinamis 25-40 µm, PM₁₀ adalah partikulat dengan diameter aerodinamis kurang dari 10 µm.

2.3 Pengendalian Partikulat Abu Terbang dengan *Electrostatic Precipitator*

Partikel abu batu bara yang terperangkap dalam gas pembangkitan adalah *fly ash* (Flagan, dkk, (1988)). Pengendalian terhadap *fly ash* pada gas buang di PLTU Suralaya menggunakan *Electrostatic Precipitator*. Baku Mutu partikulat pada gas buang PLTU yang keluar melalui cerobong berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 21 Tahun 2008 adalah sebesar 150 mg/m³ sedangkan baku mutu partikulat pada udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 dibagi menjadi TSP, PM₁₀ dan PM_{2,5} masing-masing sebesar 230 µg/m³, 150 µg/m³, 65 µg/m³. Besaran partikulat yang diterima lingkungan dari kegiatan PLTU

bervariasi tergantung dari komposisi batu bara, proses / teknologi yang digunakan dan pengendalian emisinya (Pei, dkk, (2016))

Electrostatic Precipitator (EP) yang terpasang di PLTU Suralaya terdiri dari 2 *chamber* (ruang) yang masing-masing memiliki *hopper* (penampung) sebanyak 10 buah untuk unit 1-2 dan 8 buah untuk unit 3-4 dengan efisiensi desain EP sebesar 99,5% (Liu, dkk, (2018)). Data Efisiensi EP berdasarkan pengukuran dan perhitungan sebagaimana persamaan diatas oleh Koperasi Jasa Keselamatan Radiasi dan Lingkungan Nuklindolab tahun 2018 dapat dilihat sebagaimana Tabel 2-4.

Tabel 2-4. Efisiensi Penyaringan EP di PLTU Suralaya Tahun 2018

No.	Unit	Efisiensi EP (%)			Keterangan
		Min.	Max.	Rerata	
1.	EP 1	64,27	91,02	78,74	Beban = 396 MW
2.	EP 2	58,15	77,52	66,88	Beban = 400 MW
3.	EP 3	62,71	86,91	68,96	Beban = 400 MW
4.	EP 4	61,37	85,41	75,19	Beban = 400 MW
5.	EP 5	72,97	95,29	84,29	Beban = 600 MW
6.	EP 6	58,95	88,51	78,15	Beban = 600 MW
7.	EP 7	60,65	85,41	71,56	Beban = 600 MW

Sumber: data diperoleh dari Bunawas dkk, 2018

Pada saat pengukuran efisiensi EP di PLTU Suralaya unit 1 s/d 7 terdapat beberapa trafo dalam kondisi tidak beroperasi sehingga efisiensi tidak optimal. Trafo yang tidak beroperasi menyebabkan sebagian partikel debu tidak dapat menempel di pelat pengumpul sehingga keluar bersama dengan gas buang karena gaya listriknya tidak cukup untuk memberi muatan pada partikel debu tersebut. Efisiensi EP sangat bergantung pada daya EP (faktor utama), kinerja *rapper* dan kadar sulfur serta alkali sebagai factor pendukung (Bunawas, dkk, (2018)).

Distribusi diameter *fly ash* yang dilepaskan EP PLTU Suralaya berdasarkan pengukuran yang dilakukan tahun 2018 yaitu berkisar antara 0,056 sampai 15,382 μm dengan konsentrasi massa berkisar antara $6,5 \times 10^{-3}$ sampai $66,01 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dimana dominasi sebesar 80% partikel kecil yang berukuran kurang dari 3 μm yang lolos dengan konsentrasi orde seperseribu microgram per meter kubik, yang berarti sangat sedikit sekali dan partikel besar hanya sebesar 20% (Bunawas, dkk, (2018)). Hal ini menunjukkan EP masih berkerja optimal untuk memenuhi baku mutu emisi partikulat berdasarkan regulasi yang berlaku saat ini, terbukti dengan hasil pengukuran emisi partikulat PLTU Suralaya sebagaimana Tabel 2-5.

Tabel 2-5. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Emisi Total Partikulat di Cerobong PLTU Suralaya

Lokasi	Konsentrasi Total Partikulat (mg/Nm^3)								
	2016	2017				2018			
	TW-4	TW-1	TW-2	TW-3	TW-4	TW-1	TW-2	TW-3	TW-4
Unit 1	107,80	97,89	91,69	85,08	73,59	OH	50,12	55,21	45,64
Unit 2	85,09	98,05	84,08	64,48	84,50	60,41	82,04	OH	49,79
Unit 3	93,85	OH	90,71	97,53	69,84	75,14	87,87	63,09	56,46
Unit 4	80,81	89,59	93,70	83,47	123,05	91,37	95,05	92,21	52,95
Unit 5	133,09	63,59	73,38	60,50	84,69	70,57	71,99	46,32	52,98
Unit 6	122,16	74,26	100,61	95,90	92,56	68,43	73,70	31,54	42,45
Unit 7	74,07	93,89	OH	40,65	140,07	79,49	53,88	53,12	45,84
Baku Mutu	150 (mg/Nm^3)								

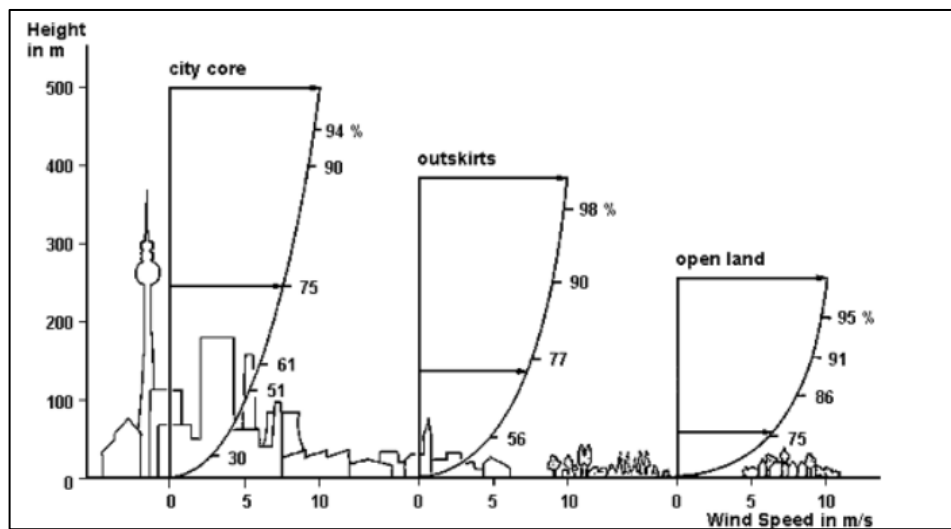
Sumber: Pemantauan Pelaksanaan RKL RPL PLTU Suralaya Tahun 2018

2.4 Pengaruh Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara

Faktor meteorologi berperan penting dalam penyebaran pencemaran udara, dimana yang paling berperan adalah kestabilan atmosfer dan angin. Kedua faktor tersebut dipengaruhi oleh radiasi matahari, temperatur, tutupan awan dan kelembapan relatif (RH).

Angin menentukan ke arah mana pencemar akan menyebar di permukaan tanah setelah kepulan asap yang keluar dari cerobong. Angin jarang bertiup lebih lambat dari 1 m/dt, dalam data pencemaran udara kecepatan angin < 1 m/dt sering

dinyatakan sebagai tenang. Pada kondisi angin tenang, kecepatan kepulan asap yang keluar dari cerobong akan lebih besar dari kecepatan angin sehingga kepulan akan tegak lurus terhadap permukaan tanah. Kecepatan angin bervariasi dengan ketinggian. Kecepatan angin semakin tinggi dengan bertambahnya elevasi karena berkurangnya gesekan dengan kekasaran di permukaan bumi. Oleh sebab itu, data kecepatan angin perlu dilengkapi dengan informasi ketinggian pada saat pengukuran. Standar ketinggian untuk pengukuran angin adalah 10 m di atas permukaan tanah.



Gambar 2-2. Perubahan Kecepatan Angin Berdasarkan Ketinggian (data diperoleh dari Driejana, dkk (2011))

Bila pengukuran dilakukan pada ketinggian yang berbeda dengan ketinggian standar, untuk ketinggian hingga beberapa ratus meter di atas permukaan tanah, dapat digunakan persamaan empiris Daecon:

$$\frac{U_0}{U_1} = \left[\frac{Z_0}{Z_1} \right]^p \quad (2.1)$$

Dimana:

U_0 = kecepatan pada ketinggian pengukuran 10 m

Z_0 = ketinggian awal / yang diukur pada stasiun pemantau meteorology (10 m)

U_1 = kecepatan angin yang akan diestimasi pada ketinggian yang diinginkan

Z_1 = ketinggian yang diinginkan, misalnya ketinggian cerobong

p = bilangan positif antara 0 – 1

nilai p adalah nilai persamaan empiris yang ditentukan berdasarkan persamaan:

$$p = \left[\frac{n}{2-n} \right] \quad (2.2)$$

Nilai n ditentukan oleh kondisi stabilitas atmosfer yaitu kecenderungan untuk menahan gerakan vertikal udara/turbulensi. Stabilitas akan menentukan kemampuan atmosfer untuk mendispersikan pencemar yang diemisikan.

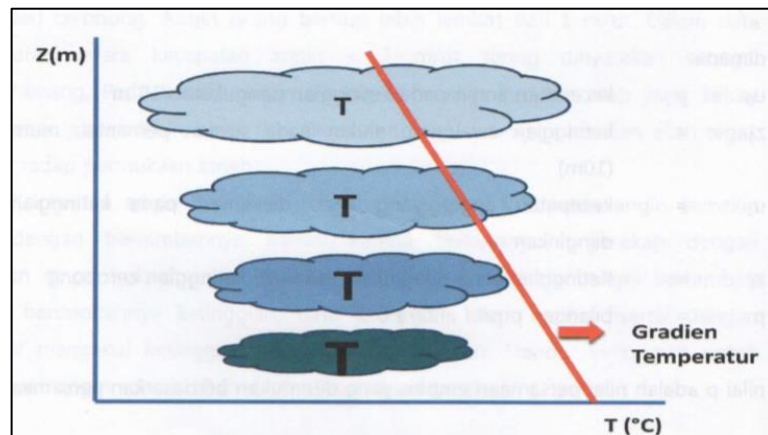
Tabel 2-6. Nilai n untuk Berbagai Kondisi Stabilitas

Kondisi Stabilitas	n
Sangat tidak stabil	0,2
Netral / sedikit tidak stabil	0,25
Inversi sedang	0,33
Inversi tinggi	0,50

Sumber: Driejana, dkk (2011)

Selain ditentukan dengan formula yang memerlukan data stabilitas, nilai p juga dapat ditentukan secara empiris berdasarkan tata guna lahan.

Bila suatu gumpalan udara bergerak naik ke atmosfer, maka akan mengembang dan mendingin karena mencapai lokasi dengan tekanan udara yang lebih rendah. Pada saat bergerak naik dan volumenya mengembang pencemar akan terbawa sehingga terjadi pengenceran konsentrasi di permukaan tanah sebagaimana ilustrasi pada **Error! Reference source not found.**



Gambar 2-3. Perubahan Temperatur Terhadap Ketinggian (data diperoleh dari Driejana, dkk (2011))

Pada kondisi tertentu, misalnya pada malam hari dapat terjadi kondisi stabilitas inverse. Inverse adalah kondisi dimana temperatur udara pada elevasi lebih hangat daripada di permukaan bumi sehingga tekanan di bagian atas menjadi lebih tinggi. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan tidak terjadinya turbulensi vertikal yang kemudian disebut dengan kondisi udara stabil.

2.5 Sebaran Pencemar

Cerobong adalah sistem pengendalian pencemaran udara awal yang menggunakan kemampuan atmosfer untuk mengencerkan pencemar melalui pergerakan udara. Cerobong yang tinggi akan menghantarkan pencemar ke dalam ruang udara yang lebih luas, sehingga diharapkan pada saat pencemar jatuh kembali ke permukaan bumi konsentrasinya telah jauh berkurang. Oleh sebab itu, beberapa faktor teknis dari desain cerobong akan menentukan efektifitasnya. Faktor yang berpengaruh dari segi teknis tersebut adalah tinggi cerobong (h), diameter dalam lubang keluaran puncak cerobong (d), dan kecepatan gas keluar dari cerobong (V_{exit}) (Driejana, dkk, (2011)).

Prediksi sebaran pencemar dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa data terkait morfologi cerobong yaitu: tinggi cerobong, bentuk penampang keluaran dan kordinat lokasi cerobong, temperatur gas buang atau laju gas buang serta

memerlukan pula data meteorologi berupa: arah dan kecepatan angin, tutupan awan dan kondisi stabilitas rata-rata sebagaimana Tabel 2-77.

Tabel 2-7. Kondisi Stabilitas Pasquill yang Berhubungan dengan Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari

Kecepatan Angin di permukaan tanah (m/s)	Siang hari			Siang dan Malam	Malam	
	Radiasi Matahari (W/m ²)			Tutupan Awan (8-10)	Berawan Banyak (5-10) Berawan Sedang / Sedikit (5-7)	Tutupan Awan - (0 - 4)
	Kuat > 580	Medium 579 - 290	Lemah < 289			
< 2	A	A - B	B	D	-	-
2 - 3	A - B	B	C	D	E	F
3 - 4	B	B - C	C	D	D	E
4 - 6	C	C - D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D

Keterangan:
A: Sangat Stabil, B: Tidak Stabil, C: Agak Tidak Stabil, D: Netral, E: Agak Stabil, F: Stabil

Sumber: Drijeana, dkk (2011)

Pada proses dispersi / sebaran di sini, pencemar diprediksi akan bergerak searah dengan pergerakan angin dan mengalami pengenceran di daerah hilirnya. Selama bergerak dan menyebar ke arah hilir angin, konsentrasi pencemar akan menyebar dengan pola mirip dengan distribusi normal atau distribusi *Gauss*, dan mencapai konsentrasi tertinggi pada jarak tertentu dari sumber.

2.6 AERMOD

AERMOD adalah *steady state Gaussian plume model* yang merupakan pengembangan dari model ISC (*Industrial Source Complex Model*). Dapat digunakan untuk pemodelan pada area yang sederhana maupun kompleks dengan jarak *receptor* sampai dengan 50 km dari sumber emisi.

Data meteorologi inputan AERMOD merupakan data permukaan yang terlebih dahulu diolah menggunakan AERMET. Adapun data permukaan yang dibutuhkan yaitu: arah angin, kecepatan angin, temperatur udara ambien, tutupan awan, tekanan dan kelembapan relatif. Disamping itu, peta topografi sejauh radius 3 km juga diperlukan sebagai inputan data AERMOD yang biasanya dapat menggunakan perangkat lunak Aermap (Mokhtar, dkk, (2014)).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai pemodelan dispersi pencemaran udara menggunakan pemodelan sejenis yaitu yang dilakukan oleh Mutahharah M. Mokhtar, Mimi H. Hassim dan Rozainee M. Taib tahun 2014 terkait dengan judul *Health Risk Assessment of Emissions from a Coal-Fired power Plant Using AERMOD Modelling*. Tiga tahapan penilaian dilakukan dalam penelitian ini, yaitu penelitian terhadap kemampuan pembangkit batu bara memenuhi baku mutu udara emisi baru yang ditetapkan oleh pemerintah Malaysia, Penilaian penaatan kualitas udara ambien berdasarkan prediksi konsentrasi dalam udara ambien dan selanjutnya Penilaian terhadap resiko kesehatan yang ditimbulkan.

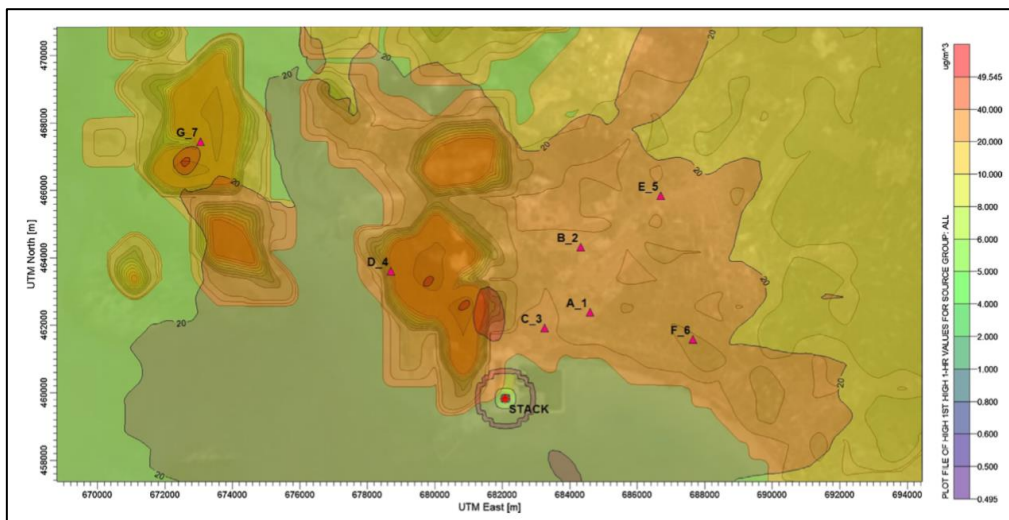
Pemodelan dispersi udara emisi menggunakan perangkat lunak yang didukung oleh data meteorologi dalam rentang waktu 5 tahun yaitu dari tahun 2008 s/d 2012. Radius pemodelan sejauh 15 km dari sumber emisi, dimana penetapan reseptor dilakukan secara random dengan pertimbangan merupakan sensitif reseptor seperti area pemukiman, sekolah, tempat wisata dan lainnya.

PLTU yang menjadi objek penelitian dapat memenuhi baku mutu emisi baru yang ditetapkan sebagaimana Gambar 2-4. Sedangkan untuk hasil pemodelan prediksi konsentrasi paparan udara emisi yang terdiri dari SO₂, Hg, Arsenic dan Kromium untuk konsentrasi per jam dan tahunan diperoleh bahwa dari sumber emisi sampai dengan jarak 10 km paparan konsentrasinya masih sangat rendah. Tampilan hasil pemodelan prediksi sebaran emisi dari penelitian ini untuk parameter SO₂ rata-rata setiap jam sebagaimana Gambar 2-5.

Table 3 – Stack emission concentration of one generating unit (1 × 700 MW) of the studied coal-fired power plant.		
Pollutants	Average concentration	Limits specified in the Proposed New Environmental Quality (Clean Air) Regulation 201X (Draft)
Sulphur dioxide (SO ₂)	104	500
Nitrogen oxides (NO _x)	165	500
Hydrochloric acid (HCl)	2.23	100
Hydrofluoric acid (HF)	4.7	15
Carbon monoxide (CO)	110	200
Total particulate matter	40	50
Dioxins/furans	0.0107	0.1
Mercury (Hg)	0.01	0.03
Arsenic (As)	0.008	Nil
Cadmium (Cd)	0.0001	Nil
Chromium (Cr)	0.0235	Nil
Lead (Pb)	0.0076	Nil

All units are in mg/Nm³ except for dioxins/furans in ng TEQ/Nm³.

