



T E S I S

**KARAKTERISTIK PENCEMARAN UDARA DI PLTGU UJB-I
TAMBAK LOROK SEMARANG**
(Studi kasus Pencemaran SO₂ dan Partikel Debu)

Disusun Oleh :

DJOKO WITONO
NIM. L4K000010

MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
JUNI
2003

TESIS

**KARAKTERISTIK PENCEMARAN UDARA DI PLTGU UJB-I
TAMBAK LOROK SEMARANG**
(Studi kasus Pencemaran SO₂ dan Partikel Debu)

Disusun oleh

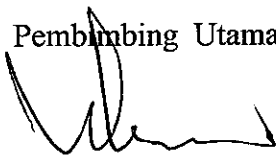
DJOKO WITONO

NIM. L4K000010

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 13 Juni 2003

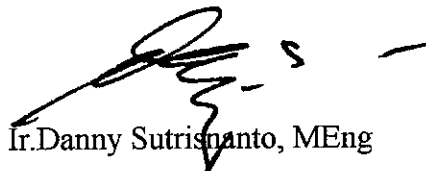
Menyetujui :
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

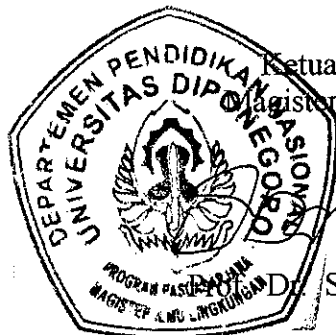


Ir. Ir. Sumarno, MSi

Pembimbing Kedua



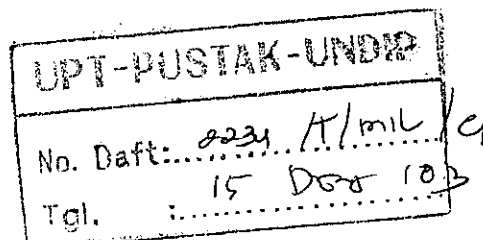
Ir. Danny Sutrisnanto, MEng



Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan



Sudharto. P. Hadi, MES



Judul Tesis : Karakteristik Pencemaran Udara Di PLTGU UJB-I
Tambak lorok Semarang
(Studi kasus Pencemaran SO₂ dan Partikel Debu)

Nama Mahasiswa : Djoko Witono

Nomor Mahasiswa : L4K. 000010

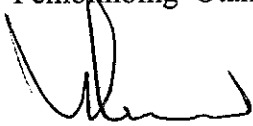
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 13 Juni 2003
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diterima

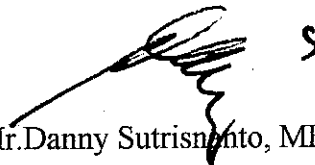
Menyetujui :

Pembimbing Utama



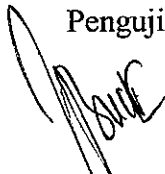
Ir. Sumarno, MSi

Pembimbing Kedua



Ir. Danny Sutrisnanto, MEng

Penguji

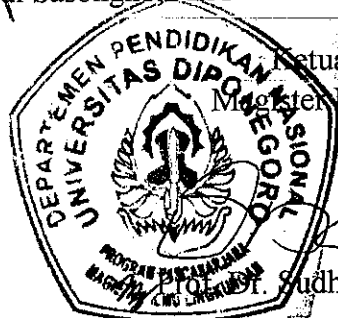


Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA

Penguji



Ir. Syafrudin, CES, MT



Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan

Dr. Sudharto P. Hadi, MES

P E R N Y A T A A N

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan Lembaga Pendidikan lainnya.

Semua informasi dan pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum atau tidak diterbitkan, dengan ataupun dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dimana sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka dan isi tesis ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya sebagai penulis

Semarang, Mei 2003

Penulis,

Djoko Witono
NIM .L4K000010

KATA PENGANTAR

Tesis ini disusun untuk memenuhi tugas akhir pada program Pasca Sarjana Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang. Tesis ini merupakan sebagian persyaratan guna mencapai derajat sarjana S-2 yang telah di seminarikan dan mendapatkan tanggapan, koreksi dan penyempurnaan.

Tesis dengan judul “Karakteristik pencemaran udara di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang (Studi kasus pencemaran SO₂ dan Partikel Debu)” telah mendapatkan arahan dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi dan tulisan, sekaligus telah mendapatkan persetujuan dari dosen pembimbing.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Sumarno, MSi, sebagai Pembimbing I.
2. Bapak Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng, sebagai Pembimbing II.
3. Bapak Prof. Dr.H. Sudharto.P.H, Phd, sebagai Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan .
4. Bapak Dr.Ir.H Purwato, DEA dan Ir. H. Agus Hadiyanto, MT sebagai Sekretaris I dan II Program Studi Magister Ilmu Lingkungan.
5. Bapak Ir. Djoko Sutrisno, sebagai Kepala Bappedal Propinsi Jawa Tengah .
6. Bapak Mulyanto,SH,MSi sebagai Sekretaris Bappedal Propinsi Jawa Tengah.
7. Bapak Ir. H. Munarto, sebagai Kepala Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes Propinsi Jawa Tengah, beserta stafnya .

8. Ibu Ir. Endang Sulistyowati, sebagai Kabid Pengendalian Pencemaran Lingkungan dan Ir. Eliana Srie Moerniati, sebagai Kasubbid Pengendalian Pencemaran Udara Bappedal Propinsi Jawa Tengah Semarang, dan rekan-rekan kerja yang tidak bisa sebut satu persatu dari Bappedal Propinsi Jawa Tengah, atas dukungannya.
9. Segenap Civitas Akademika Pasca Sarjana Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang, yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.
10. Istri , anak-anak ku tercinta dan segenap anggota keluarga besar terima kasih atas semangat , dorongan moril dan doanya supaya cepat selesainya tesis ini.
11. Semua pihak yang terkait dalam pembuatan tesis ini yang tidak kami sebut satu persatu.

Mengingat keterbatasan yang ada pada penulis maka sudah sewajarnya apabila tulisan ini masih jauh dari sempurna. Namun demikian tulisan ini telah melalui proses penyempurnaan yang melibatkan banyak pihak, utamanya adalah dosen pembimbing. Oleh sebab itu kami sangat mengharapkan adanya kritik dan saran guna meningkatkan kualitas laporan tesis ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan kelapangan jalan pada setiap umat Nya yang mau berikhtiar.

Semarang, Mei 2003
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman judul.	i
Halaman Pengesahan Tesis.....	ii
Halaman Pernyataan	iv
Kata Pengantar.	v
Daftar Isi.	vii
Daftar Tabel.	xii
Daftar Gambar.	xiv
Daftar Grafik.	xvi
Abstraksi / Ringkasan	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1. 1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.	5
Diagram Alir Pendekatan Permasalahan.....	6
1.3. Tujuan dari Penelitian.	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian umum tentang PLTU dan PLTG.....	8
2.1.1. Terjadinya Hujan Asam.....	9
2.1.2. Teknologi <i>Fluidised Bed Combustion (FBC)</i>	12
2.1.3. Teknologi <i>Flue-Gas Desulfurization (FGD)</i>	13
2.1.4. Penelitian-penelitian dan Model Yang Pernah dilakukan sebelumnya.....	15
2.1.4.1. Peneliti - peneliti Yang Pernah Dilakukan Se- belumnya	15
2.1.4.2. Model Yang Pernah Dilakukan Sebelumnya.....	15

	Halaman
2.2. Udara Di Alam Sekitar.	16
2.3. Susunan Kimia Atmosfer.....	20
2.4. Suhu Udara.	21
2.5. Tekanan Udara Dan Angin.	
2.5. 1. Tekanan Udara.	21
2.5. 2. Angin.	22
2.6. Pengertian Pencemaran Udara.	25
2.6. 1. Sumber Pencemar Udara.	26
2.6. 2. Zat Pencemar Gas.	27
2.6. 3. Zat Pencemar Partikulat Dan Karakteristik Polutan.....	27
2.7. Model Perkiraan Dispersi Emisi Gas Buang	29
2.7. 1. Perkiraan Penyebaran Dispersi.	29
2.7. 2. Pengertian Dispersi.	31
2.7. 3. Model Gaussian.	36
2.7. 4. Estimasi Dispersi Di Atmosfer.	40
2.7. 5. Persamaan untuk difusi pencemaran.	40
2.7. 6. Stabilitas Atmosfer.	43
2.7. 7. Estimasi Parameter Dispersi.	45
2.7. 8. Garis Konsentrasi.	51
2.7. 9. Kenaikan Plume.....	52
2.7. 10. Cerobong Tinggi.....	54
2.7. 11: Faktor Arah Angin.....	55
2.7. 12. Konsentrasi Dari Sumber Lebih Dari Satu Titik.....	58

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3. 1. Lokasi dan Waktu Penelitian.	52
---	----

3.1. 1. Lokasi Penelitian Disekitar Sumber Pencemar Emisi Gas Buang PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang.	59
3.1. 2. Emisi Gas Buang PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang	60
3.1.2.1. Kualitas Udara Emisi Gas Buang Cerobong (Stack).....	60
3.1.2.2. Kualitas Udara Emisi Gas Buang Ambien....	62
3.1. 3. Waktu Penelitian.	63
3. 2. Variabel Penelitian.	63
3.2. 1. Variabel Yang Diambil Adalah SO ₂ dan Partikel Debu (PM ₁₀).	63
3.2. 2. Parameter Sulfur Dioksida (SO ₂).	64
3.2. 3. Alat dan Metode Penggunaan Alat.	66
3.2.3. 1. Alat Yang Digunakan.	66
3.2.3. 2. Metode Penggunaan Alat.	66
3.2.3. 3. Alat Yang Digunakan “ Analizer SO ₂ (APSA 360).....	66
3.2.3. 4. Metode Penggunaan Alat.....	66
3.2.4. Parameter Partikel Debu (PM ₁₀).....	67
3.2.5. Alat dan Metode Penggunaan Alat.	68
3.2.5.1. Alat Yang Digunakan “ High Volume Sampling “	68
3.2.5.2. Metode Penggunaan Alat.....	68
3.2.5.3. Alat Yang Digunakan “ Analizer PM ₁₀ (Partikel FH62-1).....	69

	Halaman
3.2.5.4. Metode Penggunaan Alat.....	69
3.3. Pengambilan Data Dilakukan Dengan 2 (dua) Cara.	69
3.3.a. Pengambilan Data Primer.	69
3.3.b. Pengambilan Data Sekunder.	70
3.4. Analisa Data	71
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Daerah Penelitian.Secara Umum	72
4.2. Lokasi Penelitian.	73
4.2.1. Lokasi I Terletak Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang, Berjarak 300 meter (Kemijen II).	73
4.2.2. Lokasi II Terletak Di Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang, Berjarak 700 meter (Kemijen III).	77
4.3. Hasil Penelitian	80
4.4. Perhitungan Besarnya Emisi Gas Buang Sebagai Akibat Kegiatan PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang.	82
4.4.1. Lokasi I Terletak Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang, Berjarak 300 meter (Kemijen II).	89
4.4.2. Lokasi II Terletak Di Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang, Berjarak 700 meter (Kemijen III).	94
4.5. Pembahasan Hasil Pengukuran Mobil Stasiun Kualitas Udara Ambien.....	100
4.6. Pembahasan Perhitungan Model dan Pengukuran Analisa Data Menggunakan Analisis Data.	102

	Halaman
4.6.1. Pengaruh Parameter SO ₂ Model Dengan SO ₂ Terukur Di Lokasi I (Kelurahan Kemijen RT.01 / RW.IV Kota Semarang).....	102
4.6.2. Pengaruh Parameter PM ₁₀ Model Dengan PM ₁₀ Terukur Di Lokasi I (Kelurahan Kemijen RT.01 / RW.IV Kota Semarang).....	103
4.6.3. Pengaruh Parameter SO ₂ Model Dengan SO ₂ Terukur Di Lokasi II (Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang).....	103
4.6.4. Pengaruh Parameter PM ₁₀ Model Dengan PM ₁₀ Terukur Di Lokasi II (Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang).....	103
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.	104
5.2. Saran	106
 DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN-LAMPIRAN	109
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	135

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel : 1. Karakteristik Lapisan Atmosfer.	18
Tabel : 2. Susunan Kimia Atmosfer.....	20
Tabel : 3. Kontribusi Gas Buang Berdasarkan Jenis Bahan Bakar.....	28
Tabel : 4. Klasifikasi Stabilitas Atmosfer.....	44
Tabel : 5. Konstanta Untuk Persamaan Parameter Penyebaran σ_y dan σ_z	48
Tabel : 6. Nilai Konstanta Untuk Rumus Persamaan Ranchoux.	56
Tabel : 7. Tinggi Cerobong Efektif.	56
Tabel : 8. Kondisi Fisik Cerobong Asap (Stack).....	61
Tabel : 9. Lokasi titik pemantauan kualitas udara ambien.....	62
Tabel : 10. Cara Mendapatkan Data Primer.....	70
Tabel : 11. Cara Mendapatkan Data sekunder.	70
Tabel : 12. Hasil Pemantuan Kualitas Udara Ambien Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang.....	75
Tabel : 13. Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang.....	78
Tabel : 14. Perkiraan Besarnya Emisi Partikulat < 10 μm (Debu / PM_{10}) Dari Berbagai Sumber (Perkins,1974).....	81
Tabel : 15. Perkiraan Besarnya Sulfur Dioksida (SO_2) Dari Berbagai Sumber (Perkins, 1974).....	82
Tabel : 16. Hasil Perhitungan Model Gaussian Kualitas Udara Ambien Lokasi Di Kelurahan Kemijen RT.01 / RW.IV Kota Semarang Tanggal 19 Agustus 2002.....	101

	Halaman
Tabel : 17. Hasil Perhitungan Model Gaussian Kualitas Udara Ambien Lokasi Di Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang Tanggal 20 Agustus 2002.....	87
Tabel : 18. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kualitas Udara Ambien Lokasi Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang Tanggal 19 Agustus 2002 Parameter SO ₂ dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	91
Tabel : 19. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kualitas Udara Ambien Lokasi Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang Tanggal 19 Agustus 2002 parameter Partikulat <10 μm (Debu/PM10)dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	92
Tabel : 20. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kualitas Udara Ambien Lokasi Di Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang Tanggal 20 Agustus 2002 Parameter SO ₂ Dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	97
Tabel : 21. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kualitas Udara Ambien Lokasi di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang Tanggal 20 Agustus 2002 Parameter Partikulat < 10 μm (Debu/PM10) Dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	90

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar : 1. Peta Kota Semarang Lokasi PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang	1
Gambar : 2. Proses Terjadinya Hujan Asam Di Alam Sekitar.....	11
Gambar : 3. Asal Bahan Pencemar Terjadinya Hujan Asam.	11
Gambar : 4. Proses Bagaimana Terjadinya Dekomposisi Asam.....	12
Gambar : 5. Strukur Atmosfer.	17
Gambar : 6. Sistem Angin Tetap Dipermukaan Bumi Dan Diatas Bumi.....	22
Gambar : 7. Penyebaran Polutan Dalam Bentuk Plume.	32
Gambar : 8. Pandangan Atas Plume Pada Waktu Sesaat Rata-rata 1(Satu) Jam.	34
Gambar : 9. Profil Konsentrasi Polutan Sebagai Fungsi Dari Pada Jarak Arah Angin.	35
Gambar : 10. Distribusi Normal Dari Model Gaussian	36
Gambar : 11. Nilai Koordinat Gaussian	37
Gambar : 12. Luasan Dibawah Kurva Distribusi Gaussian Dari – Tak Terhingga ke p.	38
Gambar : 13. Luas Dibawah Distribusi Gaussian Antara – p dan + p.	39
Gambar : 14. Sistim Koordinat Menunjukkan Distribusi Gaussian Dalam Arah Horizontal Dan Vertikal.	41
Gambar : 15. Koeffisien Dispersi Horizontal σ_y Sebgai Fungsi Jarak Kearah Angin Dari Sumber.	46
Gambar : 16. Koeffisien Dispersi Vertikal σ_z Sebgai Fungsi Jarak Kearah Angin Dari Sumber.	47

Gambar : 17. Variasi Konsentrasi Vertikal Dibawah Lapisan Udara Stabil.	50
Gambar : 18. Jarak X_{max} dan $(XU/Q)_{max}$ Fungsi Stabilitas dan H....	57
Gambar : 19. Lokasi Penelitian PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang,2002.	59
Gambar : 20. Lokasi Pengambilan Emisi Cerobong Gas Buang PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang,2002.....	61
Gambar : 21. Lokasi Pengambilan Kualitas Lingkungan Ambien PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang,2002.....	62
Gambar : 22. Kondisi Saat PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang Malam Hari Tanggal 19 Agustus 2002.	72
Gambar : 23. Kondisi Saat PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang Malam Hari Tanggal 20 Agustus 2002.	73
Gambar : 24. Lokasi I Malam Hari Pengambilan Triwulan III.	74
Gambar : 25. Lokasi I Siang Hari Pengambilan Triwulan III.	74
Gambar : 26. Lokasi II Malam Hari Pengambilan Triwulan III.	79
Gambar : 27. Lokasi II siang hari Pengambilan Triwulan III.	80
Gambar : 28. Pengambilan Data Primer Di Lokasi II (Kemijen III) Dengan Menggunakan Peralatan Mobil Stasiun Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah.....	96

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Ilustrasi Diagram Alir Pendekatan masalah	
Ilustrasi : 1. Grafik Parameter SO ₂ Kualitas Udara Ambien di Lokasi I.	75
Ilustrasi : 2. Grafik Parameter Debu (PM ₁₀) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I.	
Ilustrasi : 3. Grafik Parameter SO ₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II.	76
Ilustrasi : 4. Grafik Parameter Debu (PM ₁₀) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II.	78
Ilustrasi : 5. Grafik Parameter SO ₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Dari Perhitungan Model Gaussian.	86
Ilustrasi : 6. Grafik Parameter Partikulat <10 µm (Debu/PM ₁₀) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Dari Perhitungan Model Gaussian.....	86
Ilustrasi : 7. Grafik Parameter SO ₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II Dari Perhitungan Model Gaussian.	88
Ilustrasi : 8. Grafik Parameter Partikulat < 10 µm (Debu/PM ₁₀) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II Dari Perhitungan Model Gaussian.....	88
Ilustrasi : 9. Grafik Parameter SO ₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Pengukuran Mobil.	93
Ilustrasi : 10. Grafik Parameter Partikulat < 10 µm (Debu/PM ₁₀) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Pengukuran Mobil.....	93

Halaman

Ilustrasi : 11. Grafik parameter SO ₂ kualitas udara ambien di Lokasi II dari Pengukuran Mobil.	99
Ilustrasi : 12. Grafik parameter Partikulat < 10 μm (Debu/PM ₁₀) kualitas udara ambien di Lokasi II Pengukuran Mobil	99

RINGKASAN

DJOKO WITONO. NIM. L4K000010. **KARAKTERISTIK PENCEMARAN UDARA DI PLTGU UJB I TAMBAK LOROK SEMARANG (Studi Kasus Pencemaran SO₂ dan Partikel Debu) . (SUMARNO DAN DANNY SUTRISNANTO).**

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Unit Jaringan Beban (UJB) I Tambak lorok Semarang terletak di Wilayah Administratif Kel.Bandarharjo, Kec. Semarang Utara, Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah, yang menetapi luas area 10,3773 Ha. Dengan batas sebagai berikut : 1). Sebelah Utara : Laut Jawa, 2). Sebelah Timur : Pertambakan dan Permukiman Penduduk Kelurahan Tanjung Mas, 3).Sebelah Selatan : Pemukiman Penduduk Kelurahan Kemijen, 4).Sebelah Barat : Pelabuhan Tanjung Mas. Permasalahan yaitu Bagaimana Distribusi Pencemaran Emisi Gas Buang dan Prediksi / Model yang akan digunakan untuk mengendalikan Pencemaran Udara. Pencemaran udara adalah sesuatu yang berwujud Zat atau komponen lain yang dapat menurunkan kualitas lingkungan yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (UU No.27/1997).

Metodelogi yang digunakan adalah menghitung data primer secara Model Gaussian dan pengukuran langsung sebagai Data primer dan Data Sekunder untuk mengetahui tingkat pencemaran udara ambien setiap Triwulan.

Penelitian ini bertujuan : 1). Mengetahui tingkat pencemaran udara emisi gas buang kualitas udara ambien. 2). Mencari modeling yang tepat untuk mengendalikan pencemaran emisi gas buang di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang. Dari hasil penelitian telah mendapatkan hasil perbedaan Model Gaussian dan pengukuran langsung baik lokasi I dan Lokasi II, hasilnya dianalisis dengan Analisis data hasilnya tidak saling mempengaruhi. Karakteristik SO₂ mudah bereaksi dengan udara bebas, selanjutnya menyebabkan Hujan Asam dan Partikel Debu mempunyai ciri sebagai pencemar berupa aerosol yang terikut oleh angin sampai tempat yang jauh dari sumber pencemar yaitu PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang. Sedangkan produksi listrik dari PLTU sebesar 730 s/d 1010 MWatt/hari yang menghabiskan bahan bakar solar sebanyak 229.162 lt/hari s/d 2.361.051 lt/hari, Untuk PLTG sebesar 9.561,500 s/d 10.011,650 MWatt/hari dan mengeluarkan limbah emisi gas buang berupa partikel SO₂ = 1,8 % Wt sebesar 1.116,112 µg/Nm³hari dan Partikel Debu = 1,0 % Wt sebesar 620,062 µg/Nm³hari pada jarak 300 meter, dan jarak 700 meter SO₂ sebesar 975,976 µg/Nm³hari dan Partikel Debu sebesar 542,209 µg/Nm³hari untuk stabilitas A. Dari hasil perhitungan Model Gaussian menggunakan persamaan (3), sebagai karakteristik SO₂ dan Partikel Debu sangat kecil bila di tinjau dari kebutuhan bahan bakar fosil (Solar dan MFO) ini merupakan sebagai kontribusi pencemar udara dimana akan terjadi penurunan kualitas udara ambien disekitar lokasi kegiatan .

Kata Kunci “ Karakteristik pencemaran SO₂ dan Partikel Debu “.

ABSTRACT

DJOKO WITONO. NIM. L4K000010. **CHARAKTERISTIC OF AIR POLLUTION IN GAS AND STEAM POWER PLANT (GSPP) CAPACITY NETWORK UNIT (CNU) I Tambak lorok Semarang (Case study SO₂ and Dust particle). (SUMARNO AND DANNY SUTRISNANTO).**

The location of Gas and Steam Power Plant (GSPP) Capacity Network Unit (CNU) I Tambak lorok Semarang is in administratif area of Bandarharjo district, subdistrict of North Semarang , Semarang City, and Central Java. The area is about 10.3773 Ha. With boundary some assemble 1). The Northern area is adjacent to Java Sea, 2). The Eastern is to pound community area of Tanging Mas district, 3). The Southern is to community area of Kemijen district, and 4).The western is to Tanjung Mas Harbour. The question is how is the distribution of the pollution of disposal gas emission and the prediction / Model will be used to control the air pollution. Air pollution is some substances or other component which can cause the decreasing of environmental quality so that the component will loss it is function.

The are methodology for primary data Gaussian counting and direct measurement as primary and secondary data to get the ambient of air pollution every three months.

The aim of are research, 1). Knowing the emission, and the ambient of air quality. 2). Looking for the exact model to control the pollution of disposal emission gas in the Gas ang Steam Power Plant Capacity Network Unit I Tambak lorok Semarang. The result of is the knowing research the different between Gaussian Model and direct the measurement both in location I and II. The result has been analyser is using data analysis, and the result is independent. The characteristic of SO₂ can easily reacted with the air, the cause acid rain and dust particle that have pollutant named aerosol which is blowed with the wind quite far from the Gas and Steam Power Plant Capacity Network Unit I Tambak lorok Semarang. Mean while electricity production from the Steam Power Plant (SPP) is 730 – 10.10 MWatt/day that using 229.162 lt/day until 2.361.051 lt/day fuel diesel, and from the Gas Power Plant (GPP) is 9.561,500- 10.011,650 MWatt/day with gas disposal emission which are SO₂ = 1,8 % Wt 1.116,112 µg/Nm³ day and dust particle 542,209 µg/Nm³ day in 300 meter and SO₂ = 1,8 % Wt 975,976 µg/Nm³day and dust particle 542,209 µg/Nm³ day in 700 meter for stability A. From the measurement with Gaussian Model using equation (3) as SO₂ characteristic and dust particle are very little from the demand of fossil fuel (diesel fuel and MFO) is the contribution for pollution that cause the decreasing of ambient air quality surrounding the location of the activity.

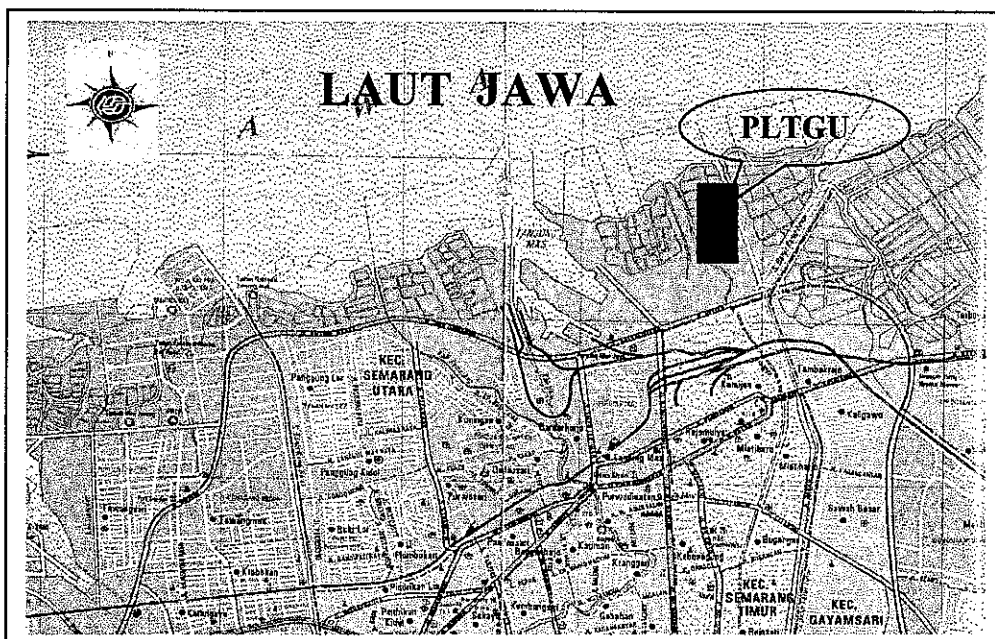
Key Work ” Characteristic pollution SO₂ and Dust Particle “.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Unit Jaringan Beban (UJB) I Tambak lorok Semarang terletak di wilayah yang sangat strategis yaitu dipinggiran lepas pantai kota Semarang dengan menepati luas area 10,3073 Ha, yang secara administratif terletak dikelurahan Bandarharjo, Kecamatan Semarang utara, Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah dan dengan batas secara fisik yaitu sebagai berikut : 1). Sebelah utara yaitu Laut Jawa; 2). Sebelah timur yaitu Pertambakan umum dan Permukiman penduduk Kelurahan Tanjung Mas; 3). Sebelah selatan yaitu Pemukiman penduduk Kelurahan Kemijen dan 4). Sebelah barat yaitu Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.



Gambar : 1. Peta Kota Semarang , Lokasi PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang.

Kota Semarang merupakan ibu kota Propinsi Jawa Tengah, yang terletak pada $6^{\circ} 50' - 7^{\circ} 10'$ Lintang Selatan dan $109^{\circ} 35' - 110^{\circ} 50'$ Bujur Timur, mempunyai luas Kawasan $373,70 \text{ Km}^2$ dan luas areal PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang kurang lebih $10,3073 \text{ ha}$. Secara Geografis, Kawasan kota Semarang berbatasan dengan sebelah barat adalah Kabupaten Kendal, sebelah timur Kabupaten Demak, sebelah selatan Kabupaten Semarang dan sebelah utara adalah laut Jawa, dengan panjang pesisir dari arah barat ke timur membentang sepanjang $13,6 \text{ Km}$. Kawasan Semarang berada pada ketinggian antara $0,75 \text{ m} - 348,00 \text{ m}$ diatas garis pesisir. Dengan demikian dilihat dari letak geografis, Kawasan Semarang sebagian berupa dataran rendah dan sebagian merupakan dataran tinggi berupa pegunungan dan lembah. (Badan Meteorologi dan Geofisika , 1995).

Secara umum kondisi iklim Kawasan kota Semarang termasuk relatif kering, dengan jumlah hari hujan terbesar terjadi pada bulan Januari sebanyak 17 hari, dan terendah terjadi pada bulan Juni , Juli dan Agustus. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 325 mm dan terendah pada bulan Agustus sebesar 55 mm . Menurut klasifikasi Iklim Koppen (dasar suhu dan curah hujan rata-rata bulanan/ tahunan dikaitkan dengan pertumbuhan vegetasi) daerah Semarang termasuk bertipe iklim Aw (A = Iklim hujan tropik, suhu bulan terdingin lebih besar dari 18°C dan w = bulan-bulan kering jatuh pada musim winter) dengan suhu minimal 20°C dan mempunyai bulan kering dengan curah hujan $< 60 \text{ mm}$ selama 1 (satu) bulan dalam satu tahun (Badan Meteorologi dan Geofisika , 2002).

PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) secara rinci dapat dijabarkan sebagai berikut :

- 1). PLTU terdapat 4 (empat) Unit yang terdiri dari Unit 1 dan Unit 2, berdiri sejak tahun operasional 1978 dengan kapasitas design masing-masing 50 Mwatt/jam jadi 100 Mwatt/jam . Sedangkan Unit 3 dan Unit 4

yang telah beroperasi sejak tahun 1983 dengan kapasitas design masing – masing 200 Mwatt/jam jadi 400 Mwatt/jam.

- 2). PLTG terdapat 12 (dua belas) Unit yang masing-masing unit dengan kapasitas design sebesar 100 Mwatt/jam yang sudah beroperasi sejak tahun 1997, dari ke 12 (dua belas) Unit yang dioperasikan hanya 6 (enam) Unit.

PLTG tersebut merupakan bantuan dari Pemerintah Austria dan di design oleh Austria Energi dengan menggunakan teknologi *Zero Waste Emission*, sehingga tidak terjadi asap sisa hasil pembakaran bahan baku yang dikeluarkan sebagai emisi gas buang dari kegiatan industri pembangkit listrik, ini secara fisik dapat terlihat dengan kasap mata di daerah sekitar lokasi akan tetapi juga perlu di lakukan pemantauan kualitas udara emisi gas buang secara terus menerus.

Dalam pembangunan, perkembangan ilmu dan teknologi yang mana disertai dengan tuntutan untuk mensesuaikan kualitas lingkungan, telah menciptakan tujuan majemuk yang mempengaruhi pengelolaan sumber daya alam. Manusia sebagai salah satu pelaku pembangunan dituntut untuk mengharmoniskan antara kegiatan pembangunan dengan lingkungan sesuai dengan era dinamika dan perkembangan kehidupan yang berkelanjutan.