Gambar 2-4. Rata-rata Konsentrasi Emisi PLTU yang Diteliti (data diperoleh dari Mokhtar, dkk (2014))

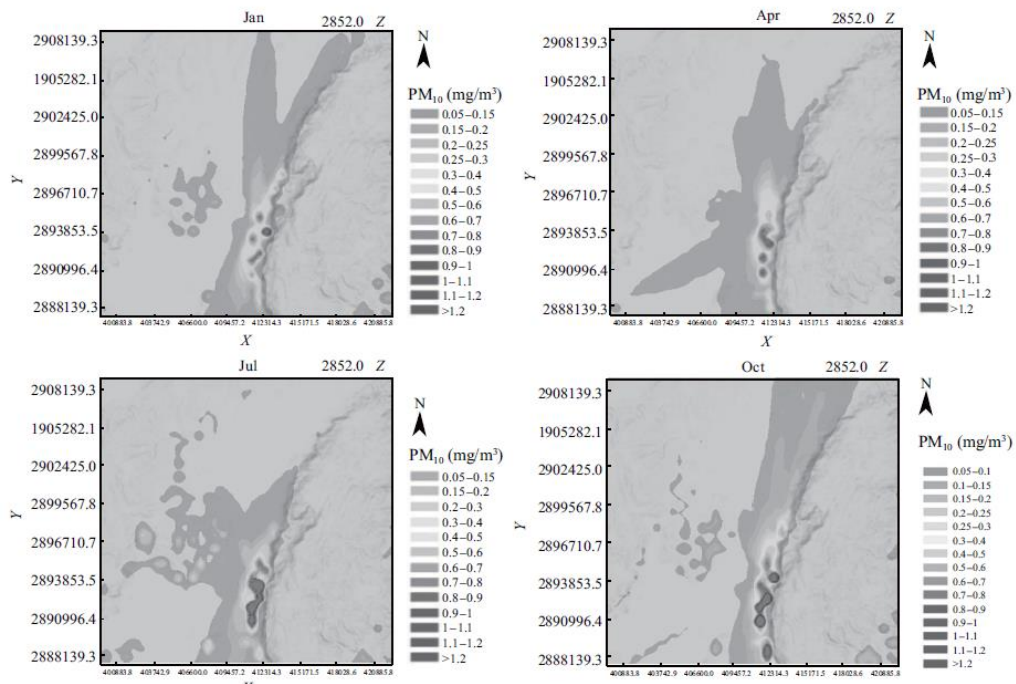


Gambar 2-5. Hasil Pemodelan Prediksi Konsentrasi SO₂ Rata-Rata Satu Jam (data diperoleh dari Mokhtar, dkk (2014))

Penelitian lain dilakukan oleh Jieyun Ma, Honghong Yi, Xiaolong Tang, Yan Zhang, Yin Xiang dan Li Pu pada tahun 2013 dengan judul: *Application of AERMOD on Near Future Air Quality Simulation Under the Latest Nasional Emissions Control Policy of China*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kebijakan pengendalian emisi yang ada terhadap kualitas udara menggunakan AERMOD untuk parameter SO₂, NO_x dan PM₁₀.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah dengan menetapkan area model yang akan menjadi area pengamatan, melakukan pemodelan

menggunakan AERMOD dimana sebagai inputan adalah data emisi dari 6 sumber utama berdasarkan laporan emisi tahunan yang ada, data meteorologi sebagai pola model dilakukan pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober guna melakukan pengamatan pada musim kering dan musim basah. Simulasi model untuk menggambarkan kondisi sebaran selama 1 jam, 24 jam dan 1 bulan, namun untuk parameter PM₁₀ hanya dilakukan pada durasi 24 jam (*daily*). Adapun hasil pemodelan yang dilakukan untuk PM₁₀ adalah sebagaimana gambar 2-6.

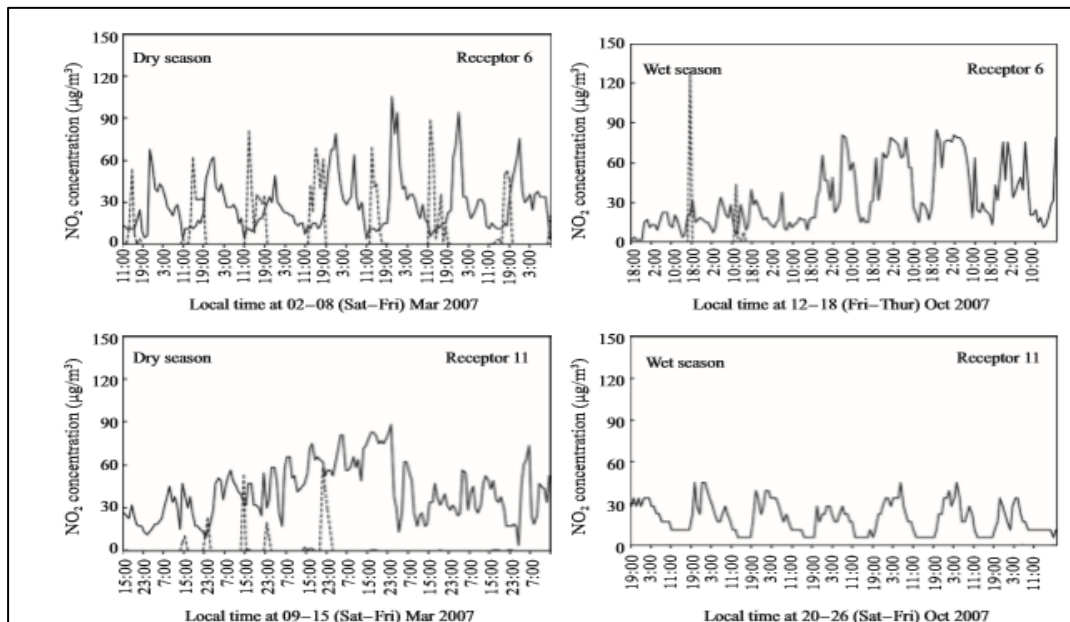


Gambar 2-6. Hasil Pemodelan Prediksi Konsentrasi PM₁₀ Rata-Rata Satu Jam (data diperoleh dari Ma, dkk (2013))

Penelitian yang dilakukan oleh Kanyanee Seangkiatiyuth, Vanisa Surapipith, Kraichat Tantrakarnap dan Anchaleeporn W. Lothongkum pada tahun 2011 dengan judul: *Application of AERMOD Modelling System for Environmental impact Assessment of NO₂ Emissions from A Cement Complex* bertujuan untuk menganalisa data meteorologi, peta sebaran konsentrasi emisi NO₂ dari industri semen ke pemukiman sekitar dengan menggunakan AERMOD.

Sumber emisi berasal dari 14 cerobong semen dengan menggunakan data beban emisi tertinggi selama 24 jam operasi. Reseptor sebanyak 12 plot area yang berada pada radius sampai 10 km dari sumber dan merupakan area pemukiman padat penduduk. Dalam melakukan studi terhadap data meteorologi, dilakukan simulasi AERMET berdasarkan musim kering dan musim penghujan.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa konsentrasi hasil AERMOD yang berdampak yaitu dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 320 µg/m³ pada musim hujan adalah sejauh 227 km dan pada musim kemarau adalah sejauh 123 km. Adapun hasil konsentrasi sebaran NO₂ berdasarkan AERMOD pada reseptor di musim hujan dan musim kering sebagaimana gambar 2-7.



Gambar 2-7. Contoh Hasil Pemodelan AERMOD untuk Prediksi Konsentrasi NO₂ pada musim kering dan musim penghujan (data diperoleh dari Seangkiatyuth, dkk (2011))

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Tulisan yang diuraikan pada bab ini menjelaskan langkah-langkah pengumpulan dan pengolahan data berdasarkan kajian eksperimental yang ada untuk dapat melakukan proses pemodelan dispersi menggunakan AERMOD guna mendapatkan prediksi hasil sebaran partikulat dari kegiatan operasional PLTU Suralaya sebagaimana tujuan penelitian. Disamping itu, pengukuran kualitas udara ambien berdasarkan ketetapan dalam AMDAL menjadi referensi pembanding hasil pemodelan yang diperoleh.

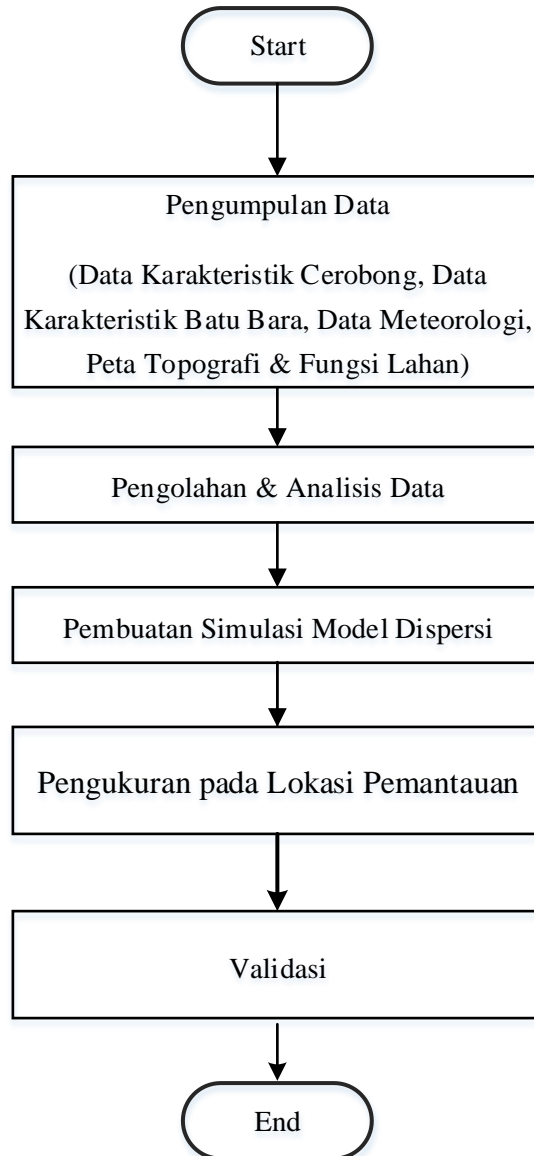
3.1 Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian “Analisa Sebaran Emisi Partikulat Dari Pemakaian Batu Bara Kegiatan Operasional PLTU Suralaya” dilaksanakan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Pengumpulan dan Pengolahan Data
Mengumpulkan data sekunder yang meliputi data emisi, data spesifikasi cerobong, data meteorologi serta peta wilayah studi. Pengolahan data sesuai dengan kebutuhan pemodelan pada AERMOD.
- b. Simulasi Sebaran Emisi Partikulat
Melakukan simulasi sebaran emisi partikulat dengan perangkat lunak AERMOD yang didukung oleh AERMET dan AERMAP yang merupakan satu kesatuan sistem model AERMOD.
- c. Pengukuran Partikulat
Mengukur kualitas udara ambien berdasarkan lokasi pemantauan yang secara berkala dilakukan karena merupakan kewajiban monitoring kualitas udara ambien yang ditetapkan dalam AMDAL PLTU Suralaya.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan seperti Gambar 3.1.

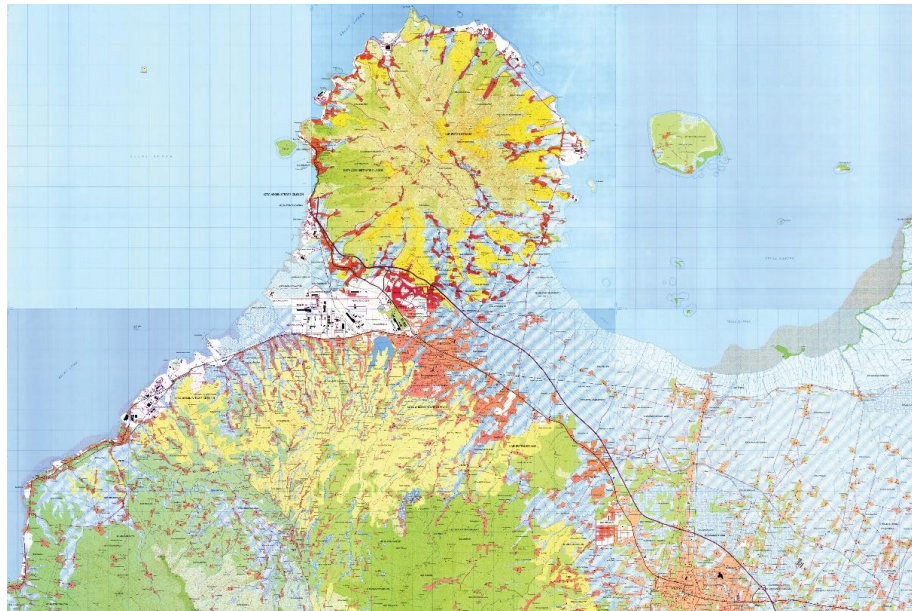


Gambar 3-1. Diagram Alir Penelitian

3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data Sekunder yang terdiri dari:

1. Peta wilayah studi yang berada di wilayah Kelurahan Suralaya, Kecamatan Pulomerak, Provinsi Banten sebagaimana Gambar 3-2. Peta Wilayah Studi yang dapat diperoleh melalui Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL).



Gambar 3-2. Peta Wilayah Studi

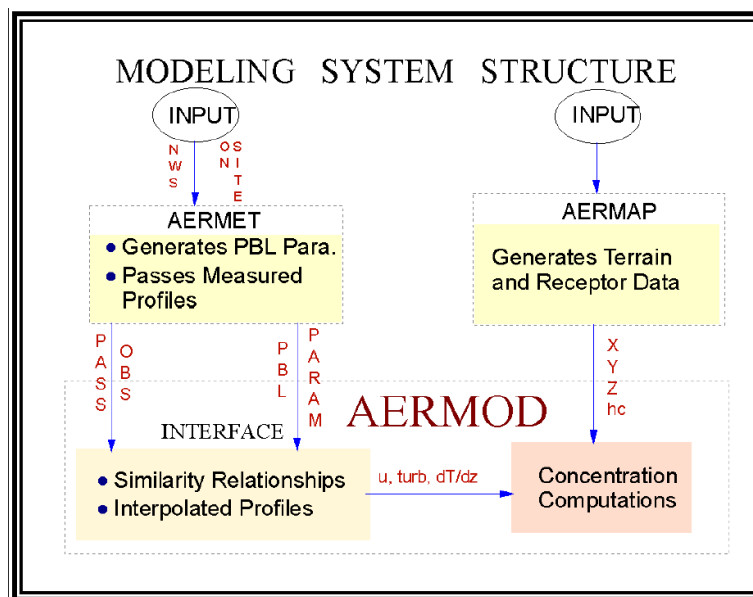
2. Data-data meteorologi, yang terdiri dari data temperatur ($^{\circ}\text{C}$), tekanan udara (mmHg) dan kelembapan udara, kecepatan dan arah angin serta *windrose* yang diperoleh dari BMKG Kota Serang untuk periode 3 tahun yaitu 2016 s/d 2018.

Data-data sebagaimana diatas disusun dalam file excel dengan urutan file sebagaimana tampilan file excel yang terdapat pada lampiran tesis ini. Untuk dapat menjadi perhatian, data meteorology adalah data setiap jam selama satu tahun dengan ketentuan urutan jam adalah dari 00.00 s/d 23.00.

3. Data karakteristik sumber emisi PLTU Suralaya yang terdiri dari tinggi cerobong, diameter cerobong, bentuk cerobong, temperatur gas buang cerobong dan laju alir gas buang emisi partikulat dalam cerobong. Serta data karakteristik batu bara yang digunakan saat pengujian hasil emisi partikulat.

3.4 Simulasi Sebaran

Simulasi sebaran emisi partikulat menggunakan perangkat lunak AERMOD, dimana untuk mendukung pemodelan pada AERMOD dibutuhkan support data dari meteorologi yang telah diolah dalam AERMET dan peta dari AERMAP dengan alur pemodelan sebagaimana Gambar 3-3.

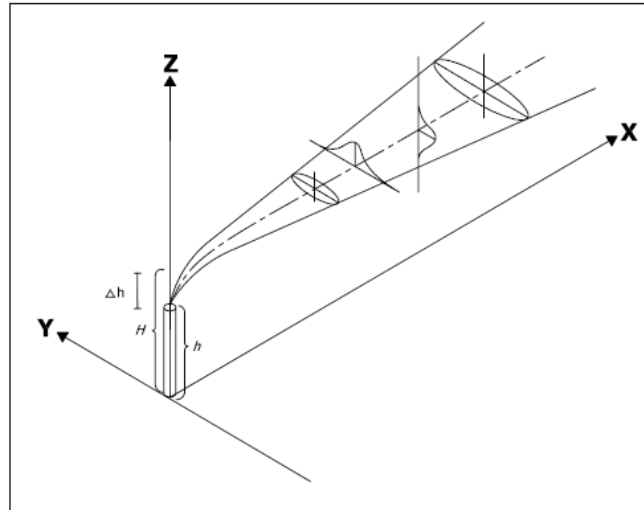


Gambar 3-3. Aliran data pada sistem pemodelan AERMOD (data diperoleh dari AERMOD Description of Model Formulation, EPA 2004).

AERMOD merupakan sistem pemodelan dispersi udara yang dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency* berdasarkan prinsip *gaussian plume model* yang menggabungkan dispersi udara berbasis struktur turbulensi *planetary boundary layer* dan profil elevasi muka tanah. Model ini dapat mengukur konsentrasi polutan di permukaan tanah.

Perhitungan sebaran polutan dari operasional PLTU Suralaya akan menggunakan perangkat lunak (software) AERMOD yang akan langsung menggambarkan isopleth sebaran polutan dari kegiatan PLTU Suralaya.

Berikut skematik model sebaran udara dari sumber tidak bergerak dan persamaan dasar yang digunakan dalam pemodelan:



Gambar 3-4. Koordinat Gaussian Plume dari Sumber Emisi yang Kontinyu (AERMOD Description of Model Formulation, EPA 2004)

Untuk partikulat:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp - \left(\frac{Y^2}{2 \sigma_y^2} \right) \right\} \left\{ \exp - \left[\left(\frac{(z-H)^2}{2 \sigma_z^2} \right) + \left(\frac{(z+H)^2}{2 \sigma_z^2} \right) \right] \right\} \quad (3.1)$$

Untuk Gas:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp - \left(\frac{Y^2}{2 \sigma_y^2} \right) \right\} \left\{ \exp - \left[\left(\frac{(z-H)^2}{2 \sigma_z^2} \right) + \left(\frac{(z+H)^2}{2 \sigma_z^2} \right) \right] \right\} \quad (3.2)$$

Dimana:

- C = Konsentrasi diatas permukaan tanah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Q = Laju Emisi ($\mu\text{g}/\text{detik}$)
- U = Kecepatan Angin Rata-rata (m/detik)
- Y = Jarak Arah Sumbu-y (crosswind) (m)
- Z = Jarak Arah Sumbu-z (vertikal) (m)
- H = Tinggi Emisi Efektif (m)

σ_y	=	Koefisien Difusi Arah Sumbu-y (m)
σ_z	=	Koefisien Difusi Arah Sumbu-z (m)
H	=	Tinggi Efektif Cerobong, dimana $H = h + \Delta h$ (m)
h	=	Tinggi Fisik Cerobong (m)
Δh	=	Tinggi Kepulan Diatas Cerobong (m)

Parameter-parameter meteorologi yang digunakan dalam menyusun model penyebaran polutan adalah arah dan kecepatan angin. Kecepatan angin pada setiap ketinggian tertentu mempunyai kecepatan berbeda. Deacon, memodelkan hubungan kecepatan angin dengan ketinggian, sebagai berikut:

$$\frac{U}{U_i} = \left(\frac{Z}{Z_i} \right)^\alpha \quad (3.3)$$

Dimana:

U	=	Kecepatan angin pada ketinggian tertentu (m/detik)
U _i	=	Kecepatan angin pada ketinggian z _i (m/detik)
α	=	Eksponen positif, besarnya antara 0 sampai 1

Sutton menghubungkan dengan parameter n $\rightarrow \alpha = \frac{n}{2-n}$

Dimana, n adalah fungsi kondisi stabilitas udara.