Penggunaan teknologi dalam bidang industri tidak hanya memberikan dampak positif, tetapi juga menimbulkan dampak negatif yang merugikan kehidupan masyarakat. Hal ini dapat kita lihat dari berbagai bukti secara visual bahwa kegiatan tersebut memberikan kontribusi yang cukup besar atas munculnya kasus pencemaran udara, air, bahan berbahaya dan beracun serta tanah (Bintek Bapedal Propinsi Jawa Tengah , 2001).

Dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan tersebut bagi masyarakat yang membutuhkan listrik secara otomatis Pemerintah untuk

membangun Pusat Listrik sebagai penghasil listrik sesuai dengan kebutuhan antara lain PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang di Propinsi Jawa Tengah secara praktis didirikan di kawasan pelabuhan tanjung emas semarang dengan kapasitas yang terpasang untuk menghasilkan listrik sebesar 250 Mwatt/jam.

PLTGU UJB I Tambak Lorok Semarang adalah Suatu Pusat Pembangkit listrik menggunakan Uap dan Gas, sebagai penggerak turbin guna menghasilkan listrik dan juga merupakan kontribusi listrik pada jaringan Jawa-Bali. Adapun untuk masing-masing kegiatan di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang adalah sebagai berikut :

- a. PLTU adalah Industri listrik yang menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan baku air atau air laut dan bahan bakar Boiler adalah HSD/Solar, dengan sistim pemanasan lewat jenuh dan sehingga dihasilkan uap air jenuh yang digunakan untuk menggerakkan turbin pada generator sehingga akan mengasilkan listrik ;
- b. PLTG adalah Industri listrik dengan sistim gabungan yaitu dengan sistim pembakaran bahan bakar Diesel Oil (DO) dan MFO (Meadle Fuel Oil) dari karyawan UJB I Tambak lorok Semarang Subagyo,2002 .

Sehingga untuk menghasilkan gas panas yang digunakan untuk menggerakkan turbin pada Generator, sehingga menghasilkan tenaga listrik dan gabungan dengan sistem pemanasan lewat Jenuh dari air atau air laut dengan memanfaatkan sisa gas panas yang dikeluarkan turbin yang digunakan untuk menggerakkan turbin pada generator sehingga menghasilkan tenaga listrik.

Limbah gas buang dari Boiler PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang berakibat kurang menguntungkan masyarakat sekitar bagi kehidupan sehari-hari terutama kualitas udara, ini dapat dilihat dari

peruntukan udara ambien disekitar lokasi kegiatan dengan membandingkan harga ambang batasnya, baik diatas maupun dibawah ambang batasnya. Ini merupakan dampak yang disebabkan oleh kegiatan tersebut diatas terhadap kesehatan masyarakat atas kuarangnya kenyamanan udara disekeliling lokasi kegiatan, dan bisa berakibat buruk terhadap kesehatan jasmani berupa penyakit Inspeksi Saluran Pernafasan (ISPA).

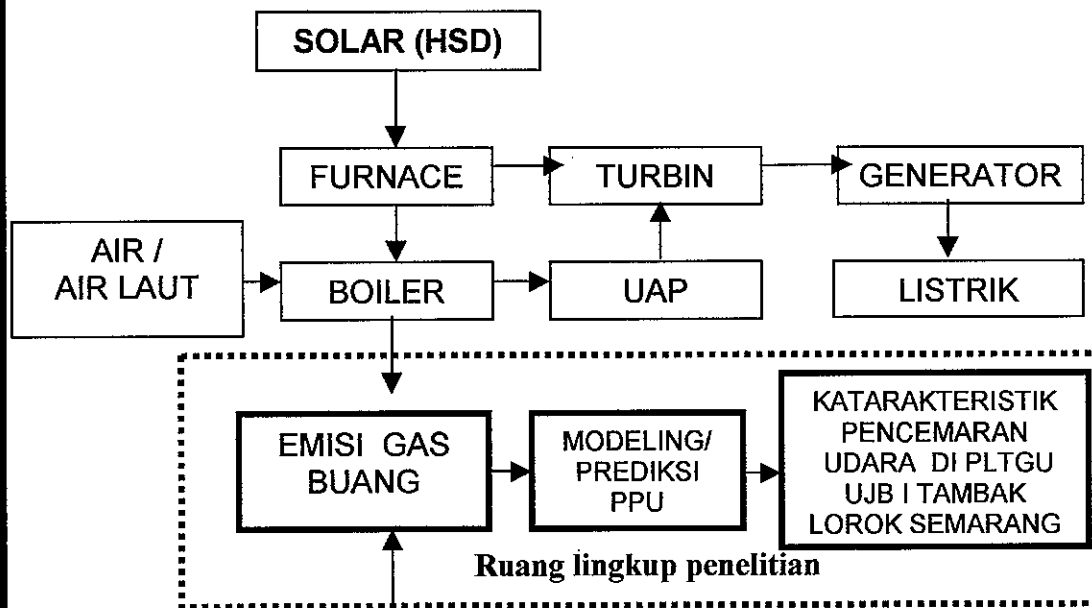
Dengan demikian didalam pelaksanaannya perlu sekali dilakukan suatu penelitian ulang, dan seksama terhadap pengaruh /atau dampak langsung bagi lingkungan khususnya kualitas udara agar penanganannya terhadap kegiatan PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang dapat dilakukan secara baik sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Sehingga masalah tersebut diatas diperlukan suatu alat analisis yang dapat membantu permasalahan untuk mengatasi pengelolaan lingkungan. Salah satu alat yang bisa membantu mengatasi permasalahan model yang dipakai yaitu “ Perkiraan Dispersi Emisi Gas Buang Dengan Model Gaussian “.

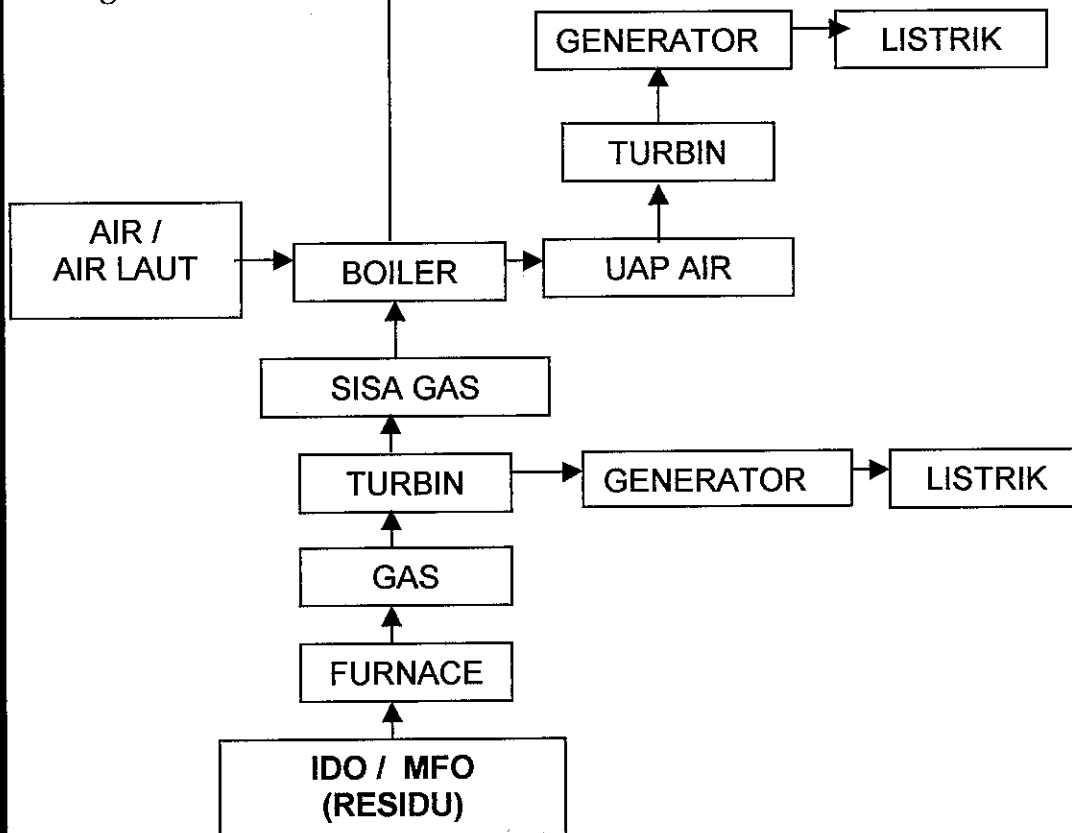
1.2. Permasalahan

- Bagaimanakah Distribudi Pencemaran Emisi Gas Buang dan Prediksi / Model yang akan digunakan untuk Mengendalikan Pencemaran Udara. Skema pendekatan permasalahan dapat dilihat pada ilustrasi Diagram Alir Pendekatan Masalah.

A. Diagram Alir Pendekatan Permasalahan Dari PLTU.



B. Diagram Alir Pendekatan Permasalahan Dari PLTG



Ilustrasi : DIAGRAM ALIR PENDEKATAN PERMASALAHAN.

1.3. Tujuan Dari Penelitian

- 1). Mengetahui tingkat pencemaran udara akibat emisi gas buang kualitas udara ambien.
- 2). Mencari modeling yang tepat untuk mengendalikan pencemaran udara emisi gas buang di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang menggunakan prediksi Model Gaussian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum Tentang PLTU dan PLTG

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), selama ini reputasi bahan bakar fosil, terutama batubara, memang sangat buruk apabila dikaitkan dengan masalah pencemaran lingkungan. Demikian juga dengan keberadaan Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), ini juga menggunakan bahan bakar fosil yang juga menimbulkan pencemaran lingkungan. Karena hasil sisa pembakaran bahan bakar dari fosil yang berupa Solar, MFO, Residu dan lain lain menurut , Perkins, 1974 emisi gas buang sangat besar terutama partikel Debu (Partikulat < 10 Um / PM₁₀) yang bersifat racun (Dufus, 1998). Walaupun stasiun pembangkit listrik batubara saat ini telah menggunakan alat pembersih endapan (*presipitator*) untuk membersihkan partikel-partikel kecil dari asap pembakaran batubara, namun senyawa-senyawa seperti SO_x , NO_x dan Partikel Debu / PM₁₀ yang berbentuk gas dengan bebasnya naik melewati cerobong dan terlepas ke udara bebas. Kedua gas tersebut dapat bereaksi dengan uap air yang ada di udara sehingga membentuk H₂SO₄ (asam sulfat) dan HNO₃ (asam nitrat). Keduanya dapat jatuh bersama-sama air hujan sehingga mengakibatkan terjadinya hujan asam. Berbagai kerusakan lingkungan serta gangguan terhadap kesehatan dapat muncul karena terjadinya hujan asam tersebut.

Fenomena hujan asam sebetulnya sudah dikenali oleh para pemerhati lingkungan sejak tahun 1950-an. Namun masalahnya menjadi bertambah parah

seiring dengan semakin meningkatnya permintaan energi listrik yang disuplay melalui PLTU batubara. Masalah hujan asam mungkin akan merupakan masalah lingkungan jangka panjang yang teramat serius.

Hujan asam bisa juga menjadi isu politik besar terutama karena sumber asal dan para korbannya sering berada di tempat yang berbeda. Bahan pencemar NO_x dan SO_x dapat bergerak terbawa udara hingga ratusan bahkan ribuan kilometer, mencapai lintas batas antar negara. Di samping itu, sangat sulit untuk menunjukkan secara pasti sumber-sumber polutan yang menyebabkan terjadinya hujan asam di suatu kawasan/negara tertentu. Emisi gas asam dari negara-negara bagian di Lembah Sungai Ohio di Amerika Serikat yang padat industri, termasuk Missouri dan Tennessee, terbang ke timur dan utara keluar dari wilayah Amerika Serikat menuju ke New England dan Kanada (Internet PLTGU ramah lingkungan, 2002).

2.1.1. Terjadinya Hujan Asam

Dalam keadaan udara bersih, air hujan bersifat agak asam dengan derajat keasaman (pH) 5,6. Penyebab keasaman ini adalah adanya senyawa carbon dioksida (CO₂), suatu senyawa alamiah penyusun udara yang dalam air hujan membentuk asam lemah. Senyawa ini dikeluarkan baik oleh manusia, hewan maupun tanaman melalui sistim pernafasan. Air hujan dikatagorikan sebagai asam apabila nilai pH-nya di bawah 5,6.

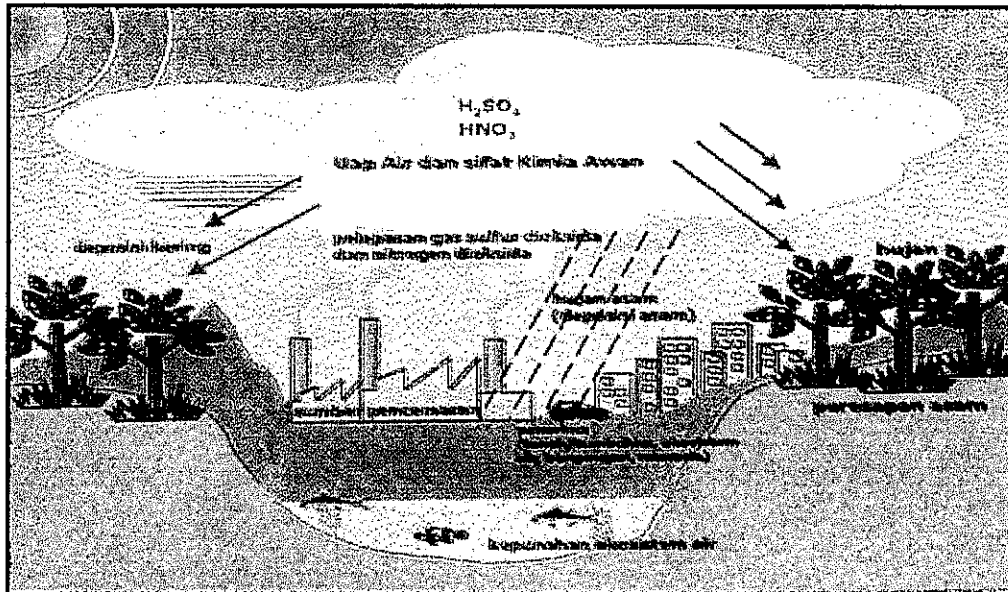
Air untuk konsumsi manusia harus memiliki nilai pH antara 6-9. Asam dalam air hujan menambah kemampuan air itu untuk melarutkan dan membawa lebih banyak logam-logam berat keluar dari tanah, seperti merkuri (Hg) dan aluminium (Al). Air asam ini juga dapat melarutkan tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dari pipa-pipa logam untuk menyalurkan air. Peristiwa ini tentu saja akan menggganggu persediaan air untuk konsumsi manusia. Air dengan pH 5 menyebabkan ikan salem dan farel tidak mampu berkembang biak. Pada pH

sekitar 4,5, ikan lenyap dari danau. Sedang pada pH 4, danau menjadi tanpa kehidupan. Pada pH mendekati 3, daun tanaman menjadi rusak. Di berbagai belahan dunia, manusia mulai semakin menyadari perlunya menyelamatkan lingkungan hidup. Tindakan-tindakan protektif kini sedang digiatkan untuk melindungi sumber-sumber alam yang tak ternilai harganya ini dari kehancuran total. Salah satu upaya protektif untuk melindungi kekayaan hayati ekosistem alam ini adalah dengan memperkenalkan berbagai jenis teknologi yang dapat dipakai untuk memperkecil emisi gas-gas asam yang keluar pada saat pembakaran batubara dan bahan bakar minyak bumi.