Perhitungan kecepatan udara rata-rata dilakukan dengan analisis wind rose (mawar angin), yaitu berdasarkan pada perhitungan arah angin dominan dan kecepatan angin rata-rata pada arah dominan.

Untuk menghitung tinggi kepulan asap digunakan model Holland dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta h = \frac{VeD}{u} \left[1,5 + \left(2,68 \times 10^{-3} p \frac{\delta T}{T_s} D \right) \right] \quad (3.4)$$

Dimana:

Δh	=	Tinggi kepulan di atas cerobong (m)
------------	---	-------------------------------------

V_e	=	Kecepatan gas keluar dari cerobong (m/dt)
D	=	Diameter cerobong (m)
U	=	Kecepatan angin rata-rata (m/dtk)
P	=	Tekanan atmosfer (mbar)
T_s	=	Temperatur gas keluar cerobong (K)
δT	=	T_s – temperatur ambient (K)

3.5 Variabel Model

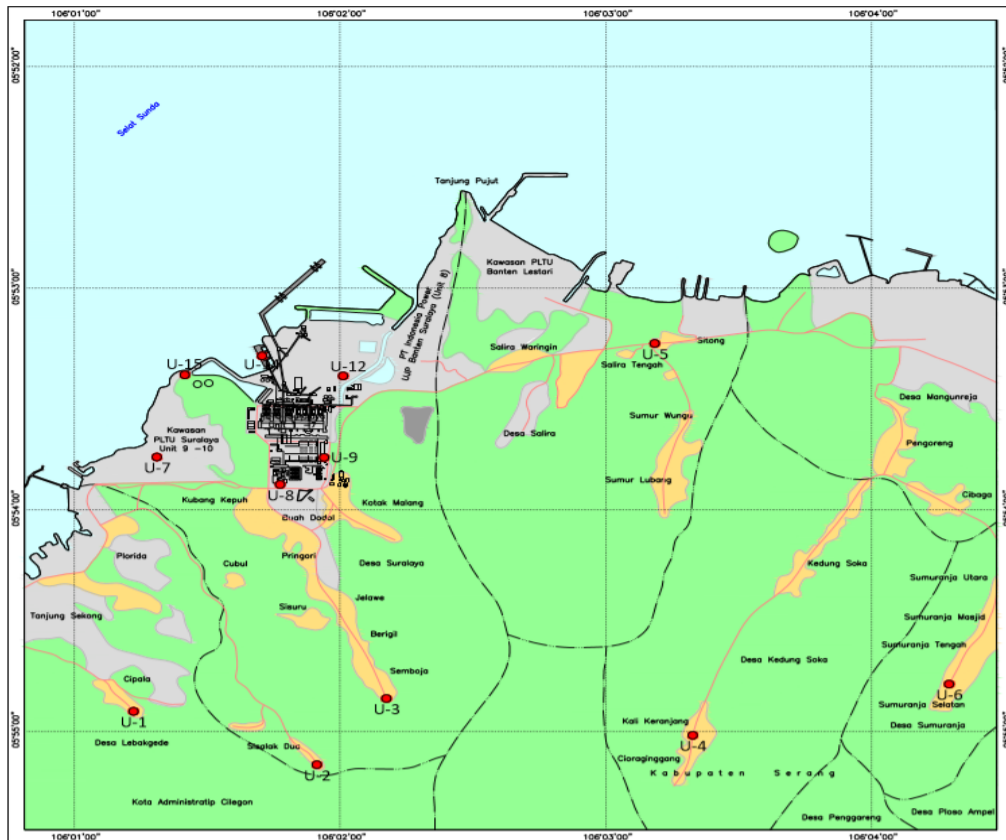
Dalam penelitian ini, terdapat beberapa variabel yang digunakan yaitu:

1. Data meteorologi tahun 2016 s/d 2018.
2. Parameter *emitter* yang dipantau adalah TSP dan PM₁₀.
3. Variabel emisi dari 3 sumber pemasok batu bara dengan kualitas batu bara yang bervariasi yang selanjutnya menggunakan indeks BA, BE dan AO.
4. Variabel sumber emisi dari operasional PLTU Suralaya unit 1-7 dan desain PLTU Jawa 9 dan 10.
5. Variabel reseptor yaitu grid sepanjang radius 15 km dari PLTU Suralaya unit 1-7 (*uniform cartesian*) dan 12 titik pemantauan kualitas udara ambien (*discrete cartesian*).

3.6 Validasi Model

Validasi terhadap prediksi sebaran emisi partikulat lingkungan dalam radius 15 km yang dilakukan dengan membandingkan hasil sebaran model AERMOD pada titik pemantauan dengan hasil pengukuran kualitas udara ambien yang dilakukan setiap triwulan selama tahun 2019. Pengukuran kualitas udara ambien dilakukan oleh laboratorium eksternal menggunakan metode gravimetri sesuai SNI 7119.3:2017 untuk TSP dan IK-S.UA12 untuk pengukuran PM₁₀.

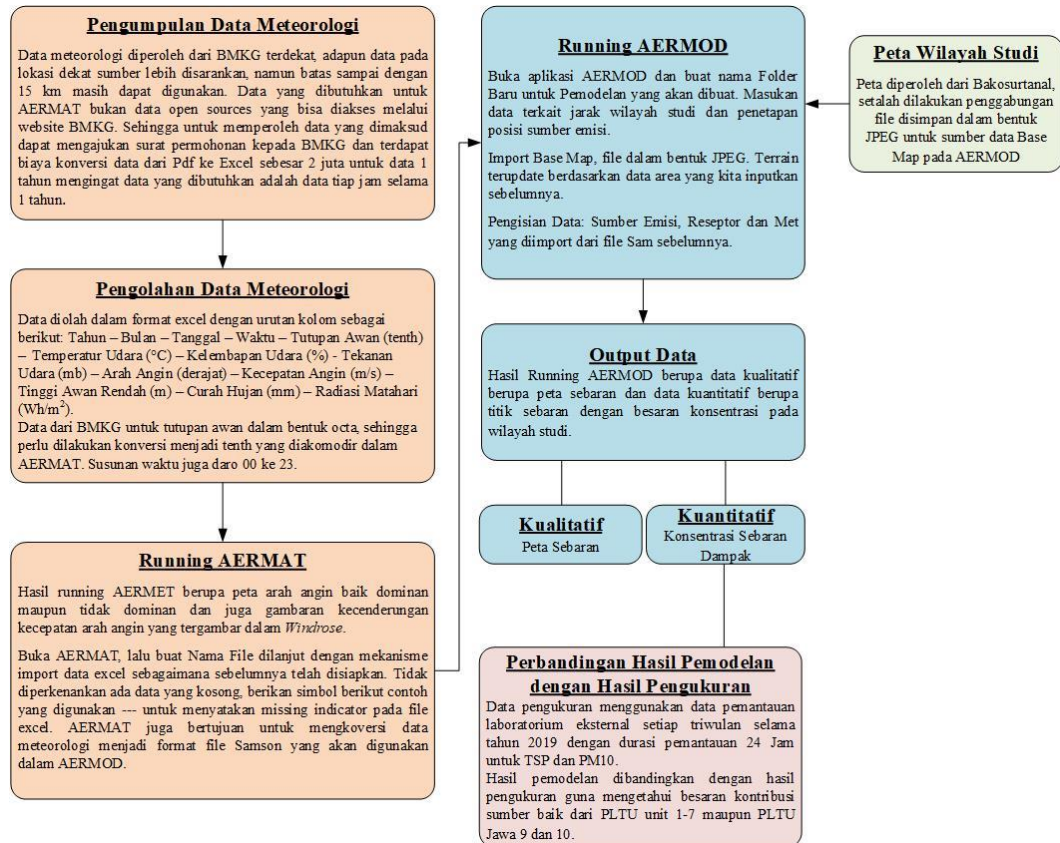
Pengukuran partikulat dilakukan pada area *receptor* yang direncanakan sebagaimana diatas dengan plotting bersifat random berdasarkan area yang sensitif seperti pemukiman penduduk, sekolah, area wisata dan area publik lainnya (Mokhtar, dkk, (2014)) sebagaimana titik pemantauan kualitas udara yang ditetapkan dalam Amdal PLTU Suralaya Unit 1-7 yang ditunjukkan pada gambar 3-5.



Gambar 3-5. Peta lokasi pemantauan kualitas udara ambien PLTU Suralaya (data diperoleh dari PLTU Suralaya, 2018).

3.7 Penutup

Metode penelitian yang diuraikan di atas selanjutnya dapat diringkas dalam bagan di bawah, yang menjelaskan secara ringkas hal-hal yang penting untuk digunakan dan mendapat perhatian sehingga proses prediksi sebaran menggunakan AERMOD View Versi 9.7.0 dapat dilakukan.



Gambar 3-6. Rincian Metodologi Studi

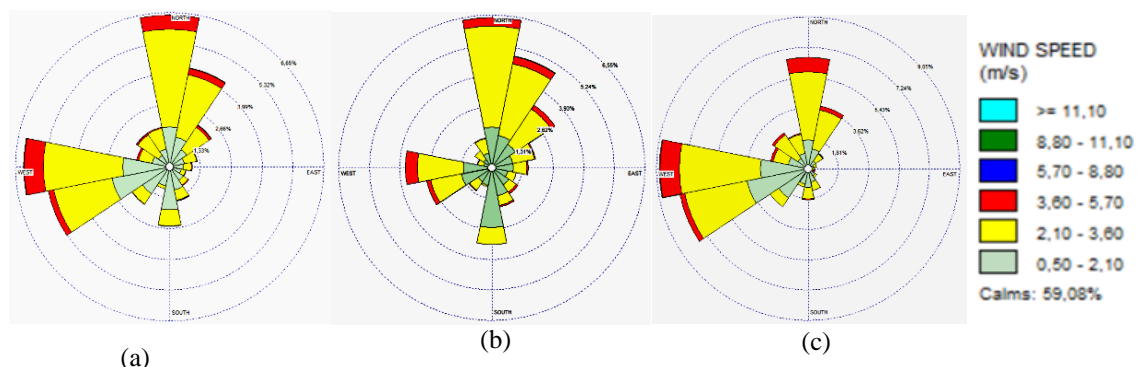
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan hasil pemodelan dispersi polutan TSP dan PM₁₀ dari PLTU Suralaya Unit 1-7 ditambahkan dengan dampak operasional PLTU Jawa Unit 9 dan 10 pada parameter TSP. Hasil dari penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif. Peta prediksi sebaran dan topografi berupa data kualitatif sedangkan konsentrasi dan dispersi partikulat yang dikontribusikan PLTU Suralaya berdasarkan kualitas batu bara yang digunakan ke lingkungan untuk parameter TSP dan PM₁₀ berupa data kuantitatif.

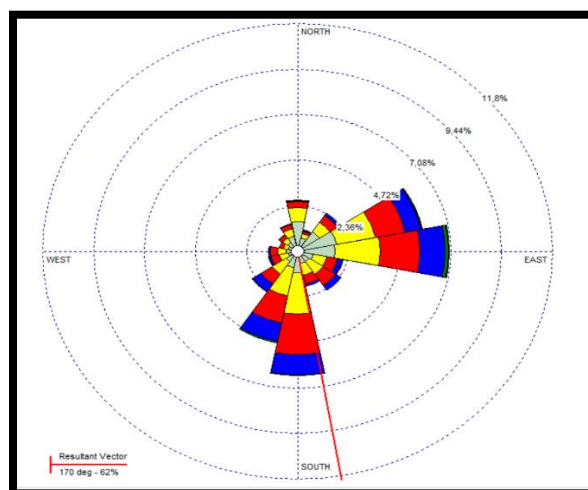
4.1 Observasi Meteorologi

Karakteristik angin di PLTU Suralaya diamati menggunakan data satu tahun yang terdiri dari dua musim: musim kemarau dan musim hujan. Tidak ada perbedaan yang signifikan untuk kecepatan angin selama musim kemarau dan hujan.



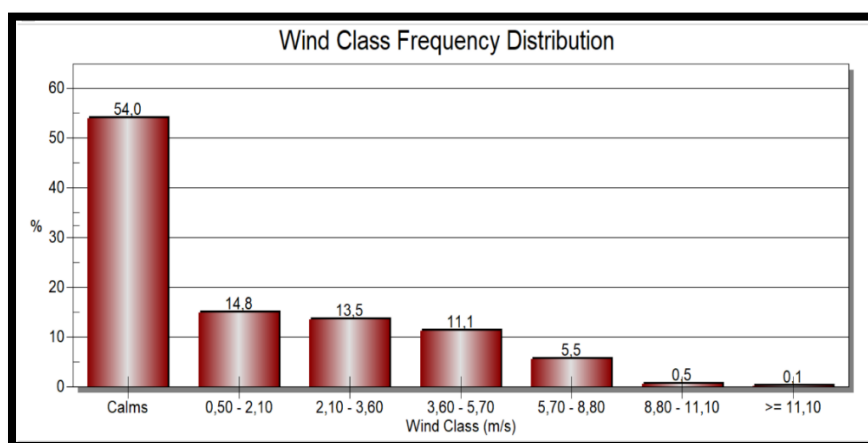
Gambar 4-1. Karakteristik Angin di PLTU Suralaya: (a) tahunan (b) musim kering (musim hujan)

Hasilnya menunjukkan bahwa kecepatan angin tahunan di PLTU Suralaya berkisar antara 2,10 m / s hingga 3,60 m / s (Gambar 4-1), yang dikategorikan sebagai angin tenang. Dapat diamati bahwa arah angin yang berlaku pada tahun 2016 – 2018 adalah 170° (SSE) dan diamati untuk 62% (Gambar 4-2).



Gambar 4-2. Arah Angin di sekitar lokasi PLTU Suralaya

Selain itu, kecepatan angin yang terjadi sekitar PLTU Suralaya bervariasi seperti ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4-3. Variasi Kecepatan Angin di Sekitar PLTU Suralaya Tahun 2016 - 2018

Kondisi meteorologi di daerah Suralaya setiap tahunnya cenderung seragam dengan dominasi angin tenang sepanjang tahun. Hal ini mempengaruhi sebaran konsentrasi yang notabene konsentrasi terbesar akan berada pada radius yang dekat dengan sumber emisi.

4.2 Topografi di PLTU Suralaya

Gambar 4-4 menunjukkan topografi di sekitar PLTU Suralaya yang merupakan permukaan yang tidak rata, dikelilingi oleh bukit. Ini akan

mempengaruhi arah angin dan dispersi polutan. Ketinggian lingkungan PLTU Suralaya diukur dengan meter di atas permukaan laut rata-rata (mdpl), dan memiliki rentang dari 30 mdpl hingga 400 mdpl.



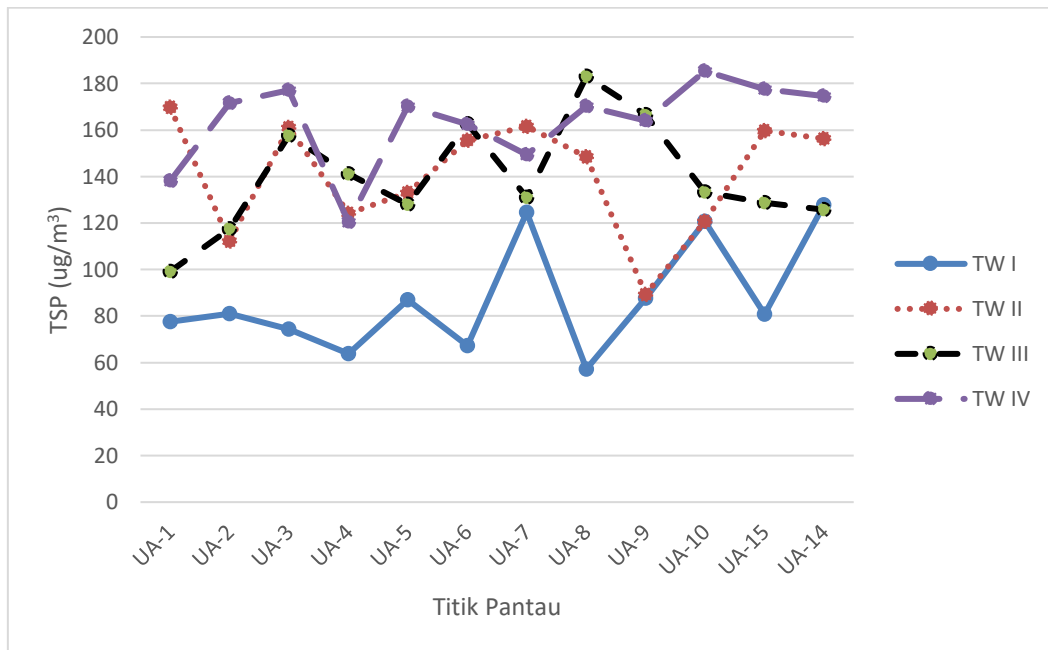
Gambar 4-4. Topografi di Sekitar PLTU Suralaya

4.3 Hasil Modeling AERMOD

4.3.1 Kontribusi Pencemaran PLTU Suralaya terhadap Kualitas Udara Ambien

a. Kualitas Udara Ambien: TSP dan PM10

Sebelum mengamati dispersi polutan yang ditimbulkan oleh operasional PLTU Suralaya Unit 1-7 dan PLTU Jawa Unit 9 & 10, kondisi kualitas udara ambien parameter TSP di sekitar PLTU Suralaya pada tahun 2019 diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4-5. Kualitas Udara Ambien TSP di Sekitar PLTU Suralaya Unit 1-7 Tahun 2019

Hasil di atas menunjukkan konsentrasi TSP pada udara ambien mengalami peningkatan dari Triwulan I sampai dengan Triwulan IV. Konsentrasi TSP pada Triwulan I dalam rentang 52,75 – 127,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Triwulan II dalam rentang 89,38 – 169,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Triwulan III dalam rentang 99,18 – 183,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Triwulan IV dalam rentang 120,39 – 185,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

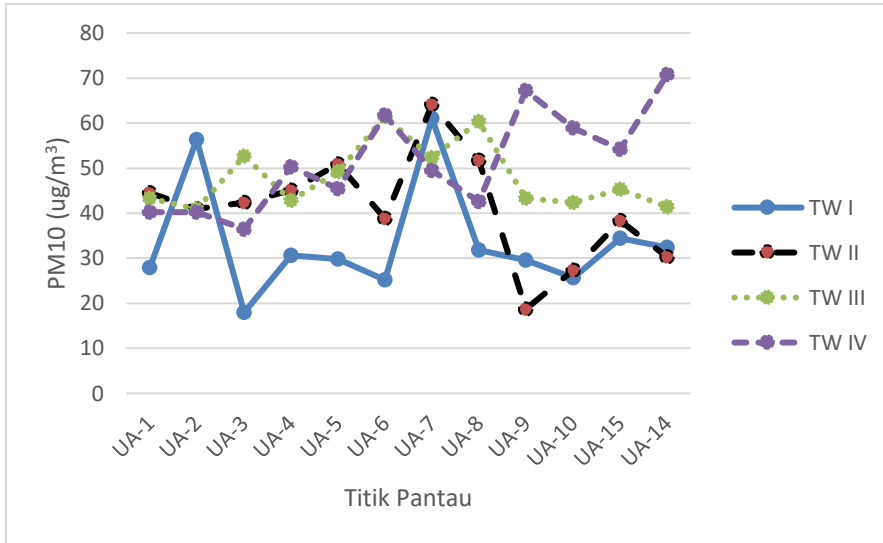
Dapat dilihat bahwa rata – rata pada puncak musim hujan (TW IV) konsentrasi polutan TSP lebih tinggi dibandingkan pada musim kerim (TW II & TW III). Namun, pada puncak musim kering TW III menunjukkan konsentrasi TSP paling tinggi (183,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) yang dapat disebabkan suhu udara di area PLTU Suralaya mencapai paling tinggi pada periode ini. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa suhu udara mempengaruhi konsentrasi polutan di udara ambien.

Tabel 4-1. Kualitas Udara Ambien Tahun 2019 di Titik Pemantauan PLTU Suralaya: TSP & PM10

No	Lokasi	Jarak km	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
			TW I	TW II	TW III	TW IV	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Nilai Rata-rata	TW I	TW II	TW III	TW IV	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Nilai Rata-rata
1	UA-1	3,76	77,49	169,73	99,18	138,02	169,73	77,49	121,11	27,95	44,53	43,37	40,22	44,53	27,95	39,02
2	UA-2	3,25	81,04	112,12	117,4	171,58	171,58	81,04	120,54	56,36	40,92	40,94	40,24	56,36	40,24	44,62
3	UA-3	1,87	74,27	161,12	157,54	177,12	177,12	74,27	142,51	17,95	42,4	52,62	36,48	52,62	17,95	37,36
4	UA-4	3,64	63,88	124,15	141,13	120,39	141,13	63,88	112,39	30,6	45,08	42,82	50,25	50,25	30,6	42,19
5	UA-5	2,39	86,96	133,08	127,95	170,25	170,25	86,96	129,56	29,84	50,85	49,2	45,42	50,85	29,84	43,83
6	UA-6	4,67	67,19	155,45	162,7	162,51	162,7	67,19	136,96	25,19	38,77	61,43	61,79	61,79	25,19	46,80
7	UA-7	0,947	124,63	161,62	131,02	149,42	161,62	124,63	141,67	61,05	64,12	52,29	49,42	64,12	49,42	56,72
8	UA-8	0,526	57,25	148,54	183,11	170,22	183,11	57,25	139,78	31,83	51,74	60,36	42,63	60,36	31,83	46,64
9	UA-9	0,465	87,72	89,38	166,67	164,16	166,67	87,72	126,98	29,56	18,73	43,33	67,19	67,19	18,73	39,70
10	UA-10	0,67	120,76	120,67	133,35	185,35	185,35	120,67	140,03	25,66	27,29	42,31	59	59	25,66	38,57
11	UA-15	0,512	80,78	159,80	128,82	177,54	177,54	80,78	136,74	34,46	38,36	45,36	54,26	54,26	34,46	43,11
12	UA-14	0,741	127,85	156,14	125,70	174,63	174,63	125,7	146,08	32,39	30,27	41,46	70,77	70,77	30,27	43,72

Sumber: Laporan RKL RPL PT Indonesia Power UP Suralaya Tahun 2019

Kondisi kualitas udara ambien pada kadar PM10 di sekitar PLTU Suralaya pada tahun 2019 diuraikan sebagai berikut.

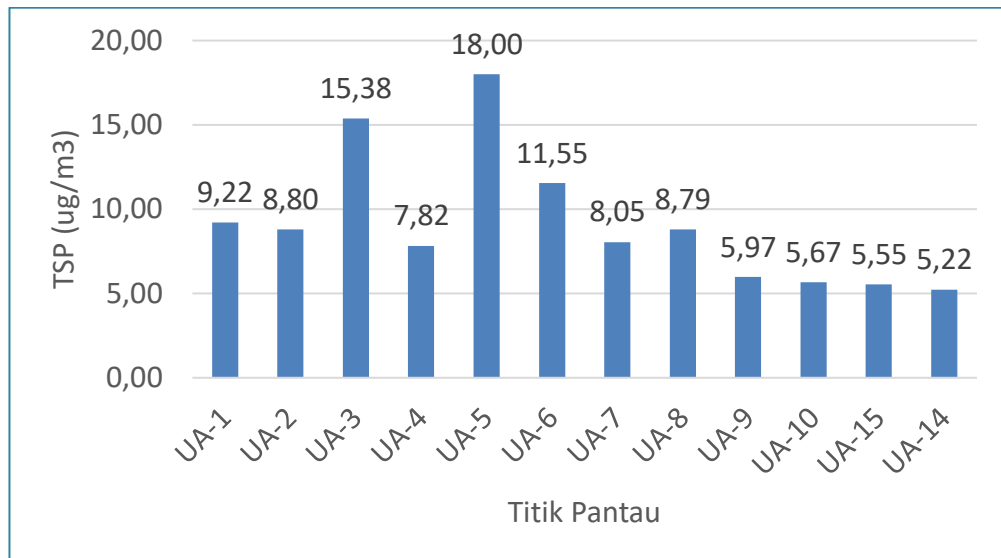


Gambar 4-6. Kualitas Udara Ambien PM10 di Sekitar PLTU Suralaya Unit 1-7 Tahun 2019

Seperti halnya tren pada kualitas udara ambien TSP, pola serupa ditunjukkan pada kualitas ambien PM10 dimana konsentrasi PM10 pada udara ambien mengalami peningkatan dari Triwulan I sampai dengan Triwulan IV. Konsentrasi PM10 pada Triwulan I dalam rentang 17,95 – 61,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Triwulan II dalam rentang 18,73 – 64,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Triwulan III dalam rentang 40,94 – 61,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Triwulan IV dalam rentang 36,48 – 70,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

b. Validasi Pemodelan di Titik Pemantauan

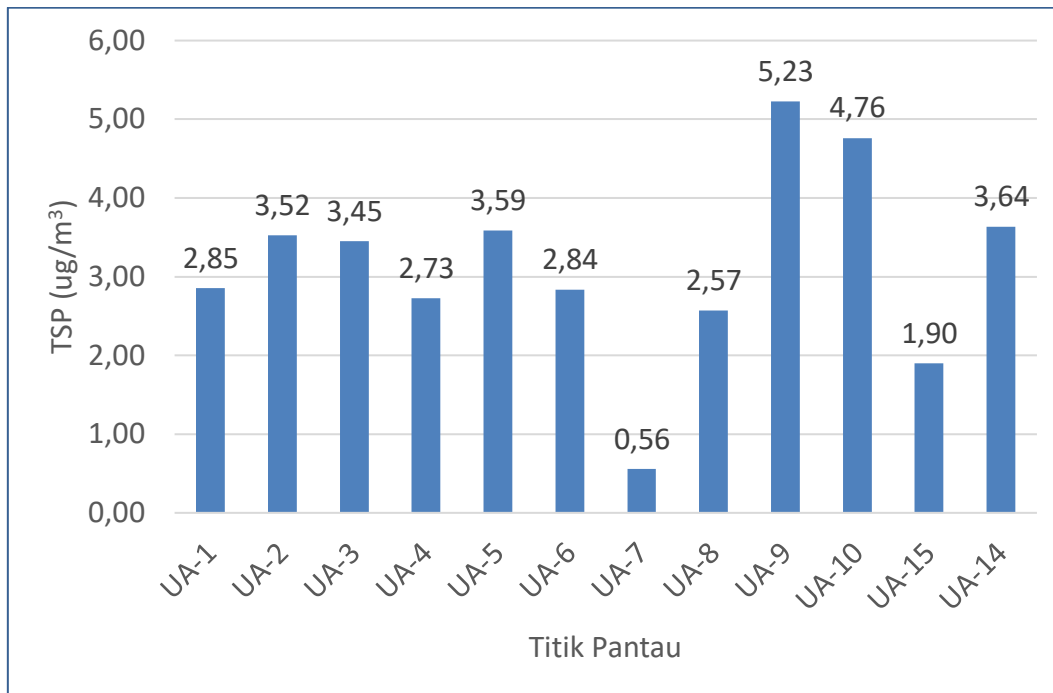
Validasi pemodelan dispersi TSP dalam 24 jam pada titik-titik pemantauan diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4-7. Pemodelan TSP Dengan Batu Bara BA Sesuai Titik Pemantauan pada AMDAL dalam 24 Jam

Dengan adanya operasional PLTU Unit 1-7, diperkirakan konsentrasi TSP setelah 24 jam di titik-titik pemantauan berkisar 0,56 – 5,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dimana titik pantau UA-9 dan UA-10 memiliki beban pencemaran paling tinggi (5,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 4,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secara berurutan) sedangkan titik pantau UA-7 dan UA-14 menunjukkan beban pencemaran TSP paling rendah (0,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

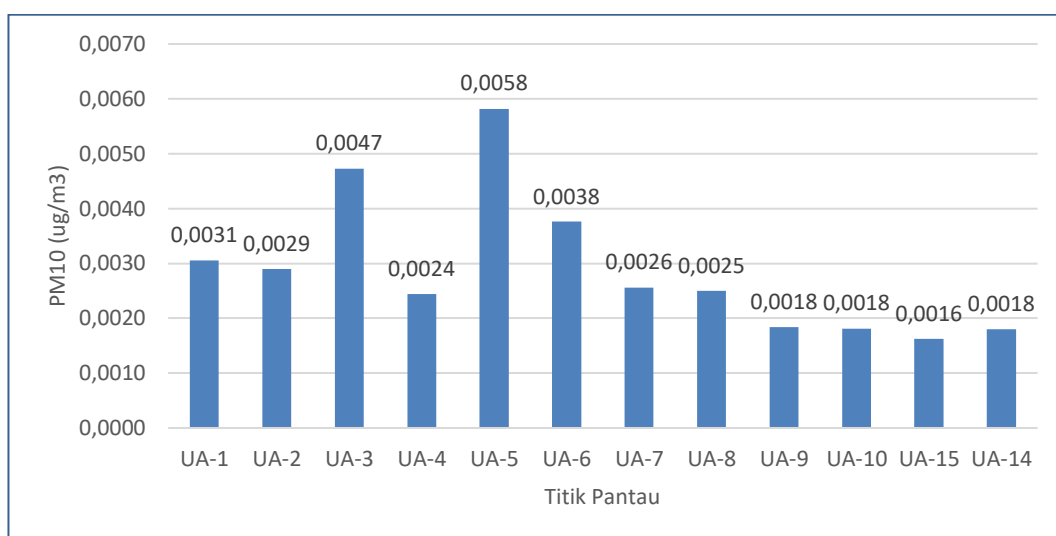
Validasi pemodelan dispersi TSP dalam 24 jam pada titik-titik pemantauan dengan adanya operasional PLTU Jawa Unit 9-10 diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4-8. Konsentrasi TSP Setelah 24 Jam dengan Operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10

Hasil validasi pemodelan menunjukkan pengaruh operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10 terhadap pencemaran TSP tidak memberikan dampak signifikan. Konsentrasi TSP ditambah dengan operasional PLTU Jawa 9 & 10 berada pada rentang 0,56 – 5,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, serupa dengan pola konsentrasi TSP tanpa adanya PLTU Jawa Unit 9 & 10.

Validasi pemodelan dispersi PM₁₀ selama 24 jam pada titik-titik pemantauan tanpa operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10 diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4-9. Pemodelan PM10 Dengan Batu Bara BA Sesuai Titik Pemantauan pada AMDAL dalam 24 Jam Tanpa PLTU Jawa Unit 9 & 10

Dengan adanya operasional PLTU Suralaya Unit 1-7, diperkirakan konsentrasi PM10 setelah 24 jam di titik-titik pemantauan berkisar 0,0016 – 0,0058 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dimana titik pantau UA-5 dan UA-3 memiliki beban pencemaran paling tinggi (0,0058 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 0,0047 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secara berurutan) sedangkan titik pantau UA-15 menunjukkan beban pencemaran PM10 paling rendah (0,0016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

c. Kontribusi Pencemaran terhadap Udara Ambien

Berdasarkan data kualitas udara ambien selama tahun 2019 dan Pemodelan dispersi polutan TSP & PM10 di titik-titik pemantauan PLTU Suralaya, kontribusi pencemaran diuraikan sebagai berikut.

Tabel 4-2. Kontribusi Pencemaran TSP PLTU Suralaya Terhadap Udara Ambien

No	Lokasi	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Unit 1-7	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PP 41 Th 1999	Kontribusi terhadap Baku Mutu	Keterangan
1	UA-1	9,22	230	4,0%	Memenuhi Baku mutu sesuai IFC Guidelines (Kontribusi <25%)
2	UA-2	8,80		3,8%	
3	UA-3	15,38		6,7%	
4	UA-4	7,82		3,4%	
5	UA-5	18,00		7,8%	
6	UA-6	11,55		5,0%	

No	Lokasi	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Unit 1-7	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PP 41 Th 1999	Kontribusi terhadap Baku Mutu	Keterangan
7	UA-7	8,05		3,5%	
8	UA-8	8,79		3,8%	
9	UA-9	5,97		2,6%	
10	UA-10	5,67		2,5%	
11	UA-14	5,22		2,4%	
12	UA-15	5,55		2,3%	

Tabel 4-3. Kontribusi Pencemaran TSP PLTU Suralaya dan PLTU Jawa Unit 9-10 Terhadap Udara Ambien

No	Lokasi	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Unit 9 & 10	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PP 41 Th 1999	Kontribusi terhadap Baku Mutu	Keterangan
1	UA-1	2,85	230	1,2%	Memenuhi Baku mutu sesuai IFC Guidelines (Kontribusi <25%)
2	UA-2	3,52		1,5%	
3	UA-3	3,45		1,5%	
4	UA-4	2,73		1,2%	
5	UA-5	3,59		1,6%	
6	UA-6	2,84		1,2%	
7	UA-7	0,56		0,2%	
8	UA-8	2,57		1,1%	
9	UA-9	5,23		2,3%	
10	UA-10	4,76		2,1%	
11	UA-14	1,90		0,8%	
12	UA-15	3,64		1,6%	

Tabel 4-2 dan Tabel 4-3 di atas menunjukkan bahwa adanya operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10 terjadi peningkatan pada kualitas udara ambien dibandingkan kualitas udara ambien dengan PLTU Suralaya. Namun, tingkat pencemaran masih memenuhi baku mutu sesuai PP No. 41 Tahun 1999 dan IFC *Guidelines* seperti halnya dengan konsentrasi PM10 seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4-4. Kontribusi Pencemaran PM10 PLTU Suralaya Terhadap Udara Ambien

No	Lokasi	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Unit 1-7	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PP 41 Th 1999	Kontribusi terhadap Baku Mutu	Keterangan
1	UA-1	0,0031	150	0,002%	Memenuhi Baku mutu sesuai IFC Guidelines (Kontribusi <25%)
2	UA-2	0,0029		0,002%	
3	UA-3	0,0047		0,003%	
4	UA-4	0,0024		0,002%	
5	UA-5	0,0058		0,004%	
6	UA-6	0,0038		0,003%	
7	UA-7	0,0026		0,002%	
8	UA-8	0,0025		0,002%	
9	UA-9	0,0018		0,001%	
10	UA-10	0,0018		0,001%	
11	UA-14	0,0016		0,001%	
12	UA-15	0,0018		0,001%	

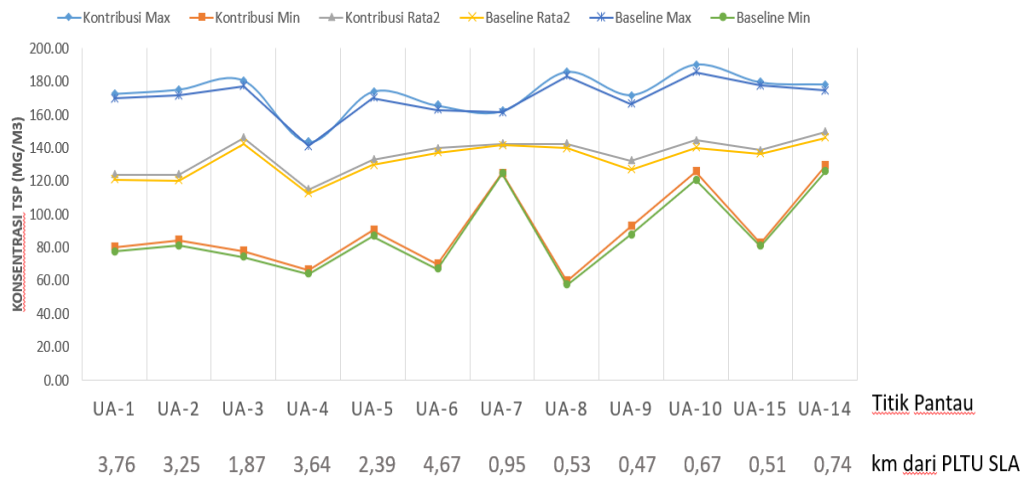
Dengan adanya operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10, estimasi kualitas udara ambien parameter TSP & PM10 sebagai berikut.