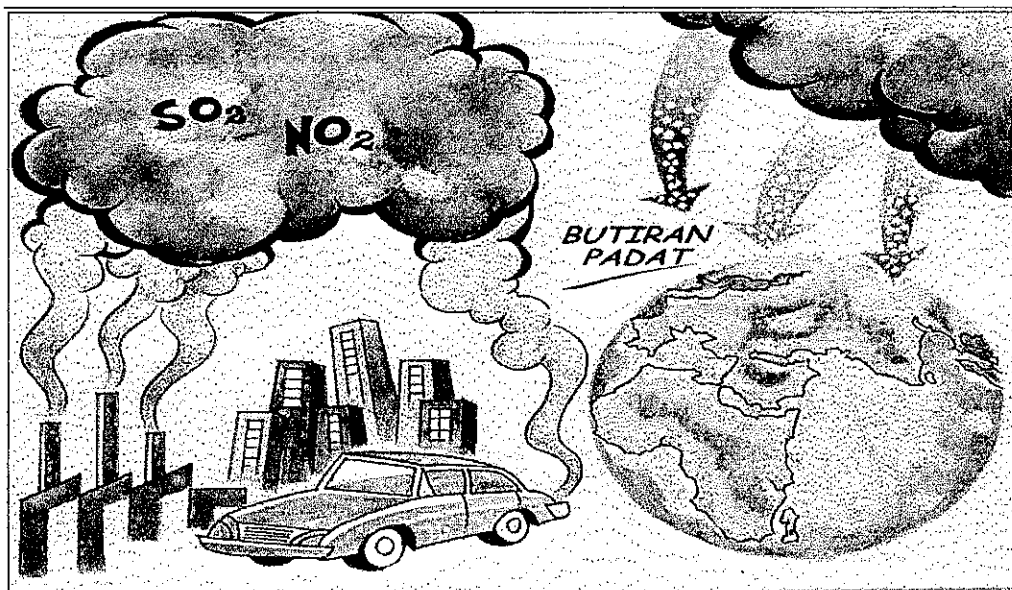
Dewasa ini manusia di berbagai belahan dunia mulai sadar akan perlunya menyelamatkan lingkungan dengan cara mereduksi maupun menjinakkan polutan-polutan yang terlepas ke lingkungan. Beberapa negara maju telah mengeluarkan peraturan sangat ketat dan menanamkan investasi cukup besar dalam rangka mengurangi polusi udara dari emisi gas buang. Untuk penyelesaian jangka panjang, salah satu cara yang dapat ditempuh untuk menghindari terjadinya hujan asam adalah dengan menghentikan sumber hujan asam tersebut.

Deposisi asam tersebut berasal dari kegiatan manusia, baik dalam kegiatan rumah tangga maupun industri, yang menghasilkan polutan yang diemisikan ke udara bebas. Polutan seperti oksida sulfur dan oksida nitrogen berubah menjadi asam sulfat dan asam nitrat melalui reaksi kimia yang kompleks, kemudian berpindah dari atmosfer ke permukaan bumi melalui deposisi langsung dan prinsipitasi, sehingga dikenal deposisi kering dan deposisi basah. Deposisi basah terjadi dengan pembentukan awan dan akhirnya turun sebagai hujan, salju atau kabut yang mengandung asam. Ukuran keasaman ditunjukkan oleh nilai pH air prinsipitasi tersebut. Deposisi kering ditunjukkan dengan gas dan aerosol yang mengandung asam. Deposisi kering bisa terjadi bila keadaan cuaca cerah atau berawan. Butiran – butiran asam diterbangkan oleh angin dan memungkinkan tertinggal di pepohonan,

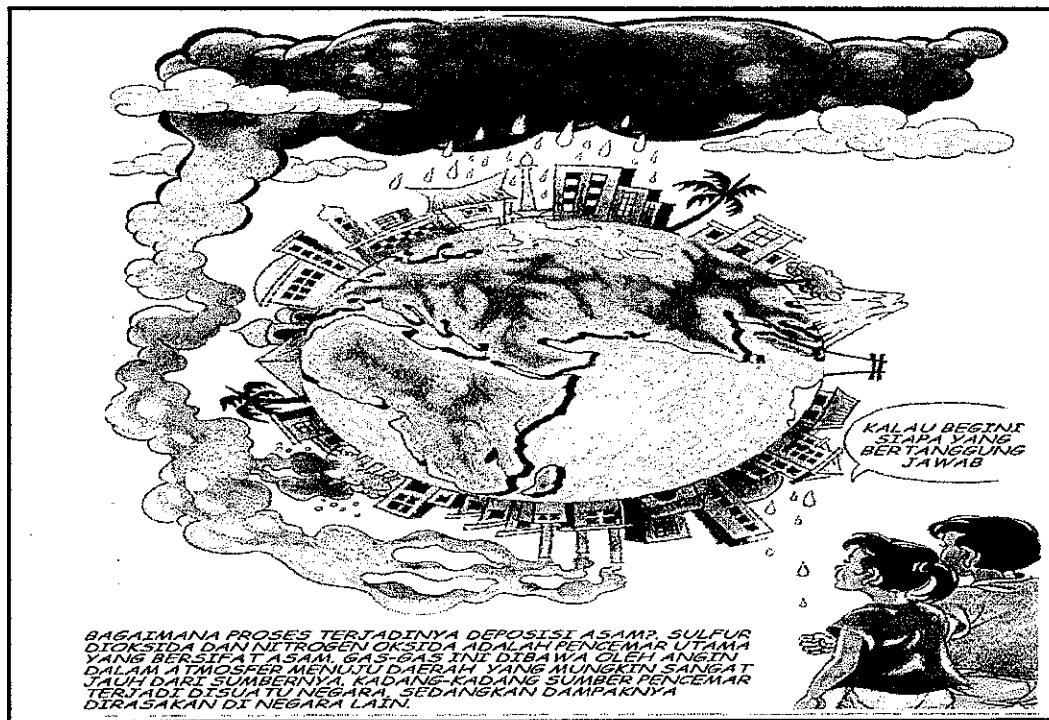
bangunan, dan bahkan terhirup masuk ke pernapasan. Deposisi asam akan meningkatkan keasaman tanah, air danau dan sebagainya, yang kemudian akan mempengaruhi makhluk hidup, seperti tumbuhan dan ikan (Kantor Kementerian Lingkungan Hidup, 2001).



Gambar : 2 Proses Terjadinya Hujan Asam Di Alam Sekitar.



Gambar : 3. Asal Bahan Pencemar Terjadinya Hujan Asam.



Gambar : 4. Proses Bagaimana Terjadinya Dekomposisi Asam.

2.1.2. Teknologi *Fluidised Bed Combustion (FBC)*

Dewasa ini telah dikembangkan sistem peralatan berteknologi tinggi yang mampu mengurangi emisi polutan dalam gas buang yang dikeluarkan cerobong, baik dari pusat pembangkit listrik maupun industri lainnya yang membakar batubara dan bahan bakar minyak bumi. Berbagai upaya untuk memperbaiki reputasi batubara dan komposisi bahan bakar minyak bumi terus dilakukan dengan mewujudkan *clean coal and petroleum technology*, salah satunya adalah dengan teknologi *fluidised bed combustion (FBC)*. Teknologi ini di samping mempunyai efisiensi pembakaran batubara yang tinggi, juga mampu meredam secara drastis emisi gas-gas polutan seperti SO_x dan NO_x. Emisi gas buang pada pembakaran batubara dengan teknik *fluidised bed combustion (FBC)* bisa ditekan menjadi lebih rendah karena suhu operasi

pembakaran batubaranya relatif rendah. Pada teknologi *fluidised bed combustion (FBC)* suhu operasinya sekitar 750-950 °C, sehingga batubara dan bahan bakar minyak bumi dapat terbakar secara efisien, tidak meleburkan abu serta sisa pembakaran lainnya. Pada suhu pembakaran 800°C, emisi gas buang NO_x dapat dikurangi hingga 33 %. Karena prestasinya itu, teknologi *fluidised bed combustion (FBC)* mampu menggeser teknologi pembakaran batubara cara kuno dan bahan bakar minyak bumi yang telah berumur lebih dari satu abad, yang dikenal dengan *pulverised coal combustion (PCC)*. Pada teknologi *pulverised coal combustion (PCC)*, karena suhu pembakarannya lebih tinggi, maka emisi gas buang SO_x dan NO_x juga tinggi.

2.1.3. Teknologi *Flue-Gas Desulfurization (FGD)*

Selain memperbaiki efisiensi dan sistim pembakaran batubara dan bahan bakar minyak, sebagai upaya untuk mencegah berlanjutnya krisis ekologi dewasa ini juga telah dikembangkan sistim peralatan berteknologi tinggi yang mampu memisahkan gas-gas polutan seperti SO_x dan NO_x dalam emisi gas buang dari pembakaran batubara dan bahan bakar minyak bumi. Salah satu metode untuk memisahkan polutan SO_x dan NO_x dalam emisi gas buang adalah dengan teknik *flue - gas desulfurization (FGD)*.

Pemisahan polutan dapat dilakukan menggunakan penyerap batu kapur atau Ca(OH)₂. Gas buang dari cerobong dimasukkan ke dalam fasilitas *flue - gas desulfurization (FGD)*. Ke dalam alat ini kemudian disemprotkan udara sehingga SO₂ dalam gas buang teroksidasi oleh oksigen menjadi SO₃. Gas buang selanjutnya "didinginkan" dengan air, sehingga SO₃ bereaksi dengan air (H₂O) membentuk asam sulfat (H₂SO₄). Asam sulfat selanjutnya direaksikan dengan Ca(OH)₂ sehingga diperoleh hasil pemisahan berupa gipsum (*gypsum*). Gas buang yang keluar dari sistim *flue-gas desulfurization*

(FGD) sudah terbebas dari oksida sulfur. Hasil samping proses *flue-gas desulfurization* (FGD) disebut gipsum sintetis karena memiliki senyawa kimia yang sama dengan gipsum alam.

Selain dapat mengurangi sumber polutan penyebab hujan asam, gipsum yang dihasilkan melalui proses *flue-gas desulfurization* (FGD) ternyata juga memiliki nilai ekonomi karena dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misal untuk bahan bangunan. Sebagai bahan bangunan, gipsum tampil dalam bentuk papan gipsum (*gypsum boards*) yang umumnya dipakai sebagai plafon atau langit-langit rumah (*ceiling boards*), dinding penyekat atau pemisah ruangan (*partition boards*) dan pelapis dinding (*wall boards*).

Amerika Serikat merupakan negara perintis dalam memproduksi gipsum sintetis ini. Pabrik wallboard dari gipsum sintetis yang pertama di AS didirikan oleh *Standard Gypsum LLC* mulai November tahun 1997 lalu. Lokasi pabriknya berdekatan dengan stasiun pembangkit listrik *Tennessee Valley Authority (TVA)* di Cumberland yang berkapasitas 2600 Mwatt/jam. Produksi gipsum sintetis merupakan suatu terobosan yang mampu mengubah bahan buangan yang mencemari lingkungan menjadi suatu produk baru yang bernilai ekonomi. Sebagai bahan wallboard, gipsum sintetis yang diproduksi secara benar ternyata memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan gipsum yang diperoleh dari penambangan. Gipsum hasil proses *flue - gas desulfurization* (FGD) ini memiliki ukuran butiran yang seragam. Mengingat dampak positifnya cukup besar, tidak mustahil suatu saat nanti, setiap PLTU batubara dan bahan bakar minyak bumi akan dilengkapi dengan pabrik gipsum sintetis.

2.1.4. Penelitian–penelitian dan Model Yang Pernah Dilakukan Sebelumnya

2.1.4.1. Penelitian–penelitian Yang Pernah Dilakukan Sebelumnya

Penelitian skala laboratorium yang dilakukan oleh Lembaga Penelitian Tenaga Atom Jepang (JAERI) bekerjasama dengan perusahaan Ebara menunjukkan bahwa dosis radiasi berkas elektron sebesar 15 kilo Gray (kGy) mampu mengubah 95 % SO_x dan 85 % NO_x menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Sementara itu, penelitian pembersihan gas buang sisa penyinteran bijih besi yang dilakukan oleh Nippon Steel Corporation menunjukkan bahwa dapat mereduksi 85 % SO_x dan 95 % NO_x yang terlarut dalam gas buang. Penelitian yang telah dilakukan di AS dan Jerman bahkan mencatat bahwa irradiasi ini mampu mereduksi polutan hingga 99 %.

Pemakaian berkas elektron untuk menjinakkan gas-gas polutan seperti SO_x, polutan dan NO_x ini mempunyai beberapa keuntungan, antara lain : proses penjinakan dapat dilakukan secara serentak dalam waktu yang sangat singkat, merupakan proses kering dan langsung satu tingkat, serta hasil akhirnya berupa bahan baku untuk pembuatan pupuk yang bernilai ekonomi dan dapat digunakan dalam sektor pertanian.

2.1.4.2. Model Yang Pernah Dilakukan Sebelumnya

Metode *Pressure State Impact Response (PSIR)* yang merupakan salah satu Model yang dipergunakan untuk menangani permasalahan Isu lingkungan konsentrasi zat pencemar (polutan) seperti SO₂, NO_x dan PM₁₀, adalah merupakan variabel kualitas dalam isu pencemaran udara. Kondisi ini pada gilirannya akan berdampak negatif pada kesehatan manusia dan ekosistem. Kerangka Acuan Kerja Kajian Pelaksanaan Agenda 21 di

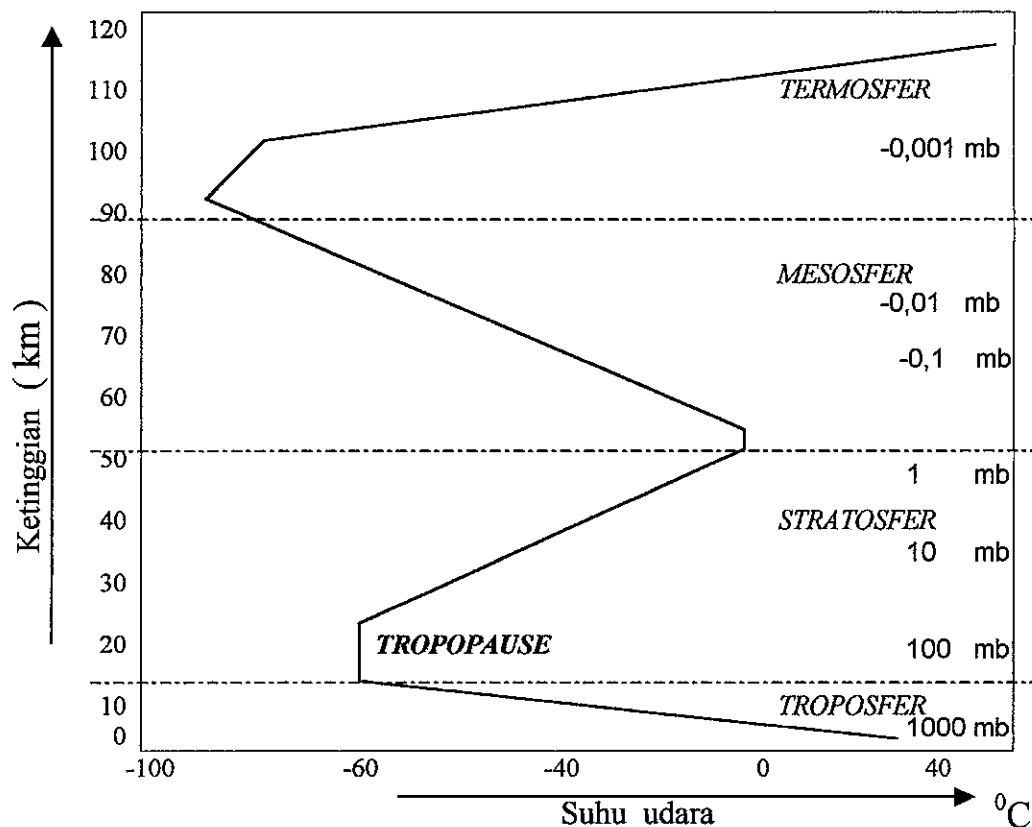
Indonesia dalam rangka Persiapan Indonesia pada World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, Afrika Selatan (Bapedal,2002).