Tabel 4-5. Estimasi Kualitas Pencemaran TSP dengan Operasional PLTU Jawa Unit 9 & 10

No	Lokasi	TSP Ambien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			TSP Model ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TSP dengan PLTU Jawa Unit 9 & 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Nilai Rata2		TSP _{max}	TSP _{min}	TSP _{rata}
1	UA-1	169,73	77,49	121,11	2,85	172,58	80,34	123,96
2	UA-2	171,58	81,04	120,54	3,52	175,10	84,56	124,06
3	UA-3	177,12	74,27	142,51	3,45	180,57	77,72	145,96
4	UA-4	141,13	63,88	112,39	2,73	143,86	66,61	115,12
5	UA-5	170,25	86,96	129,56	3,59	173,84	90,55	133,15
6	UA-6	162,7	67,19	136,96	2,84	165,54	70,03	139,80
7	UA-7	161,62	124,63	141,67	0,56	162,18	125,19	142,23
8	UA-8	183,11	57,25	139,78	2,57	185,68	59,82	142,35
9	UA-9	166,67	87,72	126,98	5,23	171,90	92,95	132,21
10	UA-10	185,35	120,67	140,03	4,76	190,11	125,43	144,79

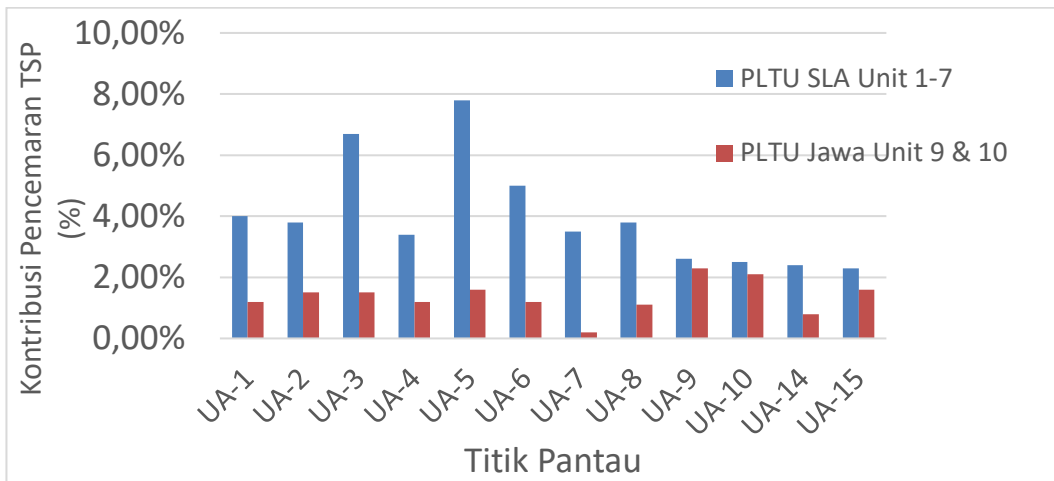
No	Lokasi	TSP Ambien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			TSP Model ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TSP dengan PLTU Jawa Unit 9 & 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Nilai Rata2		TSP _{max}	TSP _{min}	TSP _{rata}
11	UA-15	177,54	80,78	136,74	1,90	179,44	82,68	138,64
12	UA-14	174,63	125,7	146,08	3,64	178,27	129,34	149,72

Estimasi tingkat pencemaran dengan adanya kegiatan PLTU Jawa Unit 9 & 10 menunjukkan bahwa kualitas udara ambien masih memenuhi baku mutu sesuai PP No. 41 Tahun 1999 untuk periode 24 jam ($<230 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kontribusi polutan dari PLTU Jawa 9 & 10 akan berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara terutama TSP sebesar 0,4% - 5,6%.



Gambar 4-10. Prediksi Kontribusi TSP PLTU Jawa 9 & 10 terhadap Kualitas Udara Ambien

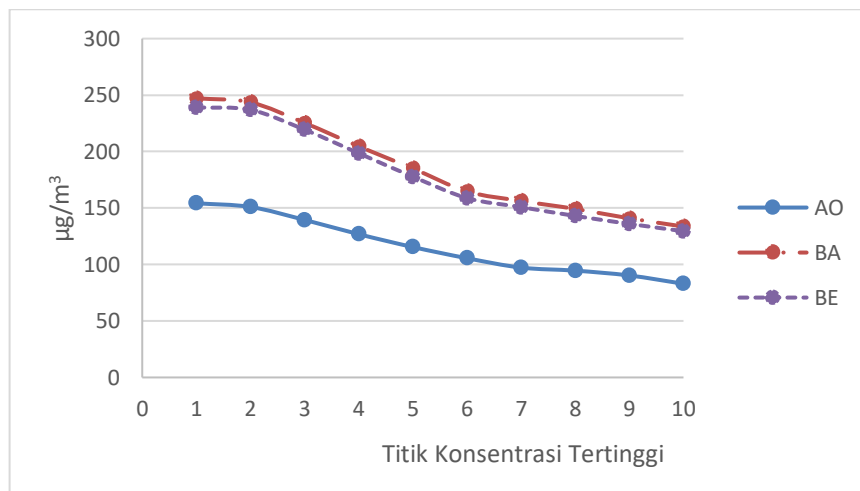
Gambar di atas menunjukkan bahwa dengan adanya operasional PLTU Jawa 9 & 10 terjadi penurunan kualitas udara, walaupun masih memenuhi baku mutu. Dibandingkan dengan PLTU Jawa 9&10, Gambar 4-11 menunjukkan bahwa kontribusi pencemaran TSP oleh PLTU Suralaya terhadap kualitas udara ambien lebih besar dibandingkan dengan kontribusi PLTU Jawa Unit 9 - 10.



Gambar 4-11. Kontribusi Pencemaran TSP Terhadap Udara Ambien Karena PLTU Suralaya & PLTU Jawa 9&10

4.3.2 Total Solid Particle (TSP) Tanpa PLTU Suralaya 9 dan 10 Berdasarkan Variasi Batu Bara

Hasil modelling AERMOD menunjukkan sepuluh konsentrasi TSP tertinggi berdasarkan sumber pemasok batu bara diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4-12. Kualitas TSP per jam Berdasarkan Jenis Pemasok Batu Bara

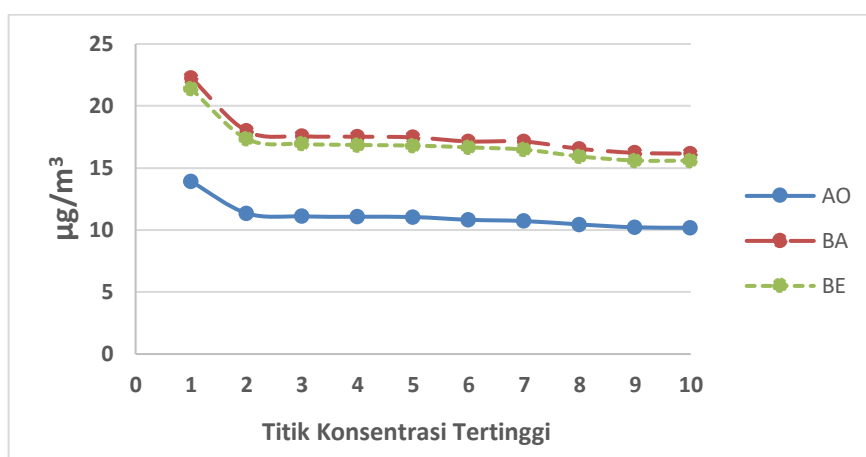
Konsentrasi TSP setelah 1 jam dengan menggunakan batu bara dari AO dalam rentang 82,93 – 154,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, penggunaan batu bara dari BE menghasilkan konsentrasi TSP dalam rentang 129,46 – 239,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan penggunaan batu bara BA konsentrasi TSP setelah 1 jam mencapai 133,61 –

247,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Adapun jarak dari titik konsentrasi TSP tertinggi per jam ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4-6. Jarak Titik Konsentrasi Tertinggi TSP per Jam

No.	Konsentrasi TSP	Baku Mutu*	Jarak dari PLTU Suralaya	Lokasi	
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(km)
AO	154,217	N/A	5,71	5°55'40.20"S	106°3'51.20"E
	150,928		4,17	5°55'40.38"S	106°2'13.64"E
	139,476		2,97	5°54'51.49"S	106°2'37.94"E
	126,811		2,36	5°54'27.07"S	106°2'37.90"E
	115,438		3,4	5°55'15.96"S	106°2'13.60"E
	105,558		5,7	5°56'29.27"S	106°1'49.34"E
	97,242		4,4	5°55'40.34"S	106°2'38.03"E
	94,556		3,6	5°55'15.91"S	106°2'37.99"E
	90,264		6,48	5°56'53.69"S	106°1'49.39"E
	82,934		5,72	5°56'29.22"S	106°2'13.73"E
BA	247,118	N/A	6,15	5°55'40.20"S	106° 3'51.20"E
	243,533		4,33	5°55'40.38"S	106° 2'13.64"E
	225,345		3,49	5°54'51.49"S	106° 2'37.94"E
	204,573		2,97	5°54'27.07"S	106° 2'37.90"E
	185,027		3,64	5°55'15.96"S	106° 2'13.60"E
	164,698		5,55	5°56'29.27"S	106° 1'49.34"E
	156,253		4,65	5°55'40.34"S	106° 2'38.03"E
	149,217		4	5°55'15.91"S	106° 2'37.99"E
	140,873		6,28	5°56'53.69"S	106° 1'49.39"E
	133,612		5,74	5°56'29.22"S	106° 2'13.73"E
BE	239,083	N/A	5,71	5°55'40.20"S	106°3'51.20"E
	236,9		4,17	5°55'40.38"S	106°2'13.64"E
	219,355		2,97	5°54'51.49"S	106°2'37.94"E
	198,517		2,3	5°54'27.07"S	106°2'37.90"E
	177,723		3,4	5°55'15.96"S	106°2'13.60"E
	158,821		5,7	5°56'29.27"S	106°1'49.34"E
	150,776		4,4	5°55'40.34"S	106°2'38.03"E
	142,986		3,66	5°55'15.91"S	106°2'37.99"E
	135,955		6,48	5°56'53.69"S	106°1'49.39"E
	129,455		5,72	5°56'29.22"S	106°2'13.73"E

Hasil di atas menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi (247,118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) terjadi paling jauh di 6,15 km (5°55'40.20"S, 106° 3'51.20"E) dengan menggunakan batu bara dari BA. Jarak paling jauh yang ditempuh dengan konsentrasi tinggi terjadi di 6,48 km dari PLTU Suralaya pada saat menggunakan batu bara jenis AO (di lokasi 5°56'53.69"S, 106°1'49.39"E) dan BE (di lokasi 5°56'53.69"S, 106°1'49.39"E).



Gambar 4-13. Kualitas TSP per hari Berdasarkan Jenis Pemasok Batu Bara

Konsentrasi TSP setelah 24 jam dengan menggunakan batu bara dari AO dalam rentang 10,19 – 13,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, penggunaan batu bara dari BE menghasilkan konsentrasi TSP dalam rentang 15,59 – 21,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan penggunaan batu bara BA konsentrasi TSP setelah 24 jam mencapai 16,16 – 22,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

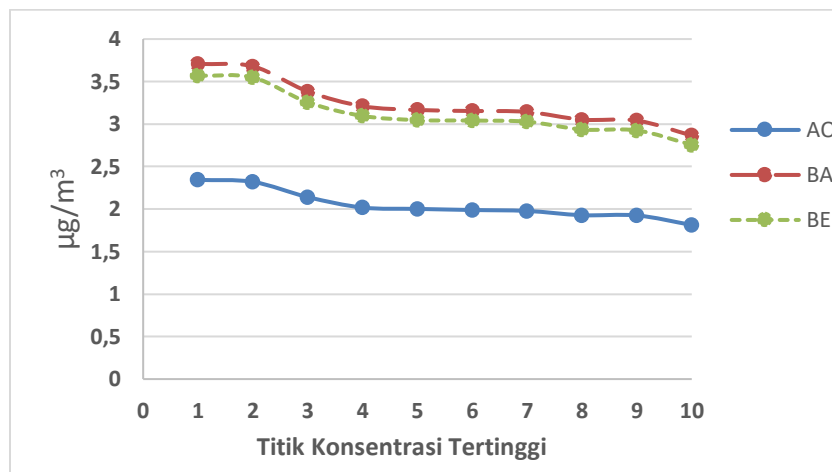
Adapun jarak dari titik konsentrasi TSP tertinggi per jam ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4-7. Jarak Titik Konsentrasi Tertinggi TSP per Hari

No.	Baku Mutu* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Jarak dari PLTU Suralaya (km)	Lokasi	
				Lintang	Bujur
AO	230	13,91	4,17	5°55'40.38"S	106°2'13.64"E
		11,354	1,6	5°53'13.81"S	106°2'37.76"E
		11,099	2,32	5°53'13.76"S	106° 3'2.15"E
		11,07	1,55	5°53'38.23"S	106°2'37.80"E
		11,048	2,3	5°53'38.18"S	106° 3'2.19"E
		10,825	2,56	5°54'51.58"S	106°1'49.16"E
		10,727	5,71	5°55'40.20"S	106°3'51.20"E
		10,448	1,76	5°54'27.16"S	106°1'49.12"E
		10,218	4,12	5°55'40.43"S	106°1'49.25"E
		10,185	2,36	5°54'27.07"S	106°2'37.90"E
BA	230	22,275	4,33	5°55'40.38"S	106° 2'13.64"E
		17,988	2,49	5°53'13.81"S	106° 2'37.76"E
		17,568	2,45	5°53'38.23"S	106° 2'37.80"E
		17,527	3,21	5°53'13.76"S	106° 3'2.15"E
		17,471	3,18	5°53'38.18"S	106° 3'2.19"E
		17,146	6,15	5°55'40.20"S	106° 3'51.20"E
		17,133	2,58	5°54'51.58"S	106° 1'49.16"E
		16,552	1,95	5°54'27.16"S	106° 1'49.12"E
				16,225	4,1

No.	Baku Mutu* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Jarak dari PLTU Suralaya (km)	Lokasi	
				Lintang	Bujur
		16,157	2,97	5°54'27.07"S	106° 2'37.90"E
BE	230	21,382	4,17	5°55'40.38"S	106°2'13.64"E
		17,352	1,6	5°53'13.81"S	106°2'37.76"E
		16,949	1,54	5°53'38.23"S	106°2'37.80"E
		16,857	2,32	5°53'13.76"S	106° 3'2.15"E
		16,812	2,3	5°53'38.18"S	106° 3'2.19"E
		16,666	5,71	5°55'40.20"S	106°3'51.20"E
		16,485	2,56	5°54'51.58"S	106°1'49.16"E
		15,936	1,76	5°54'27.16"S	106°1'49.12"E
		15,605	4,12	5°55'40.43"S	106°1'49.25"E
		15,594	2,3	5°54'27.07"S	106°2'37.90"E

Hasil di atas menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi ($22,275 \mu\text{g}/\text{m}^3$) terjadi paling jauh di 4,33 km ($5^\circ55'40.38''\text{S}$, $106^\circ 2'13.64''\text{E}$) dengan menggunakan batu bara dari BA. Jarak paling jauh yang ditempuh dengan konsentrasi tinggi terjadi di 6,15 km dari PLTU Suralaya ($5^\circ55'40.20''\text{S}$, $106^\circ 3'51.20''\text{E}$) pada saat menggunakan batu bara jenis BA. Namun, konsentrasi tersebut masih di bawah baku mutu sesuai PP No. 41 Tahun 1999 ($<230 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Gambar 4-14. Kualitas TSP per tahun Berdasarkan Jenis Pemasok Batu Bara

Konsentrasi TSP setelah 1 tahun dengan menggunakan batu bara dari AO dalam rentang $1,81 - 2,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, penggunaan batu bara dari BE menghasilkan konsentrasi TSP dalam rentang $2,76 - 3,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan

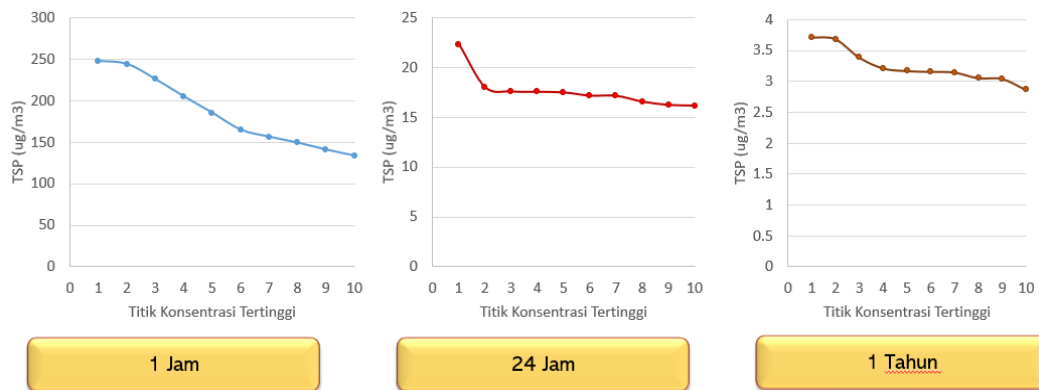
penggunaan batu bara BA konsentrasi TSP setelah 24 jam mencapai 2,87 – 3,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 4-8. Jarak Titik Konsentrasi Tertinggi TSP per Tahun

No.	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Jarak dari PLTU Suralaya (km)	Lokasi	
				Lintang	Bujur
AO	90	2,343	2,32	5°53'13.76"S	106° 3'2.15"E
		2,32	1,6	5°53'13.81"S	106°2'37.76"E
		2,141	3,06	5°53'13.72"S	106°3'26.53"E
		2,018	4,17	5°55'40.38"S	106°2'13.64"E
		2,002	2,3	5°53'38.18"S	106° 3'2.19"E
		1,989	1,44	5°53'38.23"S	106°2'37.80"E
		1,978	3,4	5°55'15.96"S	106°2'13.60"E
		1,928	1,76	5°54'27.16"S	106°1'49.12"E
		1,925	3,8	5°53'13.67"S	106°3'50.92"E
		1,813	3,6	5°53'38.14"S	106°3'26.58"E
BA	90	3,707	3,21	5°53'13.76"S	106° 3'2.15"E
		3,679	2,49	5°53'13.81"S	106° 2'37.76"E
		3,384	3,98	5°53'13.72"S	106° 3'26.53"E
		3,21	4,33	5°55'40.38"S	106° 2'13.64"E
		3,166	3,18	5°53'38.18"S	106° 3'2.19"E
		3,154	2,45	5°53'38.23"S	106° 2'37.80"E
		3,143	3,64	5°55'15.96"S	106° 2'13.60"E
		3,052	1,95	5°54'27.16"S	106° 1'49.12"E
		3,041	4,73	5°53'13.67"S	106° 3'50.92"E
		2,865	3,92	5°53'38.14"S	106° 3'26.58"E
BE	90	3,569	2,32	5°53'13.76"S	106° 3'2.15"E
		3,548	1,6	5°53'13.81"S	106°2'37.76"E
		3,256	3,06	5°53'13.72"S	106°3'26.53"E
		3,096	4,17	5°55'40.38"S	106°2'13.64"E
		3,047	2,3	5°53'38.18"S	106° 3'2.19"E
		3,041	1,54	5°53'38.23"S	106°2'37.80"E
		3,028	3,4	5°55'15.96"S	106°2'13.60"E
		2,936	1,76	5°54'27.16"S	106°1'49.12"E
		2,925	3,8	5°53'13.67"S	106°3'50.92"E
		2,756	3,06	5°53'38.14"S	106°3'26.58"E

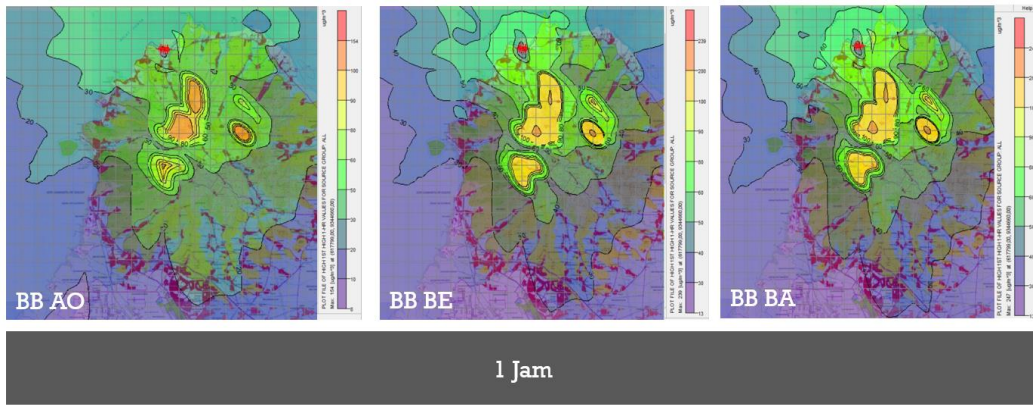
Hasil di atas menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi (3,707 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) terjadi paling jauh di 3,21 km (5°53'13.76"S, 106° 3'2.15"E) dengan menggunakan batu bara dari BA. Jarak paling jauh yang ditempuh dengan konsentrasi tinggi terjadi di 4,33 km (5°55'40.38"S, 106° 2'13.64"E) dari PLTU Suralaya pada saat menggunakan batu bara jenis BA. Namun, konsentrasi tersebut masih di bawah baku mutu sesuai PP No. 41 Tahun 1999 (<230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Secara keseluruhan, hasil di atas menunjukkan bahwa konsentrasi TSP dengan jenis batubara yang berasal dari BA dalam periode per jam, per hari dan tahunan memberikan konsentrasi tertinggi dibandingkan dengan jenis batu bara dari AO dan BE, walaupun masih di bawah baku mutu. Batu bara BE memberikan kontribusi konsentrasi TSP terendah. Emisi partikulat ini tergantung pada kualitas batu bara. Batu bara jenis BA menghasilkan konsentrasi TSP paling tinggi karena kadar ash dan *total moisture* paling tinggi dibandingkan dua jenis batu bara lainnya. Semakin tinggi kadar ash dan *total moisture* dalam batu bara menyebabkan kemungkinan terjadi pembakaran yang tidak sempurna sehingga menyebabkan konsentrasi partikulat semakin tinggi.