2.2. Struktur Udara Dialam Sekitar

Udara merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Penurunan kualitas udara melalui berbagai macam pencemaran (polusi) yang merupakan ancaman yang sangat serius terhadap kesinambungan ekologi serta keberkelanjutan penggunaan sumberdaya. Manusia tidak dapat menggantungkan terus menerus kepada alam untuk menyediakan udara yang bersih. Sementara manusia sendiri secara terus menerus melakukan kegiatan mengotori atau mencemari udara.

Pencemaran udara disuatu tempat dapat terjadi karena berbagai kegiatan yang berbeda, seperti produksi energi, transportasi, industri, pembuangan limbah domestik, akibat pembakaran sampah, kebakaran hutan dan lain sebagainya.

Udara yang menyelebunggi bumi dinamakan atmosfer. Atmosfer tersusun dari berbagai jenis gas. Didekat permukaan bumi udara tersebut bisa tersusun sangat mampat dari bawah ke atas, makin keatas semakin renggang dan akhirnya menghilang di ruang angkasa. Atmosfer bukan termasuk Fenomena cuaca, tetapi merupakan media dan ruang tempat berlangsungnya proses terjadinya gejala -- gejala cuaca dan iklim . Struktur atmosfer dari permukaan bumi kearah vertikal , terdiri dari beberapa lapisan, yaitu *troposfer*, *stratosfer*, *mesosfer* dan *thermosfer*. Ahrens (1993).



Gambar : 5 Struktur Atmosfer.

Dari lapisan atmosfer, yang terpenting adalah troposfer, yaitu lapisan udara hingga ketinggian 8 km di daerah kutub, dan 16-19 km di daerah ekuator. Hal ini disebabkan karena troposfer berhubungan langsung dengan permukaan bumi sehingga kejadian atmosfer pada lapisan ini berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari. Tiap lapisan atmosfer tersebut diatas memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

Tebal lapisan keliling atmosfer tidak tetap. Pada waktu siang hari, ketika permukaan bumi mendapat pemanasan matahari, maka terjadi pemuaian udara ke atas (konveksi), sebagian atmosfer yang lebih dingin. Percampuran termis (karena faktor suhu) secara konveksi ini menyebabkan lapisan keliling atmosfer berkembang ke atas hingga mencapai ketebalan kurang lebih 1 s/d 2 km. Pada malam hari, pada saat bumi mengalami pendinginan, lapisan keliling atmosfer

mengkerut sampai kurang dari 100 meter. Lapisan keliling atmosfer tersusun atas 2 (dua) lapisan, yang karakteristiknya dipengaruhi oleh keadaan permukaan bumi. Kedua lapisan tersebut adalah lapisan keliling linier (*laminary boundary layer*) atau lapisan keliling laminar, sedangkan untuk tebalnya karakteristik masing-masing lapisan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel : 1. Karakteristik Lapisan Atmosfer.

No	N a m a	Ketinggian	Karakteristik
1	2	3	4
1.	Troposfer	0-8 km di kutub 0 s/d 16-19 km di ekuator	<ul style="list-style-type: none"> • Hampir seragam, terjadi penurunan suhu dengan bertambahnya ketinggian; • Kelembaban udara bagian bawah tinggi; • Adanya gerakan udara ke arah vertikal .
2.	Stratosfer	8 s/d 10-50 km	<ul style="list-style-type: none"> • Pola perputaran angin tetap dengan kecepatan tinggi ; • Sampai dengan 20 km suhu tetap tetapi kemudian naik dengan bertambahnya ketinggian.
3.	Mesosfer	50 s/d 80 km	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu turun dengan cepat dengan bertambahnya ketinggian.
4.	Termosfer	> 80 km	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu naik dengan bertambahnya ketinggian.

Sumber : Bintek Bapedal Propinsi Jawa Tengah, Desember 1999.

Troposfer bagian bawah, dikenal dengan lapisan planifer (*planetary layer*) atau lapisan keeling atmosferis (*atmospherics boundary layer*) atau lapisan keliling atmosferis (*boundary layer*) disingkat dengan lapisan keliling

atmosfer adalah terjadi pencampuran udara secara bebas, yang disebabkan oleh (1) adanya gesekan atmosfer yang bergerak dengan permukaan bumi yang kasar dan masih, dan (2) karena memanasnya kolom udara yang memperoleh pemanasan langsung dari permukaan bumi, kemudian terjadi konveksi (gerakan udara secara vertikal) atau adveksi (gerakan udara secara horizontal).

Tebal lapisan keliling atmosfer tidak akan tetap. Pada waktu siang hari, ketika permukaan bumi mendapat pemanasan matahari, maka terjadi pemuaihan udara keatas (konveksi), sebagian atmosfer yang lebih dingin. Percampuran termis (karena faktor suhu) secara konveksi ini menyebabkan lapisan keliling atmosfer berkembang ke atas hingga mencapai ketebalan 1-2 km. Pada malam hari, pada saat bumi mengalami pendinginan. Lapisan keliling atmosfer mengkerut sampai kurang dari 100 meter.

Lapisan keliling atmosfer tersusun atas dua lapisan, yang karakteristiknya dipengaruhi oleh keadaan permukaan bumi. Kedua lapisan pada lapisan keliling atmosfer tersebut adalah lapisan keliling laminar (*laminary boundary laver*), tebalnya hanya beberapa milimeter dan lapisan permukaan turbulen (*turbulent surface layer*). Lapisan keling laminar berfungsi sebagai penyangga yang efisien terhadap lapisan permukaan turbulen di atasnya, Lapisan permukaan turbulen dicirikan oleh adanya turbulensi skala kecil, yang disebabkan oleh kekasaran permukaan bumi (tubulensi mekanik) dan turbulensi yang disebabkan oleh perpindahan udara panas secara konveksi (turbulensi panas). Pada waktu siang hari tebal lapisan ini bisa mencapai beberapa puluh meter tetapi pada malam hari hanya beberapa meter saja (Suprojo Pusposutardjo,1994).

2.3. Susunan Kimia Atmosfer

Atmosfer tidak berwarna dan tidak berbau, atmosfer digunakan oleh beberapa makhluk hidup untuk melangsungkan hidupnya. Sesungguhnya atmosfer merupakan bahan campuran yang sangat kompleks, yang terdiri berbagai macam gas. Sampai dengan ketinggian 80 km, komposisi udara kering atmosfer dapat dikatakan seragam. Komposisi tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel : 2.

Tabel : 2. Susunan Kimiawi Atmosfer.

No	G a s	Simbul	% Volume
1	Nitrogen	N ₂	78,08
2	Oksigen	O ₂	20,95
3	Argon	Ar ₂	0,93
4	Karbon dioksida	CO ₂	0,035
5	Neon	Ne	0,0018
6	Helium	He	0,0005

Sumber : Ahrens,1993.

Kondisi susunan kimiawi atmosfer tersebut diatas adalah merupakan kondisi secara normal. Bila pada udara tersebut kemasukan atau secara sengaja dimasuki pencemar yang berupa padat , cair atau gas oleh alam dan/atau manusia dalam jumlah dan jangka waktu tertentu, sehingga dapat atau mempunyai kecenderungan menimbulkan bahaya bagi manusia, hewan, tumbuhan dan bangunan atau dapat menyebabkan ketergangguan kenyamanan hidup, maka udara tersebut sudah tidak normal atau terjadi pencemaran udara.

2.4. Suhu Udara

Energi surya yang merupakan sumber energi utama yang memanasi udara di bumi. Namun demikian tidak semua energi surya yang menuju bumi sampai permukaan bumi, karena dalam perjalanannya menuju bumi sebagian ada yang dipantulkan kembali, dan sebagian diserap oleh udara dan partikel – partikel yang ada dalam atmosfer. Diperkirakan bahwa rata-rata radiasi energi surya yang sampai ke permukaan bumi dan diadsorpsi oleh bumi hanya sebesar 47% dari energi total (Suprodjo, 1987). Dari empat 47 % energi surya yang sampai di bumi inilah yang menyebabkan suhu bumi di atmosfer akan menjadi naik.

Suhu udara suatu tempat bervariasi dari waktu ke waktu dan berbeda – beda dengan tempat lain, tergantung dari energi surya yang diterima serta karakteristik wilayah yang bersangkutan. Namun demikian bahwa lapisan Troposfer secara normal suhu akan menurun dengan bertambahnya ketinggian tempat. Laju normal penurunan suhu terhadap ketinggian adalah $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 100 meter. Inilah yang disebut gradien temperatur. Akan tetapi kadang-kadang terjadi keadaan sebaliknya yaitu suhu udara semakin panas pada tempat yang lebih tinggi, atau adanya lapisan udara panas di atas lapisan udara dingin. Inilah yang disebut Dispersi.

2.5. Tekanan Udara Dan Angin

2.5.1. Tekanan Udara

Udara merupakan campuran dari berbagai gas sehingga mempunyai berat dan memberikan efek tekanan. Tekanan udara adalah tekanan yang diberikan oleh udara terhadap bidang seluas 1 cm^2 di permukaan bumi. Di permukaan laut daerah lintang $4,5^{\circ}$ dan pada suhu 0° besarnya tekanan udara pada bidang seluas 1 cm^2 adalah 1 atmosfer atau 760 mmHg atau 1013

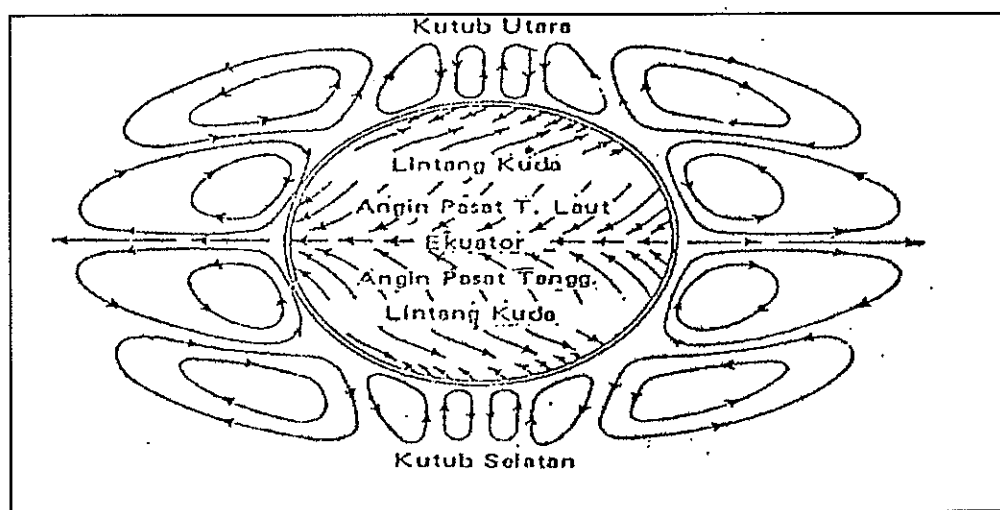
mb (milli bar). Seperti halnya suhu udara tekanan udara juga mengalami penurunan terhadap ketinggian.

Secara umum dapat dikatakan bahwa setiap kenaikan 11 meter tekanan udara turun 1 mmHg (pada lapisan udara bawah).

Pada tempat – tempat terjadi konveksi karena faktor suhu, tekan udara di tempat itu akan turun, dan lebih rendah dari udara sekitarnya. Perbedaan tekanan udara antara tempat yang satu dengan tempat yang lain menyebabkan terjadinya gerakan udara atau angin. Udara akan bergerak dari tekanan yang tinggi menuju kedaerah yang bertekanan rendah.

2.5.2. Angin

Pada dasarnya angin dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) yaitu angin tetap dan angin lokal. Angin tetap merupakan angin yang berhembus sepanjang tahun dengan arah yang tetap. Contohnya adalah angin pasat , angin barat dan angin timur. Siklus gobal angin ini dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar : 6. Sistim Angin Tetap Di Permukaan Bumi Dan Diatas Bumi.
(Diagram Susunan Bjerknnes).

Disamping itu ada yang dinamakan angin regional seperti angin muson untuk di kawasan Indonesia terdapat angin muson laut dan angin muson tenggara. Angin muson tersebut disebabkan adanya perbedaan tekanan udara di daratan Asia dan Australia yang berubah - ubah (maksimum ke minimum dan sebaliknya) sesuai dengan peredaran semua matahari tahunan.

Dalam kaitannya dengan pencemaran udara yang lebih menonjol pengaruhnya adalah angin lokal. Angin lokal adalah yang terjadi di lokasi - lokasi tertentu. Diantara angin lokal yang berperan besar terhadap penyebaran polutan adalah angin darat - angin laut serta angin lembah - angin gunung. Angin darat berhembus dari darat menuju ke laut pada malam hari, sedangkan angin laut berhembus dari laut menuju darat pada siang hari. Jarak jangkauan ini mencapai 30 meter di pihak lain. Di pihak lain angin gunung adalah angin yang bertiup dari puncak gunung yang menuju lembah bertiup pada malam hari, sedangkan angin lembah angin yang bertiup dari lembah menuju gunung pada siang hari.

Jika sumber pencemar (polutan) berada di daerah pantai, maka angin darat dan angin laut sangat berpengaruh terhadap arah penyebaran polutan. Apabila sumber pencemar berada di daerah lembah, maka di siang hari polutan akan naik ke atas. Tetapi pada malam hari udara pegunungan akan turun, sehingga polutan tersebut akan berhenti di daerah lembah. Apabila hal ini disertai angin, akumulasi polutan akan semakin banyak dan konsentrasinya semakin tinggi. Keadaan yang demikian itulah yang membahayakan lingkungan.

Arah dan kecepatan angin sangat mempengaruhi konsentrasi penyebaran polutan. Di sisi lain variasi arah, kecepatan angin serta stabilitas udara merupakan suatu petunjuk yang baik untuk mengetahui sifat dan arah penyebaran suatu polutan .

Udara merupakan campuran dari beberapa komponen – komponen gas yang mempunyai perbandingannya tidak tetap, tergantung pada suhu udara, tekanan udara, kelembaban, iklim, topografi dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Udara mempunyai arti adalah juga atmosfer yang berada disekeliling bumi fungsinya sangat penting bagi kehidupan didunia ini. Dalam kondisi ini udara terdapat Oksigen (O_2) untuk kepentingan bernafas, Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO_2) untuk diperlukan sebagai fotosintesis oleh klorofil daun dan Ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet dari sinar matahari /atau disebut Radiasi Sinar Matahari ke Bumi, dimana kesemuanya ini membutuhkan udara untuk tetap dapat mempertahankan hidupnya.

Udara ambien yang terhirup oleh mahluk hidup dikenal dengan kualitas udara ambien yang mana merupakan hal yang sangat pokok harus tetap dijaga kualitasnya dan sebagai himbahuan agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan fungsinya. Udara yang tercemar mempunyai tingkat konsentrasi bahan pencemar pada umumnya terdapat didalam lingkungan alam.

Perkembangan ilmu dan Teknologi dalam rangka untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan dan berkesinambungan, dimana didalam pembangunan ini harus disertai dengan tututan untuk menyerasikan dengan kualitas lingkungan yang ada. Ini merupakan tujuan majemuk yang mana bisa mempengaruhi didalam pengelolaan Sumber Daya Alam. Manusia sebagai pelaku pembangunan dituntut untuk mengharmoniskan antara kegiatan pembangunan dengan kepedulian terhadap lingkungan , sesuai dengan dinamika dan perkembangan kehidupan dimasa sekarang.

Penggunaan teknologi dalam bidang industri tidak sama dengan bidang pertanian, perkebunan, pertambangan dan lain – lain. Ini semua lain berbeda pada bidang industri tidak hanya memberikan kehidupan masyarakat

yang membutuhkan lapangan pekerjaan, ini merupakan dampak positif tetapi juga menimbulkan dampak negatif.