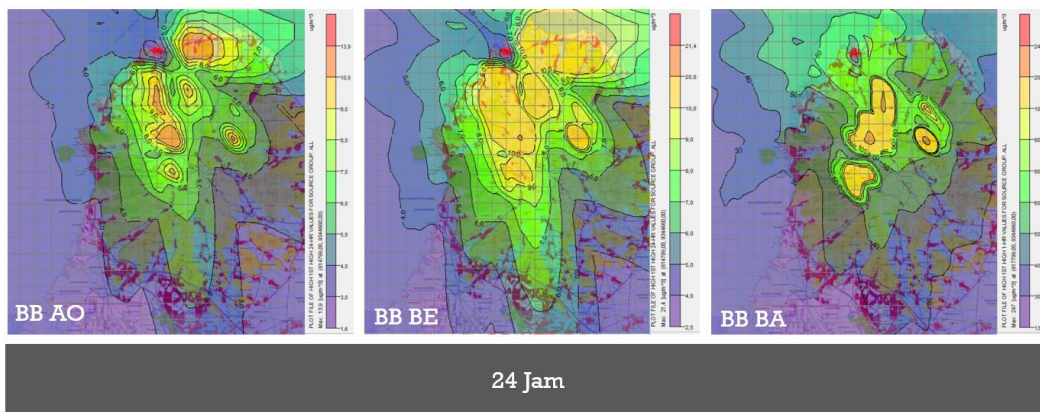


Gambar 4-15. Dispersi Prediksi Konsentrasi Tertinggi TSP dari PLTU Suralaya 1-7

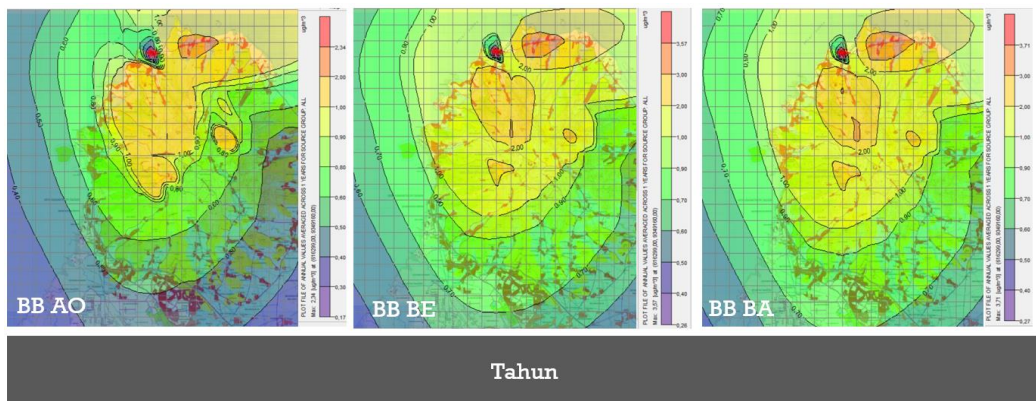
Sebaran polutan TSP karena adanya PLTU Suralaya Unit 1-7 tanpa adanya operasional PLTU Jawa unit 9 dan 10 berdasarkan sumber pemasok diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4-16. Model Dispersi PLTU Suralaya Unit 1-7 dalam 1 Jam



Gambar 4-17. Model Dispersi PLTU Suralaya Unit 1-7 dalam 1 Hari



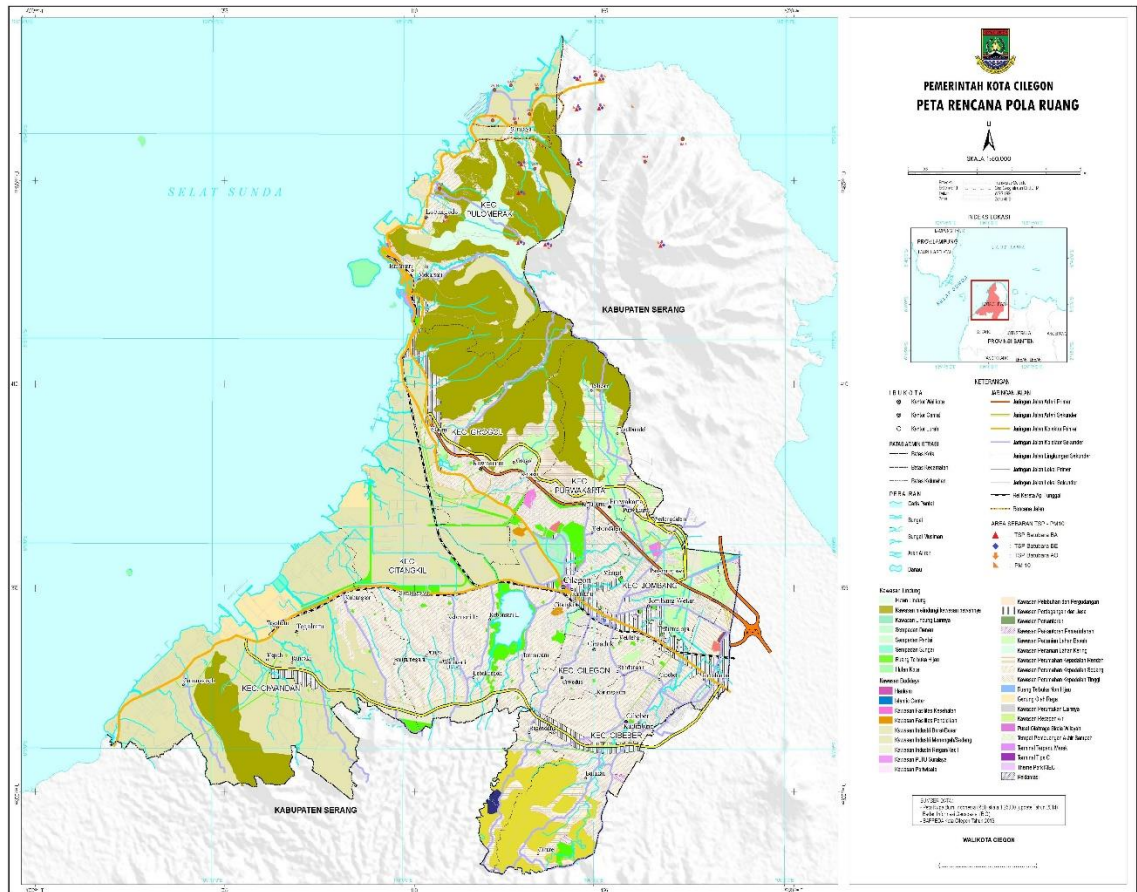
Gambar 4-18. Model Dispersi PLTU Suralaya Unit 1-7 dalam 1 Tahun

Hasil dispersi di atas menunjukkan bahwa jarak tempuh polutan TSP meningkat seiring dengan lamanya waktu. Secara keseluruhan, batu bara yang dipasok dari AO memiliki jarak tempuh lebih pendek dibandingkan dengan batu bara yang dipasok dari BE dan BA. Adapun peta sebaran partikulat berdasarkan variasi batu bara secara keseluruhan sebagai berikut.



Gambar 4-19. Peta Sebaran Partikulat Berdasarkan Variasi Batu Bara

Peta di atas menunjukkan bahwa arah sebaran TSP dengan menggunakan ketiga jenis batubara adalah menuju timur-tenggara-selatan sesuai dengan kondisi meteorologi area sekitar PLTU Suralaya yang telah diuraikan sebelumnya. Selain itu, Gambar 4-19 dan Gambar 4-20 menunjukkan lokasi titik pantau UA-5 memberikan hasil sebaran polutan (TSP & PM10) yang konsisten sesuai dengan pemodelan yang mana berdasarkan peta tata guna lahan kota Cilegon (Gambar 4-20) merupakan daerah pemukiman, seharusnya daerah sekitar UA-5 tidak menjadi area pemukiman ataupun area aktivitas manusia mengingat bahaya resiko paparan emisi dari kegiatan PLTU Suralaya yang konsisten jatuh pada titik tersebut sepanjang tahun tidak baik untuk faktor kesehatan manusia.



Gambar 4-20. Peta Tata Guna Lahan Kota Cilegon dengan Sebaran Partikulat (TSP & PM10) dari PLTU Suralaya

4.3.3 Dispersi TSP dengan adanya PLTU Jawa Unit 9 dan 10

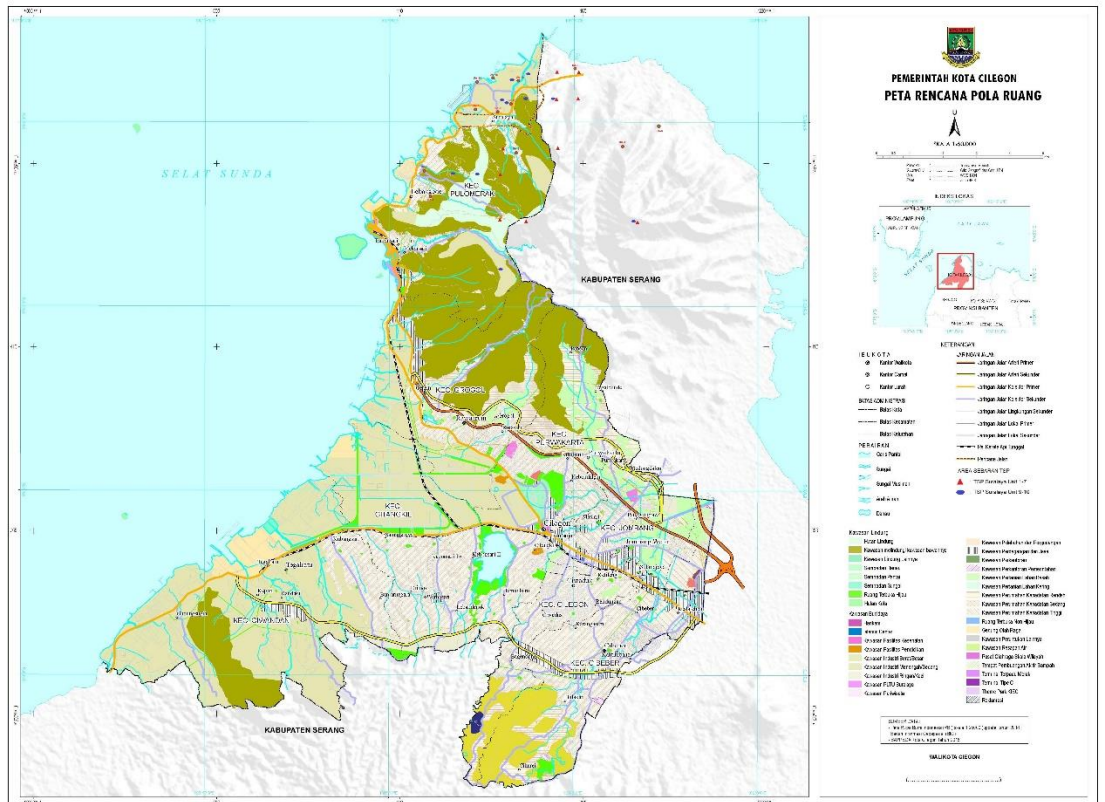
Hasil pemodelan dispersi TSP dengan adanya PLTU Jawa Unit 9 dan 10 dengan menggunakan kualitas batu bara sebagaimana desain rencana pengembangan ditunjukkan pada diagram berikut.



Gambar 4-21. Dispersi Konsentrasi Tertinggi TSP dari PLTU Jawa 9 dan 10

Hasil pemodelan menunjukkan dispersi TSP paling tinggi dihasilkan pada periode 1 jam dan mengalami penurunan signifikan setelah 24 jam dan 1 tahun yang masih memenuhi baku mutu sesuai PP No. 41 Tahun 1999. Hal ini dapat disebabkan kondisi meteorologi di daerah PLTU Suralaya (arah angin, kelembaban dan suhu udara) yang berkontribusi mengurangi konsentrasi polutan seiring dengan berjalannya waktu (Liang dkk, 2017). Berdasarkan standar IFC, kontribusi emisi pembangkit termal tidak melebihi 25% terhadap kualitas udara ambien.

Dapat dilihat bahwa konsentrasi TSP tertinggi per jam sebesar $79,98 \text{ ug/m}^3$. Konsentrasi tertinggi setelah 24 jam $6,29 \text{ ug/m}^3$ dan setelah 1 tahun konsentrasi tertinggi $1,22 \text{ ug/m}^3$. Adapun peta sebaran polutan dengan adanya operasional PLTU Suralaya dan PLTU Jawa Unit 9 & 10 diuraikan sebagai berikut.

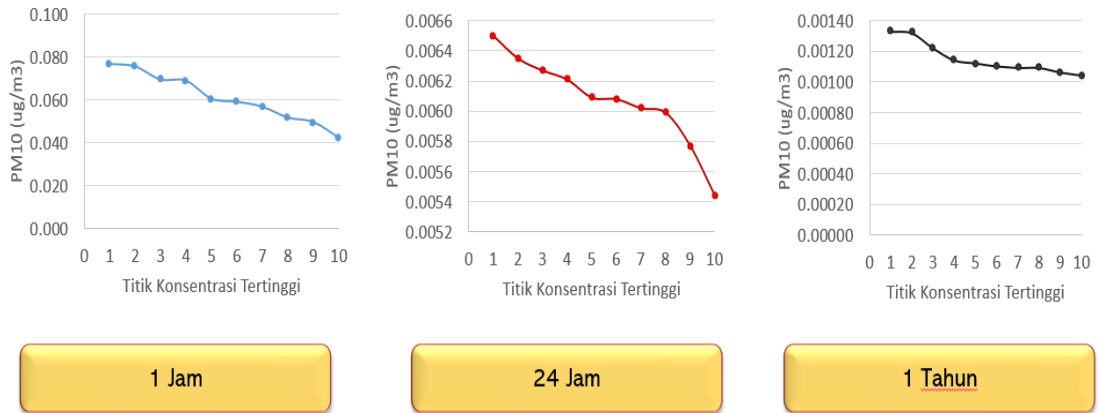


Gambar 4-22. Peta Sebaran Partikulat PLTU Suralaya Unit 1-7 Dan Jawa 9-10

Peta di atas menunjukkan bahwa arah sebaran TSP bila kedua PLTU beroperasi adalah menuju timur-tenggara-selatan. Selain itu, lokasi titik pantau UA-5 memberikan hasil sebaran polutan yang konsisten sesuai dengan pemodelan yang mana merupakan daerah pemukiman sehingga disimpulkan area UA-5 kurang aman karena merupakan daerah pemukiman, seharusnya daerah sekitar UA-5 tidak menjadi area pemukiman ataupun area aktivitas manusia mengingat bahaya resiko paparan emisi dari kegiatan PLTU Suralaya yang konsisten jatuh pada titik tersebut sepanjang tahun tidak baik untuk faktor kesehatan manusia. Selain itu, gambar di atas menunjukkan terdapat 2 titik/lokasi yang merupakan daerah kumulatif jatuhnya partikulat dari PLTU Suralaya Unit 1-7 dan PLTU Jawa 9-10 sehingga perlu dilakukan pemantauan kualitas udara ambien pada daerah tersebut atau penambahan tinggi stack 9-10 dari desain awal untuk memperluas wilayah sebaran.

4.3.4 Dispersi Konsentrasi PM10

Berdasarkan pemodelan AERMOD, konsentrasi PM₁₀ sebagai akibat operasional PLTU Suralaya ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4-23. Konsentrasi PM10 di 10 Titik Konsentrasi Tertinggi

Hasil pemodelan dispersi PM10 menunjukkan bahwa konsentrasi polutan paling tinggi terjadi setelah satu jam kemudian mengalami penurunan secara signifikan setelah 24 jam dan 1 tahun. Adapun lokasi sebaran titik tertinggi konsentrasi PM10 diuraikan sebagai berikut.