Hal ini dapat terlihat dari berbagai bukti kongkrit bahwa kegiatan – kegiatan tersebut memberikan aspek secara jelas sebagai aspek dampak negatif berupa kasus pencemaran udara, padat dan air.

Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat banyak dalam perihal mensejahterakan masyarakat Pemerintah Indonesia salah satu contohnya pemenuhan kebutuhan listrik, maka untuk bidang energi dan pertambangan serta berusaha keras untuk mendapatkan listrik yang diangkat sebagai program nasional dengan mendirikan suatu kegiatan yang bergerak dalam bidang perlistrikan. Ini akan bermanfaat bagi Negara untuk mendapatkan retribusi yang diambil oleh biro jasa Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Salah satu wujud kesejahteraan masyarakat dapat dicirikan dengan besar kecilnya terhadap kepentingan penggunaan listrik dan bisa juga dapat dijadikan sebagai tolok ukur dari kemajuan bangsa. Dengan semakin majunya masyarakat , maka semakin banyak pula masyarakat yang menggunakan listrik dalam kehidupan sehari-hari.

2.6. Pengertian Pencemaran Udara

Zat pencemar udara adalah sesuatu yang berwujud zat atau komponen lain yang dapat menurunkan kualitas lingkungan yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. (Undang Undang No.27/1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup).

Zat pencemar udara dapat berupa sekumpulan kontaminan organik, anorganik yang terdapat dalam media gas. Kontaminan – kontaminan tersebut berupa polutan gas dan dapat berwujud unsur organik, senyawa organik

sederhana / kompleks, maupun senyawa anorganik sederhana / kompleks. Kontaminan ini adakalanya terdapat dalam jumlah sedikit dalam media pembawanya, atau seringkali terdapat dalam jumlah banyak dalam media pembawanya. Untuk kepentingan praktis, kontaminan yang terdapat dalam media tertentu sering disebabkan sebagai limbah dari suatu medianya, sebagai contoh kontaminan SO_2 dalam aliran emisi gas buang dari cerobong asap (*Stack*) yang mana bisa disebut limbah gas (polutan gas). Tergantung kepada keadaannya, maka kontaminan itu sendiri dapat berwujud gas, cair maupun padatan.

Jika konsentrasi kontaminan yang terdapat didalam limbah menyebabkan perubahan fungsi ekosistem sampai pada tingkat tertentu, sehingga ekosistem tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana semestinya, maka untuk hal tersebut terjadi pencemaran . Besarnya kontaminan dalam kandungan limbah yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran sering disebut sebagai zat pencemar (polutan).

2.6.1. Sumber Pencemar Udara

Sumber pencemar udara dari unsur gas dan partikulat dapat berasal dari hasil aktivitas alami seperti aktivitas vulkanik, debu akibat angin, vegetasi berupa ester, terpen, pollen, aeroallergen, kebakaran hutan yang berupa asap tebal, gas dan debu abu terbang, dekomposisi biologis (Gas dan Bau) serta radio aktif alami . Selain dari sumber alami, polutan ini dapat berasal dari hasil aktivitas manusia seperti Pembangkit Tenaga Listrik (PLTG, PLTU, PLTPB, PLTN dan PLTD), industri, kegiatan komersial (hotel, rumah sakit, kantor, rumah kaca, dan rumah makan) maupun aktivitas rumah tangga dan aktivitas lain adanya Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah akan terjadi dekomposisi gas methan, akibat dari pembusukan sampah secara alamiah yang menyebabkan gas methan terlepas ke udara bebas. Zat pencemar tersebut yang berasal dari suatu proses yang kemudian teremisikan keluar ke atmosfer

umumnya disebut sebagai zat pencemar yang terbentuk di atmosfer sebagai hasil reaksi, dan disebut sebagai zat pencemar sekunder. (Bintek Pengendalian Pencemaran Udara Bappedal Propinsi Jawa Tengah Agus Hadiyanto, 2002).

2.6.2. Zat Pencemar Gas

Zat pencemar gas dapat berupa polutan organik seperti halnya Gas Sulfur (SO_2 , SO_3 dan H_2S), Oksida karbon (CO dan CO_2), Gas Nitrogen (NO_2 , NO dan NO_x), Halogenida golongan halida (HF , HCl , Cl_2 , F_2 , SiF_4), Fotokimia (Ozon dan sejenis oksidannya), Sianida (HCN) dan senyawa Amonium (NH_3).

Gas yang terbentuk dari unsur organik diantaranya adalah : Hidrokarbon seperti (*methan, ethane, oktane, acetylen, butadien, toluen, benzpyrene*), senyawa oksigen alifatis seperti formaldehid, aceton, asam organik, alkohol, cyanogen chlorida, *bromibenzyl cyanide, peroxyacyl nitrite/ nitrat*.

2.6.3. Zat Pencemar Partikulat Dan Karakteristik Polutan

Zat pencemar partikulat dapat berwujud padatan (debu, fume, smoke). Bahwa suatu partikulat mempunyai sifat karakteristik yang mana sangat umum disebut polutan SO_2 , NO_2 , CO , HC , Partikulat Gas pada umumnya cenderung berada di udara bebas. Gas – gas yang berada di atmosfer akan mengalami reaksi baik kimia maupun fotokimia. Partikulat dapat berwujud padat maupun cair dengan ukuran lebih besar dari molekul gas, namun lebih kecil dari ukuran yang umum yaitu sebesar 1000Um. Pada umumnya lagi partikulat yang berukuran kurang dari 100 Um akan tersuspensi di udara. Partikulat tersuspensi di atmosfer, akan memberikan beberapa keadaan seperti mudahnya membentuk inti hujan, bersifat sebagai katalis misalnya partikel

Fe_2O_3 pada reaksi secara kimia antara SO_2 dengan udara dan uap air membentuk asam sulfat, maupun mempercepat terjadinya reaksi kimia.

Dengan adanya kegiatan tersebut diatas maka akan terjadi pencemaran udara, sedangkan sumber pencemar udara secara umum dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu sumber tak bergerak (industri, rumah tangga, pembakaran sampah terbuka dan sumber bergerak (transportasi / kendaraan bermotor). Transportasi (kendaraan bermotor) yang mengeluarkan gas buang akibat proses pembakaran bahan bakar dalam bentuk gas CO , HC , NO , SO_2 , debu dan Pb . Hasil perhitungan emisi akibat pembakaran bahan bakar pada sektor transportasi memberikan kontribusi pencemaran CO sebesar 599.180,12 ton /tahun (87,23%) ; HC : 30.163,86 ton/tahun (79,70%) ; NO_x 33.219,13 ton/tahun (35,79%) sumber dari hasil penelitian (PT. Sawu Indonesia Jakarta, 2001).

Gas buang umumnya terdiri dari gas Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Sulfur Oksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikel dan Timah Hitam (Pb). Besarnya dan jenis gas buang kendaraan tergantung dari jenis bahan bakar yang dipakai (bensin, solar) serta proses Pembakarannya dapat dilihat dalam tabel 3.

Tabel : 3. Kontribusi Gas Buang Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Jenis Gas Buang	Kontribusi Berdasarkan jenis BBM	
	Bensin (%)	Diesel(%)
Karbonmonoksida (CO)	89,0	11,0
Hidrokarbon	73,0	27,0
NO_x	61,0	39,0
SO_2	15,0	85,0
Timah Hitam (Pb)	100,0	0,0
CO_2	53,0	47,0
Asap	1,0	99,0

Sumber : Pertamina Jakarta, Tahun 2001.

Perlu juga diketahui bahwa Kota Semarang merupakan nomor 4 kota yang tinggi polusi udaranya bila dibandingkan kota yang ada di Indonesia (Rapat Kerja Teknis Menteri Negara Lingkungan Hidup Di Hotel Wisata Jakarta, 1999).

2.7. Model Perkiraan Dispersi Emisi Gas Buang

Model perkiraan dispersi emisi gas buang “Metode Gaussian” yang dapat digunakan dalam perkiraan penyelesaian pencemaran udara yang mana dapat diuraikan sebagai berikut.

2.7.1. Perkiraan Penyebaran Dispersi

Adanya zat pencemar di udara ambien berasal dari sumber emisi gas buang , baik alami maupun sumber emisi buatan manusia atau aktivitas kegiatan manusia. Sumber emisi gas buang yang berasal dari alam yaitu meliputi letusan gunung berapi, gas belerang , tetesan air laut dan lain – lain sedangkan untuk sumber emisi gas buang yang berasal dari kegiatan manusia adalah asap kendaraan bermotor, industri , pembakaran hutan, pembakaran sampah di lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan lain – lain.

Diatmosfer zat pencemar akan mengalami penyebaran, pengenceran, perubahan fisika dan terjadi reaksi kimia. Secara garis besar pencemaran udara sangat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti misalnya oleh faktor meteorologi, arah dan kecepatan angin akan mempengaruhi dan juga menyebabkan zat pencemar dari sumber emisi gas buang akan menyebar ke suatu tempat yang lebih jauh atau lebih dekat tergantung jenis pulutan atau pencemarnya sehingga akan didapat konsentrasi pencemar ada yang didapat lebih kecil dari sumbernya dan juga ada yang lebih besar dari sumbernya ini

tergantung dari daerah tangkapan dan kontribusi dari kontaminan luar yang mendukung. Perpindahan zat pencemar tidak hanya secara horizontal tersebar, tetapi juga secara vertikal (*mixing height*). Pergerakan vertikal ini sangat terbatas, dan dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer setempat.

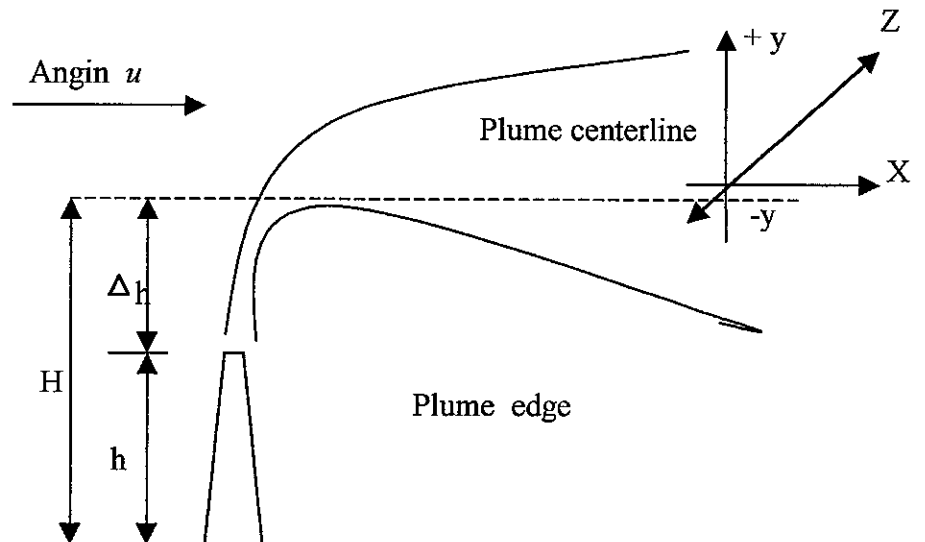
Perlu juga kita harus diketahui bersama bahwa pertamakali manusia menemukan api dan kemudian menggunakan-nya untuk keperluan hidup seperti halnya memasak didalam rumah atau untuk pemanas ruangan, mereka tentunya memikirkan untuk membuat cerobong, atau kalau tidak ada cerobong, mereka akan memahami bagaimana akibat asap tersebut pada diri mereka. Problem pencemaran udara akibat asap pada awal mulanya, tidaklah besar pengaruhnya pada atmosfer masih mampu membersihkan dirinya sendiri tanpa bantuan dari luar. Salah satu cara pembersihan polutan oleh atmosfer adalah melalui kemampuan atmosfer dalam menyebarkan (dispersi) polutan berkonsentrasi tinggi ke bagian/volume udara bersih atau udara yang berkonsentrasi polutan rendah. Akan tetapi kemampuan atmosfer membersihkan polutan ini bukanlah tidak terbatas; yaitu bervariasi dari sangat bagus sampai sangat jelek, tergantung pada kondisi meteorologis dan geografis. Dengan munculnya revolusi industri dan kemudian diikuti dengan pertumbuhan konsumsi energi yang relatif tinggi, manusia menyadari perlunya peralatan kontrol polusi yang lebih baik untuk mencegah kerusakan atmosfer. Dengan demikian dispersi atmosfer masih merupakan suatu pilihan yang dapat dilakukan untuk menyebarkan dan memperkecil konsentrasi banyak polutan.

Sejarah membuktikan bahwa dengan adanya konsentrasi polutan yang tinggi di lokasi tertentu, dapat membahayakan. Besar kecilnya konsentrasi polutan di area tertentu merupakan fungsi laju emisi, laju dispersi dan laju pembentukan atau pengrusakan (reaksi kimia) polutan. Dispersi polutan sebagian besar tergantung pada kondisi lokal meteorologi (seperti kecepatan

dalam arah angin), dan stabilitas atmosfer (kecenderungan udara untuk tidak bercampur dalam arah vertikal). Jika angin cukup kuat dan/atau pencampuran vertikal cukup bagus di dalam atmosfer, polutan akan segera terencerkan dalam volume udara yang besar, akibatnya konsentrasi polutan menjadi rendah. Jika angin cukup kecil dan terjadi inversi, konsentrasi polutan dalam udara menjadi tinggi. Kemampuan membuat model perkiraan dispersi emisi di atmosfer dan memperkirakan laju konsentrasi polutan dari sumbernya merupakan salah satu bagian penting teknik kontrol polusi udara.

2.7.2. Pengertian Dispersi

Apabila aliran polutan yang kontinyu terlepas dari sumbernya dan tertiuip oleh angin yang tetap (*steady state*) di atmosfer terbuka, maka pertama-tama polutan tersebut akan naik keatas dari lobang sumber (cerobong), kemudian membelok kebawah dan terus bergerak sesuai dengan arah rata-rata daripada angin yang mampu mengencerkan polutan dan membawanya menjauh dari sumbernya. Bentuk polutan yang seperti bulu-bulu ini (*plume*) juga menyebar atau “disperse” dalam arah vertikal dan horisontal terhadap garis pusat (*centerline*) *plume*. Gambar skematik *plume* polutan yang keluar dari cerobong dengan tinggi cerobong h , kenaikan *plume* Δh dan tinggi efektif dari cerobong ($H = h + \Delta h$) ditunjukkan dalam Gambar : 7. Penyebaran polutan dalam bentuk *plume* adalah sebagai berikut sebagai berikut :



Gambar : 7. Penyebaran Polutan Dalam Bentuk *Plume*

Bentuk dispersi tersebut secara umum mengikuti hukum difusi, yaitu gerakan fluida dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Akan tetapi penyebaran polutan dalam bentuk *plume* ini juga diakibatkan oleh faktor-faktor lain sebagai difusi molekul tersebut.

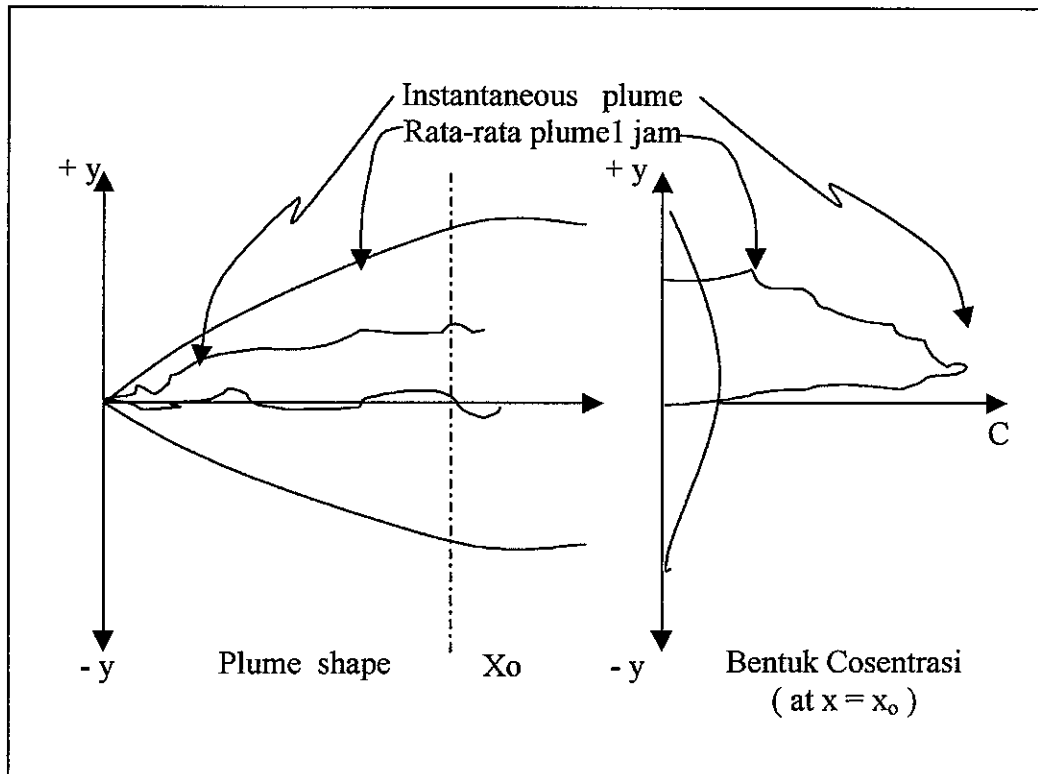
Perlu diketahui bahwa setiap fluida yang mengalir turbulen mengandung pusaran arus (*eddy*) yang merupakan fluktuasi acak daripada rata-rata aliran. Pusaran arus mungkin masuk kedalam bagian sempit *plume* dan secara cepat merubah konsentrasi polutan dibagian akibat udara bersih yang dibawa oleh pusaran arus tersebut dari luar lokasi *plume*. Akibat daripada banyaknya kombinasi pusaran arus dengan berbagai ukuran akhirnya dapat memperbesar ukuran *plume* dan mengencerkan konsentrasi polutan dalam *plume*. Pusaran arus ini dapat bekerja pada arah mendatar maupun vertikal.

Pusaran arus dalam atmosfer berasal dari pengaruh termal dan mekanik. Misalnya energi matahari yang diserap oleh permukaan bumi

akan diubah menjadi panas. Energi panas pada permukaan ini dipindahkan ke dalam udara lapisan terdekat melalui konduksi dan konveksi, yang selanjutnya menciptakan pusaran termal. Adapun pusaran arus mekanik terjadi akibat guntingan permukaan tanah sebagai akibat adanya aliran udara pada permukaan tanah yang kasar (pohon-pohon atau gedung-gedung). Permukaan kasar akan menghasilkan pusaran arus yang lebih besar daripada permukaan yang rata (padang pasir atau permukaan bersalju).

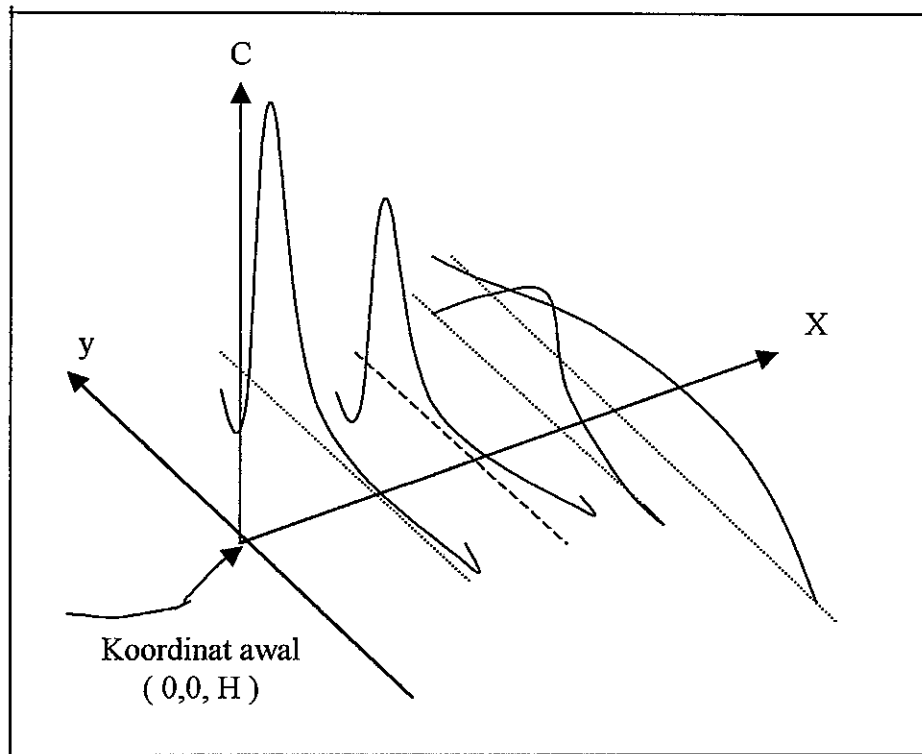
Alasan lain adanya penyebaran plume karena perubahan acak yang terjadi pada angin. Konsentrasi polutan pada titik tertentu diukur dalam periode waktu tertentu yang disebut waktu rata-rata sampling. Akan tetapi selama pengukuran ini, kondisi angin mungkin berubah arah dan besarnya, sehingga mungkin membawa polutan dalam waktu sesaatnya lebih besar atau lebih kecil dari pada dalam waktu yang dicatat secara rata-rata oleh alat pencatat polutan. Lebih lama waktu yang digunakan untuk mendapatkan nilai rata-ratanya, perubahan angin pada waktu sesaat tersebut akan terjadi lebih sering. Fluktuasi acak sedemikian menyebabkan penyebaran plume yang lebih luas ke daerah arah angin.

Akibat dari pusaran arus dan fluktuasi angin maka perhitungan parameter plume harus berdasarkan waktu rata-rata bukan waktu sesaat. Konsentrasi polutan berdasarkan waktu rata-rata pada jarak x_0 searah angin dari sumbernya didistribusikan pada arah kurang lebih y . walaupun demikian profil konsentrasi polutan pada waktu sesaat pada arah y_0 dan jarak x_0 sangatlah berbeda, seperti terlihat dalam Gambar:8. Pandangan atas *plume* pada waktu sesaat rata – rata 1 jam.



Gambar : 8. Pandangan Atas Plume Pada Waktu Sesaat Rata-rata satu Jam.

Perlu diketahui bahwa pada saat jarak x_0 naik, penyebaran polutan melebar dalam arah y dan z , dan konsentrasi maksimum berkurang. Terlihat dalam Gambar : 9. Profil konsentrasi polutan sebagai fungsi daripada jarak arah angin.



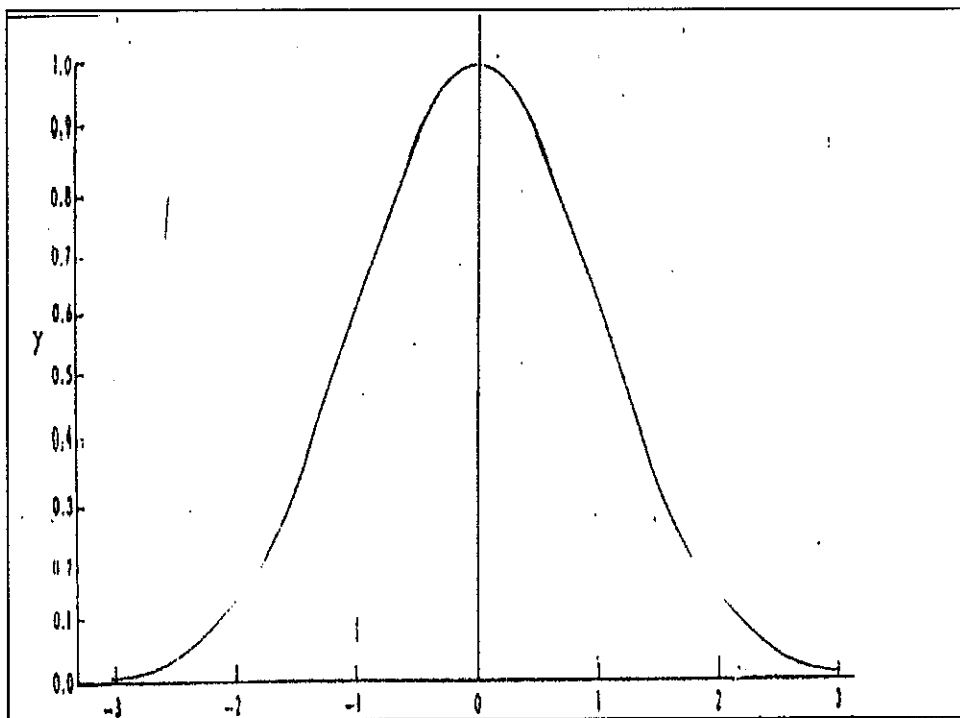
Gambar : 9. Profil Konsentrasi Polutan Sebagai Fungsi Dari Pada Jarak Arah Angin.

Penyebaran yang senada daripada plume terjadi juga pada arah vertikal sehingga menghasilkan distribusi normal lainnya. Dengan demikian distribusi polutan dinamakan distribusi binormal. Salah satu metode dalam mengembangkan persamaan untuk membuat model distribusi polutan dengan sifat-sifat ini adalah dengan menganggap kondisi angin steady state dan memperhitungkan penyebaran plume hanya atas dasar pusaran arus. Berdasarkan pendekatan ini, persamaan diferensial tingkat dua dapat diturunkan dari anggapan keseimbangan materi. Salah satu penyelesaian persamaan ini dikenal dengan nama persamaan difusi Fickian, yang memprediksi konsentrasi polutan terdistribusi secara binormal. Walaupun demikian model ini memerlukan penggunaan rata-rata difusivitas pusaran arus dan angin

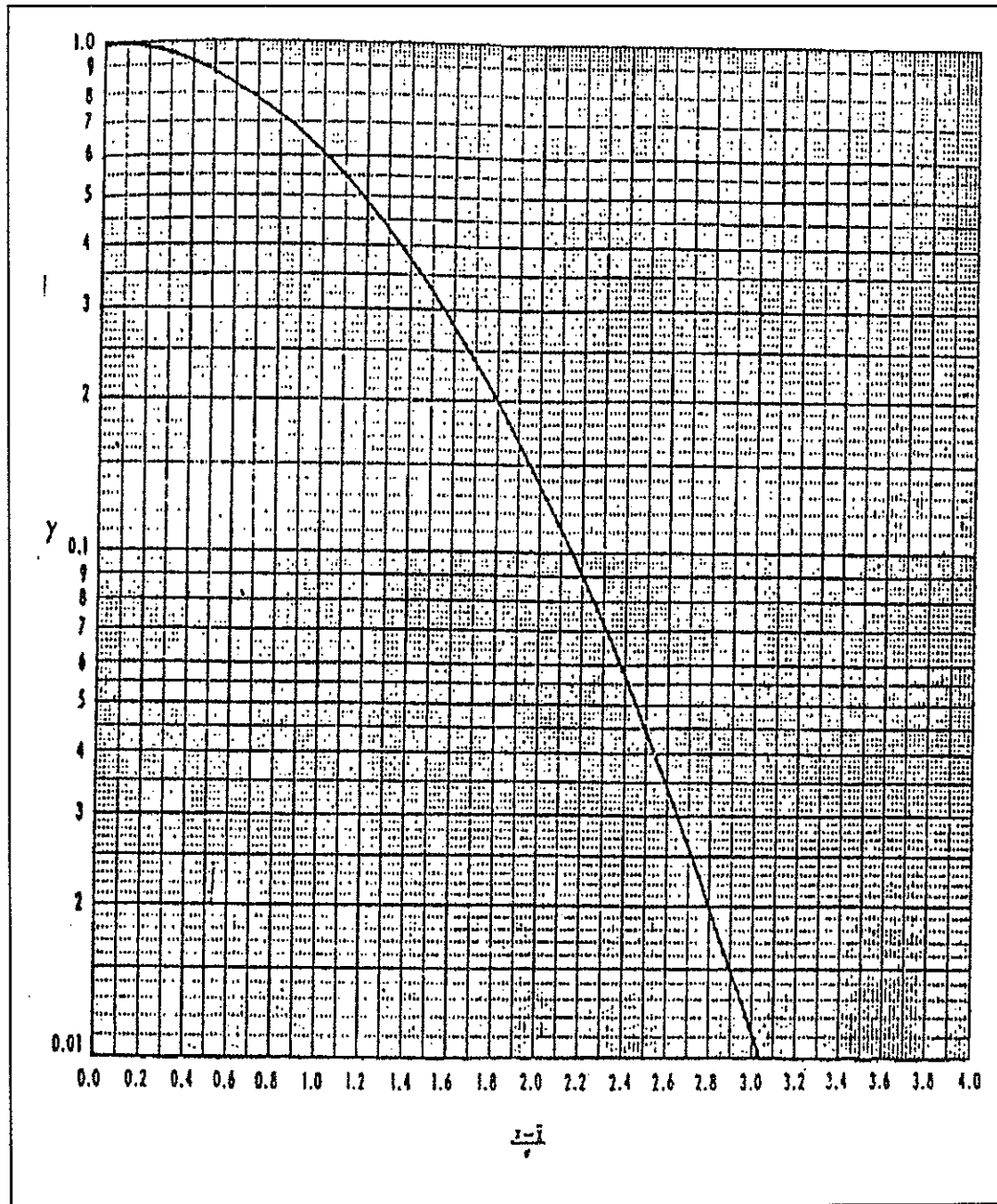
steady state, yang hanya merupakan salah satu perkiraan nyata sevara eksperimen. Pendekatan lain yang diakui kehandalannya dalam aplikasi adalah metode penyebaran normal dengan proses perhitungan statistik. Model ini sering disebut persamaan dispersi Gaussian.