Tabel 4-9. Lokasi Sebaran 10 Titik Konsentrasi Tertinggi PM10

No.	Periode	Konsentrasi	Baku Mutu*	Jarak dari PLTU Suralaya	Koordinat	
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(km)	Lintang	Bujur
1	1 Jam	0,077	N/A	5,71	5° 55' 40,196" S	106° 3' 51,202" E
2		0,075		4,17	5° 55' 40,381" S	106° 2' 13,643" E
3		0,069		2,97	5° 54' 51,494" S	106° 2' 37,941" E
4		0,069		5,7	5° 56' 29,269" S	106° 1' 49,344" E
5		0,060		2,36	5° 54' 27,072" S	106° 2' 37,896" E
6		0,059		6,48	5° 56' 53,69" S	106° 1' 49,39" E
7		0,057		3,4	5° 55' 15,96" S	106° 2' 13,598" E
8		0,052		3,66	5° 55' 15,915" S	106° 2' 37,987" E
9		0,049		4,4	5° 55' 40,336" S	106° 2' 38,033" E
10		0,042		5,72	5° 56' 29,224" S	106° 2' 13,735" E
11	24 Jam	0,0065	150	1,6	5° 53' 13,809" S	106° 2' 37,759" E
12		0,0064		2,32	5° 53' 13,763" S	106° 3' 2,146" E
13		0,0063		2,3	5° 53' 38,185" S	106° 3' 2,192" E
14		0,0062		1,55	5° 53' 38,23" S	106° 2' 37,804" E
15		0,0061		2,56	5° 54' 51,585" S	106° 1' 49,163" E

No.	Periode	Konsentrasi	Baku Mutu*	Jarak dari PLTU Suralaya	Koordinat	
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(km)	Lintang	Bujur
16		0,0061		4,17	5° 55' 40,381" S	106° 2' 13,643" E
17		0,0060		5,71	5° 55' 40,196" S	106° 3' 51,202" E
18		0,0060		1,76	5° 54' 27,163" S	106° 1' 49,118" E
19		0,0058		2,36	5° 54' 27,072" S	106° 2' 37,896" E
20		0,0054		3,06	5° 53' 38,138" S	106° 3' 26,581" E
21	1 Tahun	0,00133	N/A	2,32	5° 53' 13,763" S	106° 3' 2,146" E
22		0,00132		1,6	5° 53' 13,809" S	106° 2' 37,759" E
23		0,00122		3,06	5° 53' 13,717" S	106° 3' 26,534" E
24		0,00114		2,3	5° 53' 38,185" S	106° 3' 2,192" E
25		0,00112		1,55	5° 53' 38,23" S	106° 2' 37,804" E
26		0,00110		3,8	5° 53' 13,671" S	106° 3' 50,922" E
27		0,00109		4,17	5° 55' 40,381" S	106° 2' 13,643" E
28		0,00109		1,76	5° 54' 27,163" S	106° 1' 49,118" E
29		0,00106		3,4	5° 55' 15,96" S	106° 2' 13,598" E
30		0,00104		3,06	5° 53' 38,138" S	106° 3' 26,581" E

Dapat dilihat bahwa konsentrasi PM10 tertinggi per jam ($0,077 \mu\text{g}/\text{m}^3$) berada di 5,71 km dari PLTU Suralaya ($5^{\circ}55'40,196''\text{S}$, $106^{\circ}3'51,202''\text{E}$). Konsentrasi tertinggi setelah 24 jam ($0,0065\mu\text{g}/\text{m}^3$) berada di 1,6 km dari PLTU Suralaya ($5^{\circ}53'13,809''\text{S}$, $106^{\circ}2'37,759''\text{E}$) dan setelah 1 tahun konsentrasi tertinggi ($0,00133 \mu\text{g}/\text{m}^3$) berada di 2,32 km dari PLTU Suralaya ($5^{\circ}53'13,763''\text{S}$, $106^{\circ}3'2,146''\text{E}$)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pemodelan dispersi polutan TSP dan PM10 menggunakan *software* AERMOD dihasilkan beberapa kesimpulan berikut:

1. Observasi meteorologi menunjukkan bahwa arah angin musing kering dan musim hujan berbeda dalam 1 tahun di Suralaya. Pada musim kering, arah angin dominan bertiup dari utara ke selatan sedangkan musim hujan angin bertiup dari barat ke timur. Dominasi kecepatan angin *calm* (0,5 s/d 3,6 m/s) sepanjang tahun mencapai 54% dan cenderung seragam setiap tahunnya.
2. Konsentrasi TSP dengan jenis batubara yang berasal dari BA dalam periode per jam, per hari dan tahunan memberikan konsentrasi tertinggi dibandingkan dengan jenis batu bara dari AO dan BE yaitu sebesar 22,275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk konsentrasi 24 jam dalam radius 4,33 km dikarenakan tingginya konsentrasi % abu yang terkandung dalam batu bara BA.
3. Hasil pemodelan menunjukkan dispersi TSP dari PLTU Jawa 9 dan 10 menambah beban pencemaran ke lingkungan sebesar 0,4% - 5,6% dari kondisi eksisting dalam radius $\pm 6,2$ km sehingga masih dapat diterima lingkungan, namun terdapat dua titik dengan sebaran konsentrasi tertinggi yang mendapat beban tambahan yang cukup intens baik dari PLTU Suralaya unit 1-7 dan PLTU Jawa 9-10 sehingga peninggian stack dari desain atau penambahan *flow rate / ID Fan* perlu dipertimbangkan untuk memperluas radius sebaran emisi dari Jawa 9-10.
4. Dalam radius 15 km, lokasi titik pantau UA-5 yang terletak di Kelurahan Salira merupakan area dengan konsentrasi sebaran polutan yang tinggi dari hasil pemodelan TSP dan PM10 dari PLTU Suralaya unit 1-7 serta penambahan yang relative tinggi dari pemodelan TSP PLTU Jawa 9 dan 10. Lokasi ini, seharusnya tidak digunakan untuk aktivitas manusia karena tidak baik untuk aspek kesehatan manusia. Serta diperlukan penggantian terhadap

titik pemantauan UA-4 dan UA-15 yang notabene bukan area dominan sebaran partikulat dari kegiatan PLTU Suralaya 1-7 dan rencana PLTU Jawa 9 dan 10 dan penambahan 4 titik pemantauan baru yang memiliki konsentrasi sebaran yang tinggi berdasarkan hasil pemodelan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil dan analisa sebaran emisi partikulat dari pemakaian batu bara kegiatan PLTU Suralaya, maka penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut:

1. Perlunya kebijakan pemerintah untuk dapat menetapkan baku mutu pemantauan partikulat tidak hanya TSP namun ditambahkan juga dengan PM10 dan / atau PM2,5.
2. Pemasangan alat pemantauan kualitas emisi secara online monitoring baik TSP maupun PM10 serta satelit meteorologi tentunya akan semakin meningkatkan akurasi data penelitian.
3. Analisa emisi PLTU Suralaya unit 1-7 dan rencana PLTU Jawa 9 dan 10 untuk parameter *emitter* lain selain partikulat yaitu SO_x dan NO_x guna mengetahui secara komprehensif kontribusi PLTU Batu Bara terhadap lingkungan di Kelurahan Suralaya dan Kota Cilegon.
4. Analisa pengaruh sebaran *emitter* batu bara dan pengaruh penggunaan batu bara terhadap kondisi operasional untuk mendapatkan gambaran optimal penggunaan batu bara yang efisien dan andal bagi operasional serta memberikan pengaruh dampak lingkungan yang paling kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmaruzzaman M., (2010), “A review on the utilization of fly ash”, *Progress in Energy and Combustion Science* vol. 36 pp.327–363.
- [2] Bunawas, Wiyono Muji, Ripin Alex, P. Adi, Choyyin Nur, (2018), “Pengukuran Efisiensi Penyaringan Debu EP dan Karakteristik Partikel Debu Fly Ash di PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Suralaya”, Koperasi Jasa Keselamatan Radiasi dan Lingkungan Nuklindolab, Jakarta.
- [3] Driejana, Dewi Kania, Irsyad Mochamad, Aminudin Cecep, Sandjaja Josef (2011), “Panduan Manager Pengendalian Pencemaran Udara”, Bandung: BPLHD Jawa Barat.
- [4] Flagan C. Richard, Seinfeld H. John, (1988), “Fundamental of Air Pollution Engineering”, California Institute of Technology.
- [5] Harsono dan Antonius, (2006), “Pengenalan Dasar Batu Bara”, Bandung: *Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batu Bara Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*.
- [6] Howard B. Daniel, The Jesse, Soria Rafael, Fann Neal, Schaeffer Roberto, (2019), “Health benefit and control cost of tightening particulate matter emissions standards for coal power plants – The case of Northeast Brazil”, *Environment International* vol. 124 pp. 420-430.
- [7] Indonesia Power, (2018), “Pemantauan pelaksanaan RKL-RPL PLTU Suralaya (unit 1-7)”, Suralaya: PT Indonesia Power.
- [8] Li Li, Lei Yalin, Wu Sanmang, Huang Zhaoyue, Luo Jingyi, Wang Yifeng, Chen Jiabin, Ya Dan, (2018), “Evaluation of future energy consumption on PM emissions and public health 2.5 economic loss in Beijing”, *Cleaner Production* vol. 187 pp. 1115-1128.

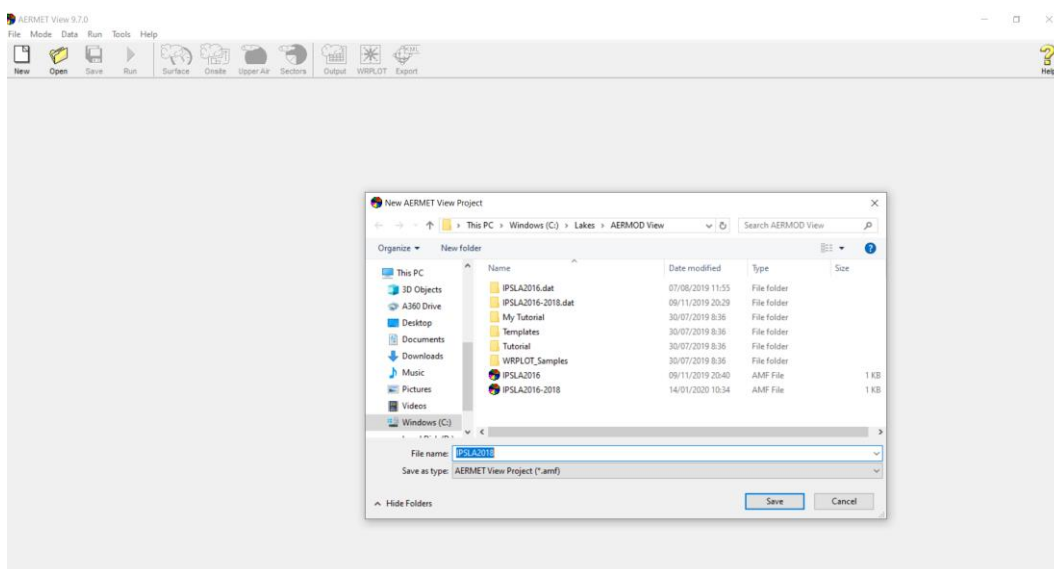
- [9] Liu Songtao, Wang Yu, Zhang Zhibo, Li Zhiyong, Chen Chuanmin, Guo Tianxiang, Mei Yuqian, Dong Jiaming, (2018), “Distribution of PAHs and trace elements in coal fly ash collected from a 5-stage electrostatic precipitator”, *Journal of Electrostatics* vol. 96 pp. 144–150.
- [10] Ma Jieyun, Yi Honghong, Tang Xiaolong, Zhang Yan, Xiang Ying, Pu Li, (2013), “Application of AERMOD on near future air quality simulation under the latest national emission control policy of China: A case study on an industrial city”, *Journal of Environmental Sciences* vol. 25 issue no. 8 pp. 1608–1617.
- [11] Mokhtar M. Mutahharah, Hassim H. Mimi, Taib M. Rozainee, (2014), “Health Risk Assessment of Emissions From A coal-fired Power Plant Using AERMOD modelling”, *Process Safety and Environmental Protection* vol 92 pp 476 -485.
- [12] Montreal Engineering Company Limited, (1984), “Design Manual Vol BD 6 Steam Generator”, Suralaya: *Perusahaan Umum Listrik Negara*
- [13] Pei Bing, Wang Xiaoliang, Zhang Yihua, Hu Ming, Sun Yanjing, Deng Ji, Dong Li, Fu Qingyan, Yan Naiqiang, (2016), “Emissions and source profiles of PM_{2.5} for coal-fired boilers in the Shanghai megacity”, China, *Atmospheric Pollution Research* vol. 7 pp. 577-584.
- [14] Pengfei Liang, Yanhua Fang, Yingruo Li, Yiqun Han, Yusheng Wu, Min Hu, and Junxia Wang. 2017. “The Role of Meteorological Conditions and Pollution Control Strategies in Reducing Air Pollution in Beijing during APEC 2014 and Victory Parade 2015.” *Atmosphere Chemistry Physics*, no. 17: 13921–40.
- [15] Prasajo Edi, Nurzaman Heri, Walujanto, Rosdiana Dian, Ismutadi Pandu, Malik Cecilya, Santoso Joko, Nurrohim Agus, Sauqi Azhari, (2016), “Indonesia Energy Outlook 2016, Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.

- [16] Ribeiro J., Silva T.F. , Filho Mendonça J.G. , Flores D. , (2014), “Fly ash from coal combustion – An environmental source of organic compounds”, *Applied Geochemistry* vol. 44 pp. 103–110.
- [17] Seangkiatiyuth Kanyanee, Surapipith Vanisa, Tantrakarnapa Kraichat, Lothongkum W. Anchaleeporn, (2011), “Application of the AERMOD modeling system for environmental impact assessment of NO₂ emissions from a cement complex”, *Journal of Environmental Sciences* vol. 23 issue 6 pp. 931–940.
- [18] Sui Zifeng, Zhang Yongsheng, Peng Yue, Norris Pauline, Cao Yan, Pan Wei-Ping, (2016), “Fine particulate matter emission and size distribution characteristics in an ultra-low emission power plant”, *Fuel* vol. 185 pp. 863–871.

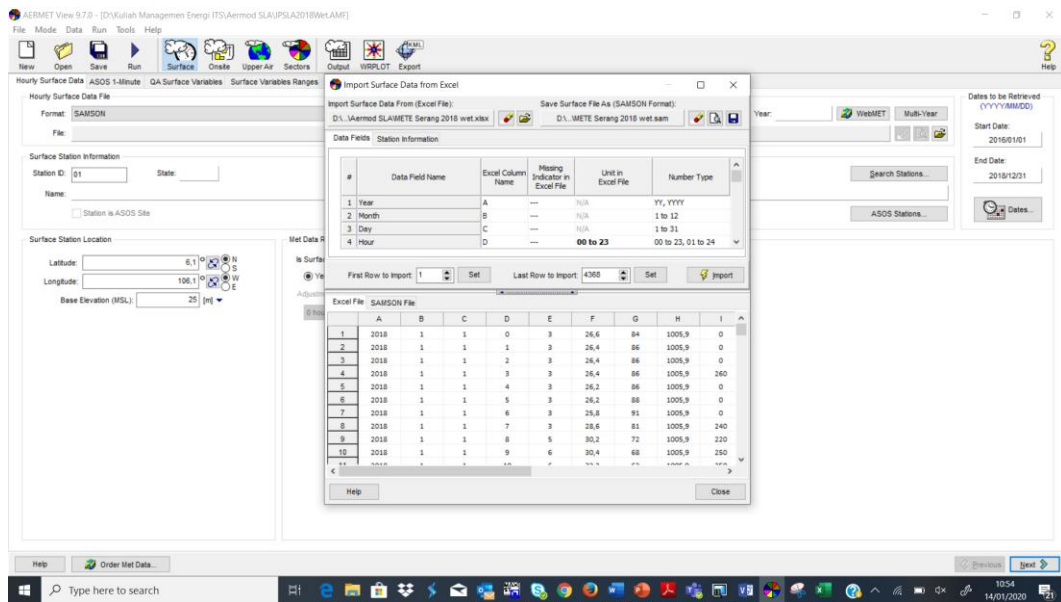
LAMPIRAN

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	2018	1	1	0	3	26,6	84	1005,9	0	0	500	0	---
2	2018	1	1	1	3	26,4	86	1005,9	0	0	500	0	---
3	2018	1	1	2	3	26,4	86	1005,9	0	0	500	0	---
4	2018	1	1	3	3	26,4	86	1005,9	260	4	500	0	---
5	2018	1	1	4	3	26,2	86	1005,9	0	0	500	0	---
6	2018	1	1	5	3	26,2	88	1005,9	0	0	500	0	---
7	2018	1	1	6	3	25,8	91	1005,9	0	0	500	0	---
8	2018	1	1	7	3	28,6	81	1005,9	240	3	500	0	---
9	2018	1	1	8	5	30,2	72	1005,9	220	3	500	0	---
10	2018	1	1	9	6	30,4	68	1005,9	250	4	500	0	---
11	2018	1	1	10	6	32,2	62	1005,9	250	5	500	0	---
12	2018	1	1	11	6	32,8	59	1005,9	250	6	500	0	---
13	2018	1	1	12	6	32,4	63	1005,9	240	8	500	0	---
14	2018	1	1	13	6	32,4	60	1005,9	250	7	500	0	---
15	2018	1	1	14	4	31,6	65	1005,9	260	9	500	0	---
16	2018	1	1	15	3	30	67	1005,9	250	6	500	0	---
17	2018	1	1	16	4	29	74	1005,9	250	7	500	0	---
18	2018	1	1	17	3	28,2	77	1005,9	40	5	500	0	---
19	2018	1	1	18	3	27,8	78	1005,9	240	5	500	0	---
20	2018	1	1	19	4	27,4	84	1005,9	270	4	500	0	---
21	2018	1	1	20	4	27,4	82	1005,9	230	1	500	0	---
22	2018	1	1	21	3	27	85	1005,9	240	2	500	0	---
23	2018	1	1	22	3	27	84	1005,9	270	3	500	0	---
24	2018	1	1	23	3	26,8	84	1005,9	310	1	500	0	---
25	2018	1	2	0	4	26	86	1006,6	0	0	500	0	---
26	2018	1	2	1	4	25,4	89	1006,1	0	0	500	0	---
27	2018	1	2	2	4	25	89	1005,6	0	0	500	0	---
28	2018	1	2	3	4	24,6	91	1005	0	0	500	0	---
29	2018	1	2	4	4	24,4	92	1005	0	0	500	0	---

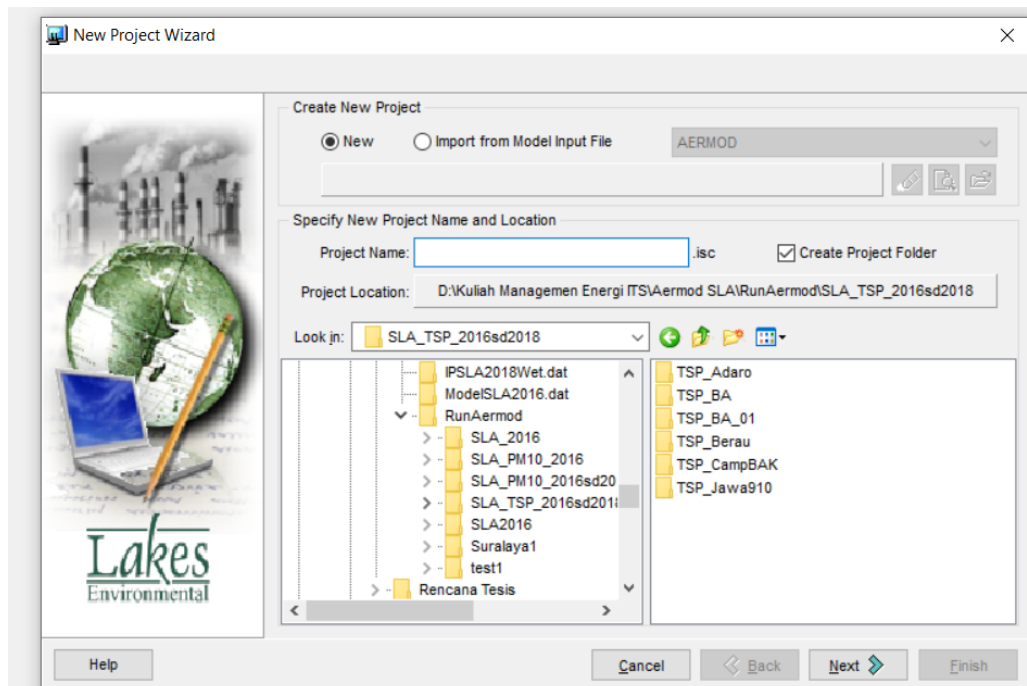
Tampilan data excel meteorologi yang akan diimport ke AERMET



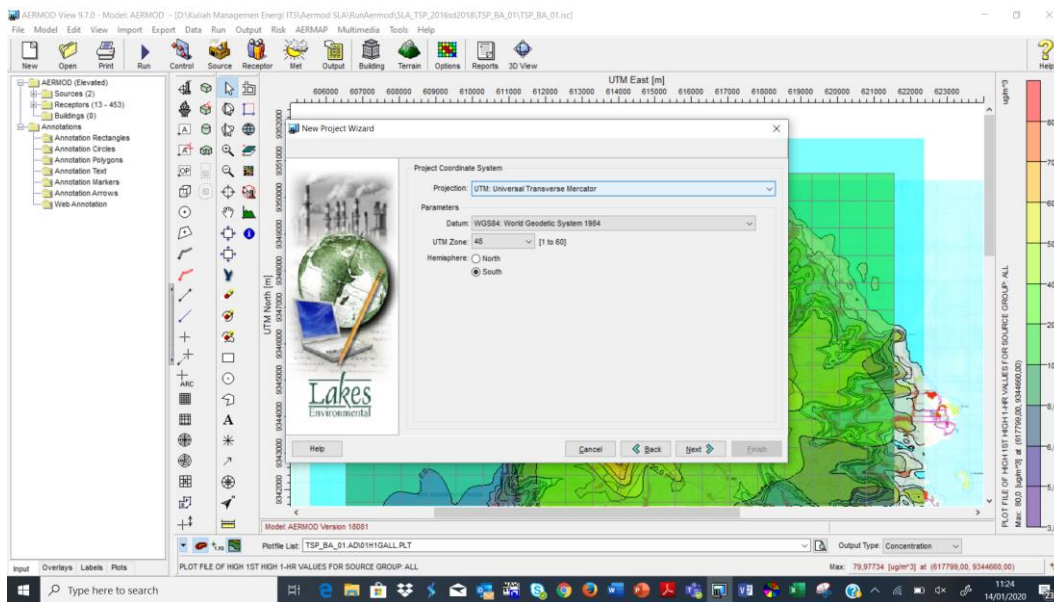
Tampilan AERMET saat akan membuat file baru



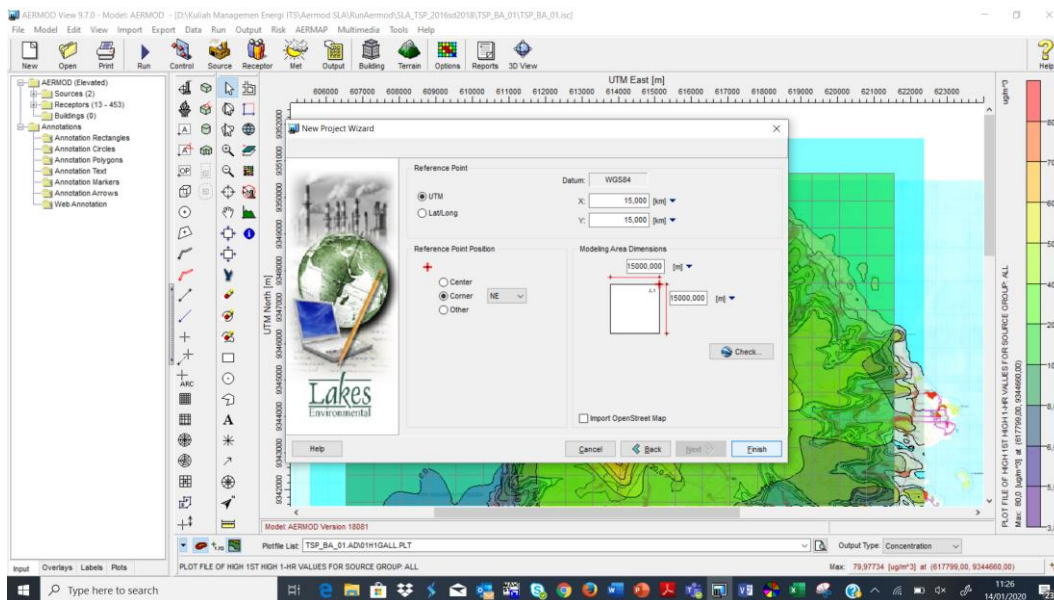
Tampilan pengisian data AERMET berdasarkan import data excel meteorologi



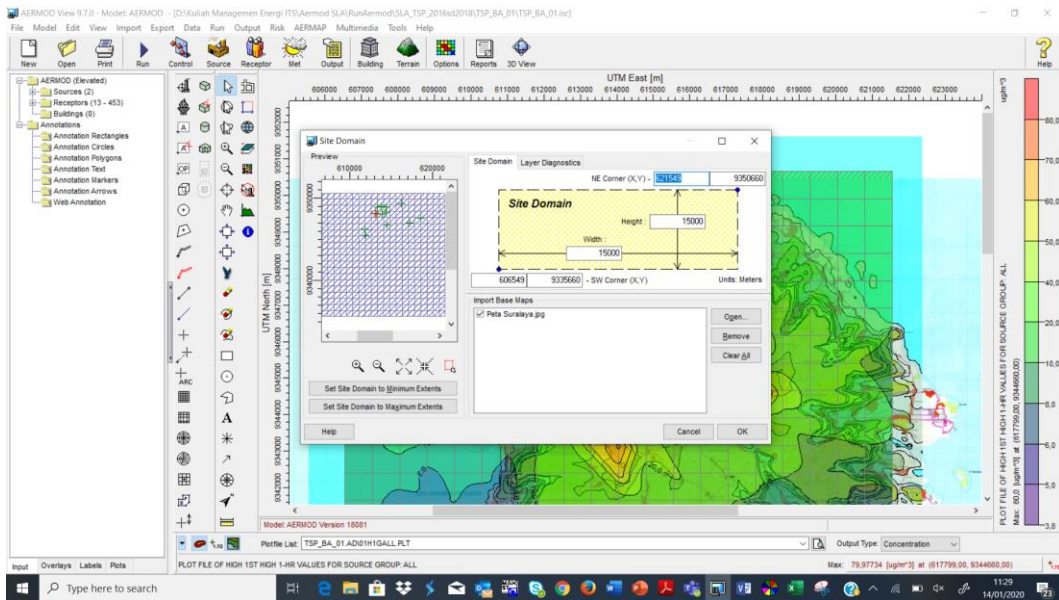
Tampilan saat akan memulai program AERMOD dengan membuat Folder Program



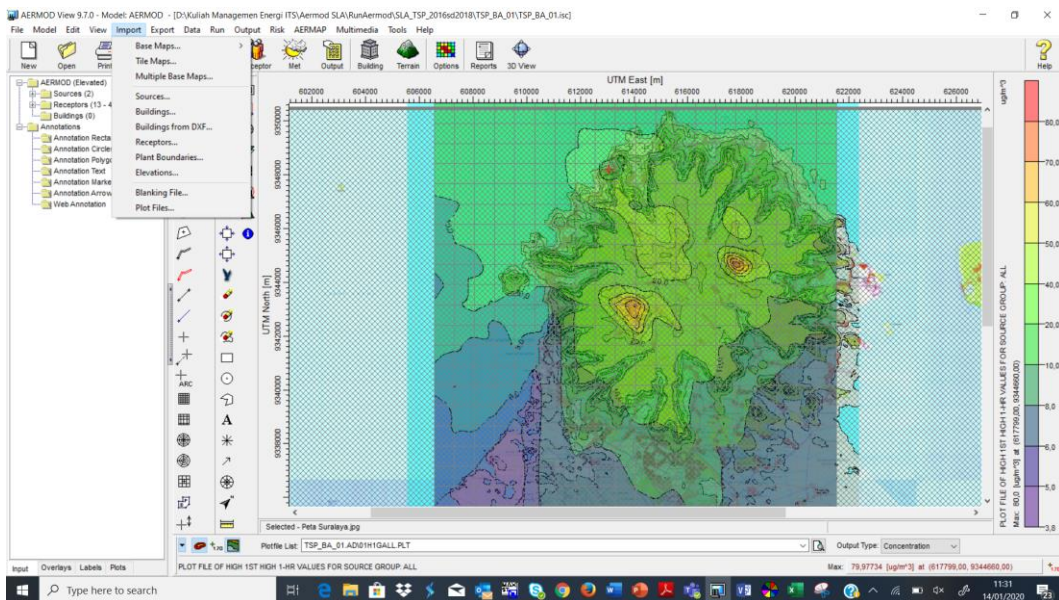
Tampilan pengaturan awal terkait zona wilayah studi



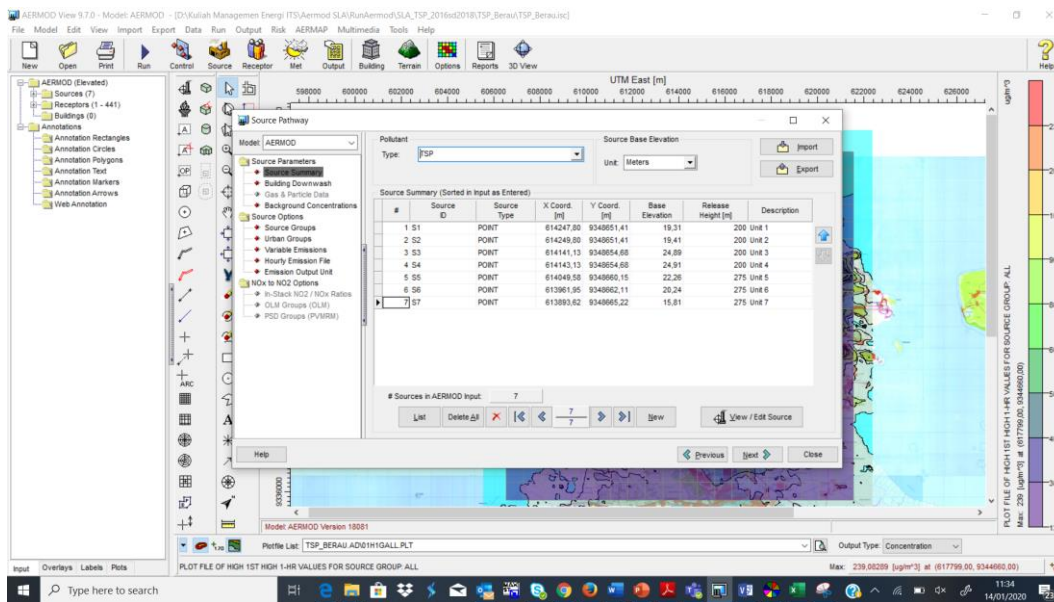
Tampilan pengaturan jarak wilayah studi dari sumber emisi



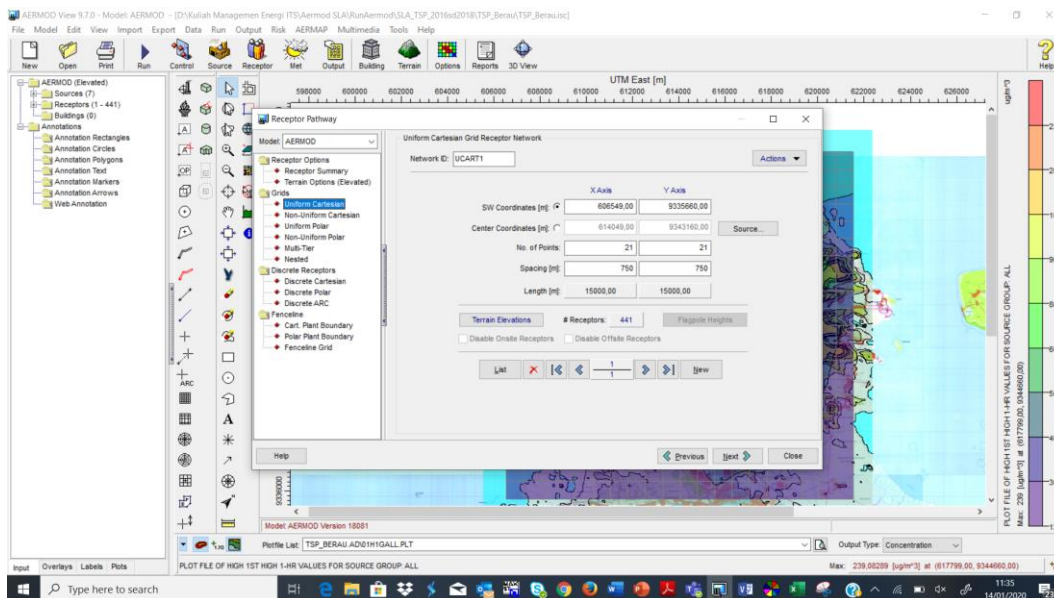
Tampilan pengaturan site domain



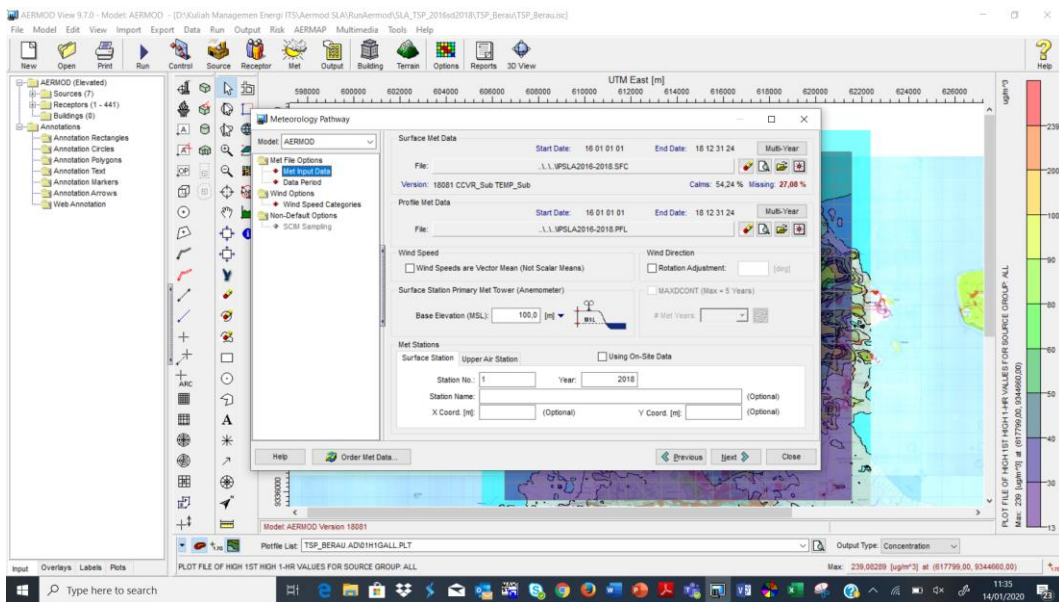
Import Base Map diperlukan sebelum masuk ked alam pengisian data-data



Tampilan data Emisi PLTU Suralaya Unit 1-7



Tampilan data reseptor



Import data meteorologi dari file sam hasil pengolahan AERMET

24HTGALL - Notepad

File Edit Format View Help

```
* AERMOD ( 18081): D:\Kuliah Managemen Energi ITS\Aermod SLA\RunAermod\SLA_2016\SLA_201 11/10/19
* AERMET ( 18081): 00:30:36
* MODELING OPTIONS USED: RegDEFAULT CONC ELEV RURAL
* PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH 24-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL
* FOR A TOTAL OF 441 RECEPTORS.
* FORMAT: (3(1X,F13.5),3(1X,F8.2),3X,A5,2X,A8,2X,A5,5X,A8,2X,I8)
*
* X Y AVERAGE CONC ZELEV ZHILL ZFLAG AVE GRP RANK NET ID DATE(CONC)
*
606549.00000 9335660.00000 2.80296 0.00 0.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
607299.00000 9335660.00000 2.73988 0.00 0.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
608049.00000 9335660.00000 2.60473 1.60 1.60 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
608799.00000 9335660.00000 2.45932 1.00 1.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
609549.00000 9335660.00000 3.00105 6.40 6.40 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
610299.00000 9335660.00000 3.51929 8.40 8.40 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
611049.00000 9335660.00000 3.93240 11.40 11.40 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
611799.00000 9335660.00000 4.15281 14.90 14.90 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
612549.00000 9335660.00000 4.12025 16.20 16.20 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
613299.00000 9335660.00000 3.84836 21.70 21.70 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
614049.00000 9335660.00000 4.58216 18.20 18.20 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
614799.00000 9335660.00000 5.28403 25.40 25.40 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
615549.00000 9335660.00000 5.68273 16.90 16.90 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
616299.00000 9335660.00000 5.74596 15.20 15.20 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
617049.00000 9335660.00000 5.46804 10.10 10.10 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
617799.00000 9335660.00000 4.96491 7.10 7.10 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
618549.00000 9335660.00000 4.34272 4.30 4.30 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
619299.00000 9335660.00000 3.70378 2.00 2.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
620049.00000 9335660.00000 3.11958 3.00 3.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
620799.00000 9335660.00000 3.05313 3.00 3.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16022924
621549.00000 9335660.00000 3.12949 4.70 4.70 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16022924
606549.00000 9336410.00000 2.94584 0.00 0.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
607299.00000 9336410.00000 2.92648 0.00 0.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
608049.00000 9336410.00000 2.82538 4.10 4.10 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
608799.00000 9336410.00000 2.63445 2.40 2.40 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16012124
609549.00000 9336410.00000 2.94570 1.20 1.20 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
610299.00000 9336410.00000 3.53452 8.00 8.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
611049.00000 9336410.00000 4.01651 6.30 6.30 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
611799.00000 9336410.00000 4.30944 11.10 11.10 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
612549.00000 9336410.00000 4.31332 9.90 9.90 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
613299.00000 9336410.00000 4.04681 15.50 15.50 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16030424
614049.00000 9336410.00000 4.75536 24.30 24.30 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
614799.00000 9336410.00000 5.49898 21.00 21.00 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
615549.00000 9336410.00000 5.91820 18.80 18.80 0.00 24-HR ALL 1ST UCART1 16071324
```

Contoh Tampilan hasil kuantitatif konsentrasi sebaran partikulat untuk parameter TSP 24 Jam

BIOGRAFI PENULIS



Vini Charloth, lahir di Jakarta tanggal Dua Puluh Enam bulan Februari tahun Seribu Sembilan Ratus Delapan Puluh Empat, merupakan putri kedua dari pasangan Bapak Bastian Tangkuman dan Ibu Grace Thelma Somadireja. Mengenyam pendidikan jenjang Sekolah Menengah Atas di sekolah berbasis asrama tahun 2000 s/d 2003 di SMUT Krida Nusantara Bandung, penulis melanjutkan pendidikan strata satu di Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang tahun 2003 s/d 2007. Setelah lulus, penulis langsung bekerja sebagai *Management Trainee* di PT. Kawan Lama Sejahtera selama 8 bulan dan sejak bulan September 2008 sampai dengan saat ini bekerja di PT. Indonesia Power yang ditempatkan di Unit Pembangkitan Suralaya. Pada tahun 2018, penulis melanjutkan studi pascasarjana di Departemen Teknik Mesin dengan bidang keahlian Manajemen Energi yang merupakan kelas kerjasama antara Teknik Mesin ITS dengan PT. Indonesia Power. Untuk komunikasi terkait Tesis yang disusun, silahkan menghubungi penulis melalui email berikut: v_charloth@yahoo.com.