2.7.3. Model Gaussian

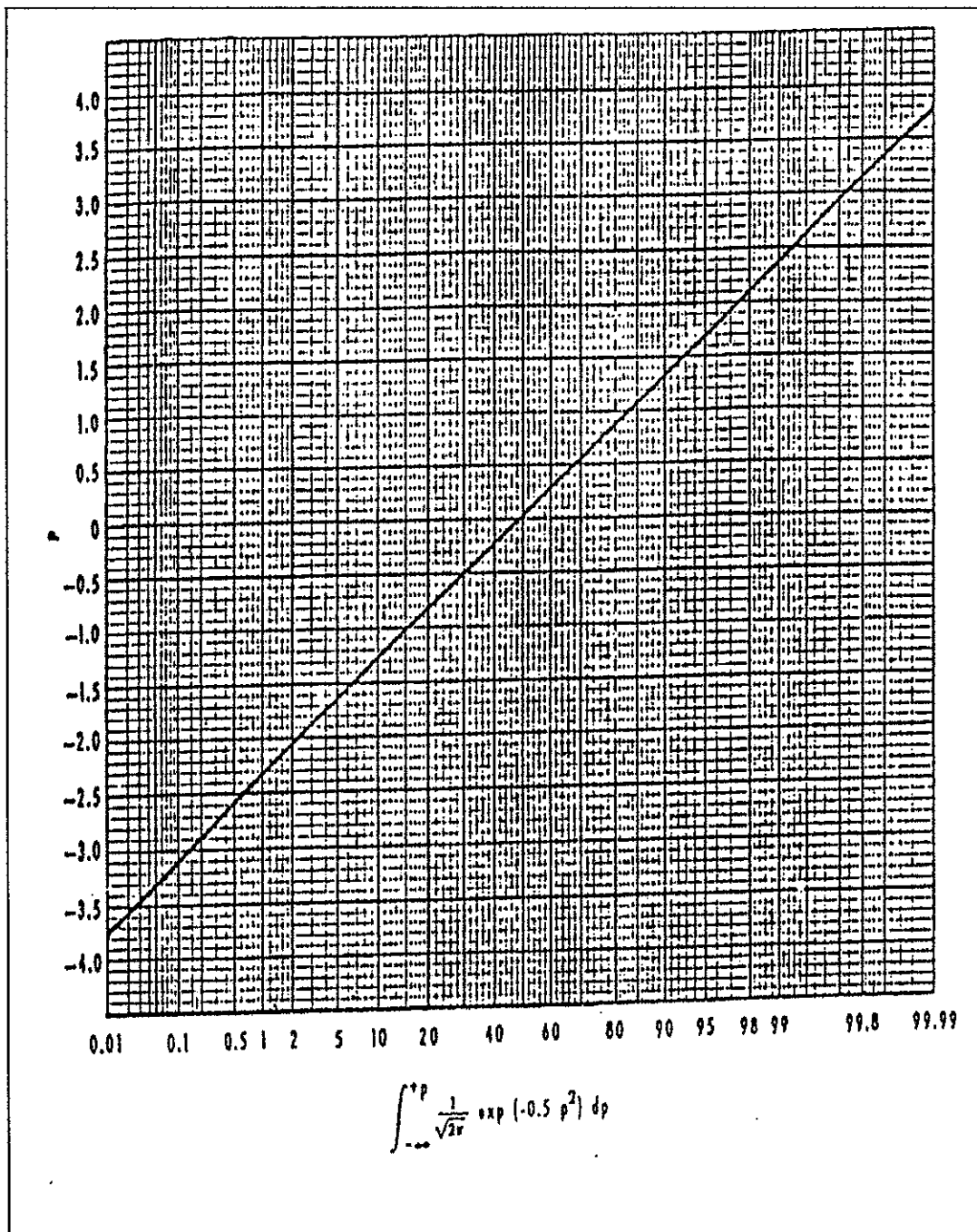
Distribusi Gaussian atau normal sering dihasilkan dari proses acak. Dalam distribusi normal Model Gaussian yang bentuk kurba penyebaran dianggap seperti bel, seperti terlihat dalam Gambar : 10.



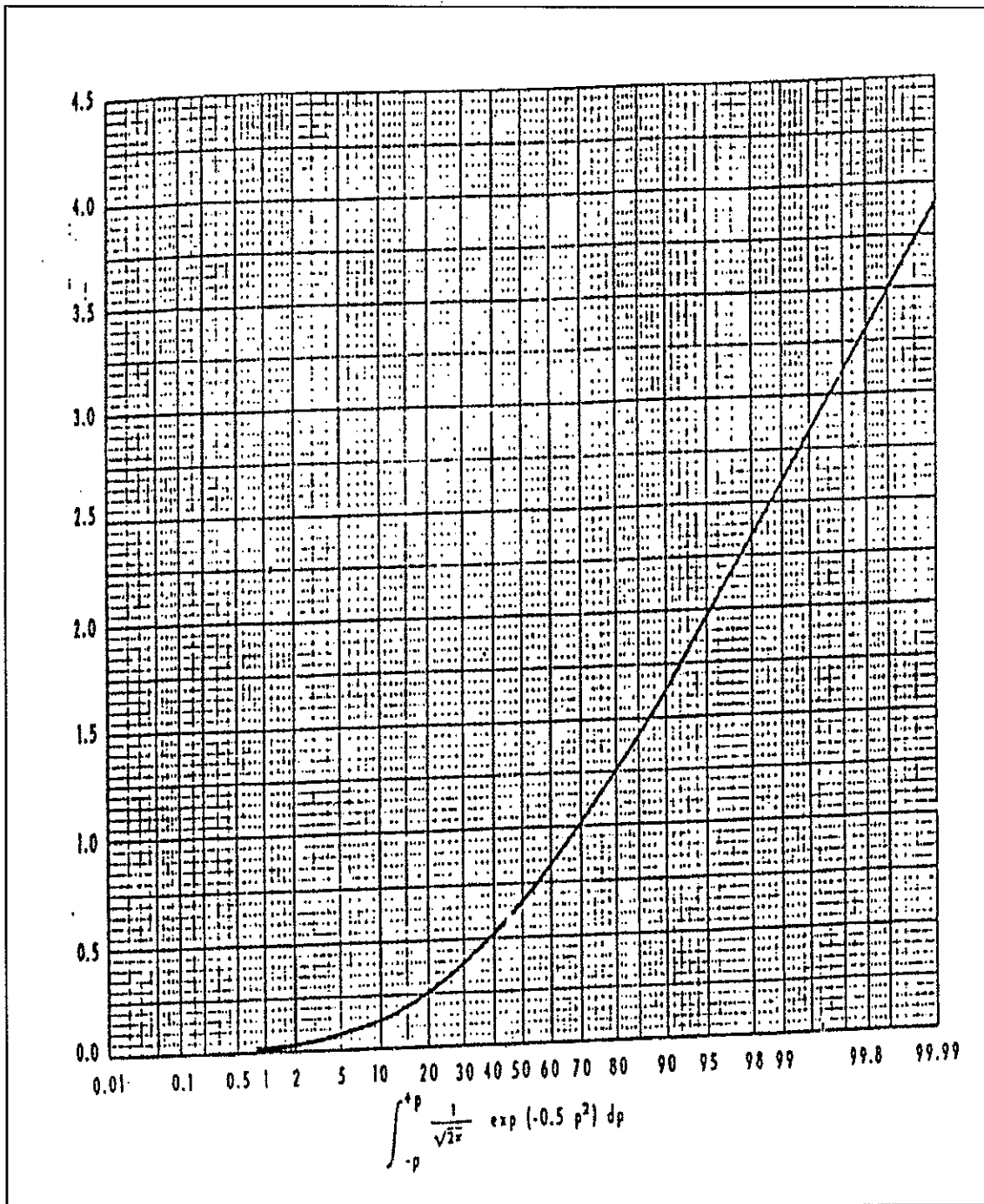
Gambar : 10. Distribusi normal dari Model Gaussian.



Gambar : 11. Distribusi normal dari Model Gaussian.



Gambar : 12. Nilai Koordinat Gaussian.



Gambar : 12. Luasan dibawah kurva distribusi Gaussian . antara $-p$ dan $+p$.

Polutan dalam plume dari sumber titik umumnya didistribusikan pada arah y ke kanan dan ke kiri dari garis pusat pada setiap jarak angin. Batas plume dalam hal ini didefinisikan sebagai jarak dari garis pusat pada saat konsentrasinya sepersepuluh (1/10) dari konsentrasi pada garis-garis dengan jarak x yang sama.

Prosedur dasar yang digunakan dalam perhitungan dispersi mengikuti teori probabilitas normal Gaussian tersebut yang telah diperkenalkan aplikasinya oleh Pasquill (1961) dan kemudian dimodifikasi oleh Gifford (1961).

2.7.4. Estimasi Dispersi Di Atmosfer

Dalam sistem koordinat estimasi dispersi atmosfer untuk ordinat x dianggap sebagai arah horisontal sepanjang arah angin. Ordinat y merupakan bidang horisontal dan tegak lurus ordinat x ; sedangkan z sama seperti ordinat y tetapi ke arah vertikal. *Plume* bergerak sepanjang atau sejajar dengan ordinat x.

2.7.5. Persamaan Untuk Difusi Pencemaran

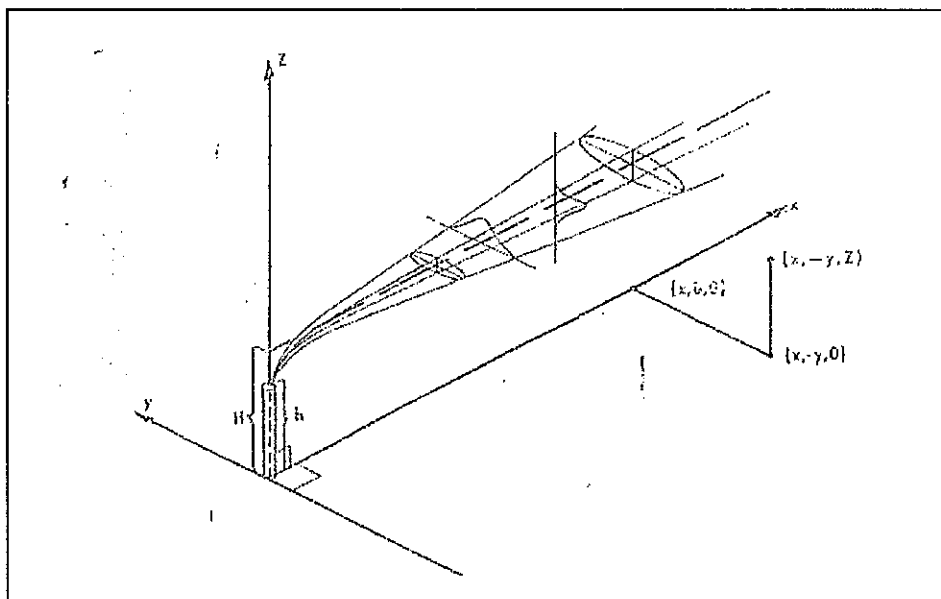
Konsentrasi χ dari gas atau aerosol (partikel kurang dari 20 mikron diameternya) pada x,y,z dari sumber kontinyu dengan tinggi emisi efektif H, diberikan rumus persamaan (1) sebagai berikut :

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

dimana :

- $\chi(x,y,z;H)$ = Konsentrasi steady-state pada titik (x,y,z) dan tinggi H , dalam g/m^3 ,
- Q = Laju emisi, g/detik
- U = Kecepatan angin rata-rata pada tinggi cerobong, m/detik,
- σ_y, σ_z = Parameter penyebaran arah horisontal dan vertikal, dan merupakan fungsi daripada x dan stabilitas atmosfer, m,
- Y = Jarak horisontal dari garis-pusat plume, m
- Z = Jarak vertikal dari garis pusat plume, m
- X = Jarak horisontal arah angin, m,
- H = Tinggi emisi efektif, m

Perlu dicatat bahwa dalam persamaan dispersi tersebut terdapat $(z-H)$ dan $(z+H)$. alasan adanya dua variabel ini bahwa kenyataan polutan tidak dapat terserap dalam tanah; jadi ada pemantulan yang dianggap pemantulan sempurna.



Gambar : 14 Sistem koordinat menunjukkan distribusi Gaussian dalam arah horisontal dan vertikal.

Hubungan umum yang mungkin dapat ditarik persamaan dispersi tersebut adalah sebagai berikut :

- (i) Konsentrasi polutan pada lokasi arah angin secara langsung proporsional dengan laju emisi Q.
- (ii) Konsentrasi pada permukaan tanah garis arah angin ($z=0$) berbanding tidak langsung dengan kecepatan angin.
- (iii) Oleh karena σ_y dan σ_z naik jika x bertambah panjang, konsentrasi pada garis pusat plume turun dengan naiknya x. Walayupun demikian konsentrasi pada permukaan tanah naik, kemudian mencapai maksimum, dan turun kembali pada tempat menjauh dari cerobong.
- (iv) Paramater penyebaran σ_y dan σ_z naik dengan naiknya ketidakstabilan atmosfer (turbelensi),
- (v) Konsentrasi maksimum pada permukaan tanah dari perhitungan persamaan dispersi turun jika tinggi efektif cerobong naik.

= **Rumus Persamaan untuk konsentrasi yang dihitung pada permukaan tanah yaitu $z=0$, persamaan umum dispersi dapat disederhanakan sebagai berikut :**

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

= **Rumus Persamaan untuk konsentrasi pada garis-pusat plume ($y=0$) dan pada permukaan tanah ($z=0$), maka persamaan menjadi :**

$$\chi(x,y,z,H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \dots\dots\dots(3)$$

= **Rumus Persamaan untuk sumber emisi pada permukaan tanah dan tanpa adanya kenaikan plume, maka persamaan menjadi :**

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan dispersi Gaussian sangat penting dalam bidang polusi udara. Persamaan ini merupakan dasar program komputer yang telah dikembangkan dalam banyak model dispersi atmosfer. Maka Model yang dipakai dalam penelitian ini yaitu “ **Dispersi Model Gaussian** “.

2.7.6. Stabilitas Atmosfer

Atmosfir yang tidak stabil menyebabkan pencampuran ke arah vertikal yang tidak bagus. Kejadian ini timbul pada waktu adanya insolasi yang cukup tinggi, sehingga memanasi permukaan tanah/bumi yang berakibat terjadi pemanasan pada lapisan udara bagian bawah. Atmosfir menjadi stabil pada waktu permukaan bumi lebih dingin daripada lapisan udara di atasnya, misalnya pada malam hari yang terang dan dingin. Kemudian lapisan udara di atasnya terdinginkan dan akibatnya tidak terjadi pencampuran ke arah vertikal. Parameter penyebaran σ_y dan σ_z merupakan fungsi daripada :

- stabilitas atau turbulensi atmosfer;
- jarak arah angin;
- tinggi dari permukaan tanah;
- kekasaran permukaan;
- waktu transpor polutan;
- kecepatan angin.

Nilai parameter σ_y dan σ_z dalam hal ini dihitung dengan anggapan waktu sampling 10 menit, tinggi beberapa ratus meter dan permukaan tanah

relatif terbuka dan mendatar. Dengan kondisi-kondisi awal ini maka nilai σ_y dan σ_z hanya merupakan fungsi daripada stabilitas atmosfer (struktur turbulensi dan kecepatan angin) dan jarak dari sumber emisi x . stabilitas atmosfer diperkirakan berdasarkan kecepatan angin pada tinggi 10 meter pada siang hari (insolasi) atau pada malam hari (tertutup awan).

Untuk mempermudah dalam menilai stabilitas atmosfer maka stabilitas atmosfer dibagi dalam 6 klas, diberi label A sampai dengan F; dengan A sangat tidak stabil seperti terlihat dalam Tabel : 4. Klasifikasi stabilitas atmosfer.

Tabel : 4. Klasifikasi stabilitas atmosfer

Kecepatan Angin ^{a)} M/det	Siang hari Insolasi			Malam hari Tertutup awan ^{e)}	
	Tinggi ^{b)}	Sedang ^{c)}	Rendah ^{d)}	Awan ($\geq 4/8$)	Terang ($\leq 3/8$)
<2	A	A-B ¹⁾	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Catatan :

- a) Kecepatan angin diukur pada tinggi 10 m.
- b) Pada musim panas dengan matahari pada 60° diatas horison.
- c) Pada musim panas dengan awan sedikit menutup langit, atau hari terang dengan lokasi matahari $35-60^\circ$ diatas horison.
- d) Musim kemarau dan mendung.
- e) Bagian langit tertutup mendung.
- f) Untuk A-B, B-C, C-D, D-E, atau E-F merupakan nilai rata-rata sebagai berikut : A = sangat tidak stabil, B = cukup tidak stabil , C= Sedikit tidak stabil ,D = netral, E= Sedikit stabil, F= Stabil.

Netral klas D harus dianggap kondisi udara yang tertutup awan pada siang hari ataupun kondisi pada malam hari.

Metode ini memberikan indikasi yang representatif tentang stabilitas atmosfer untuk lokasi terbuka atau daerah pedesaan, tetapi kurang tepat untuk daerah perkotaan. Hal ini disebabkan terutama oleh adanya kekasaran permukaan daerah kota dan selanjutnya mempengaruhi efek pemanasannya.

2.7.7. Estimasi Parameter Dispersi

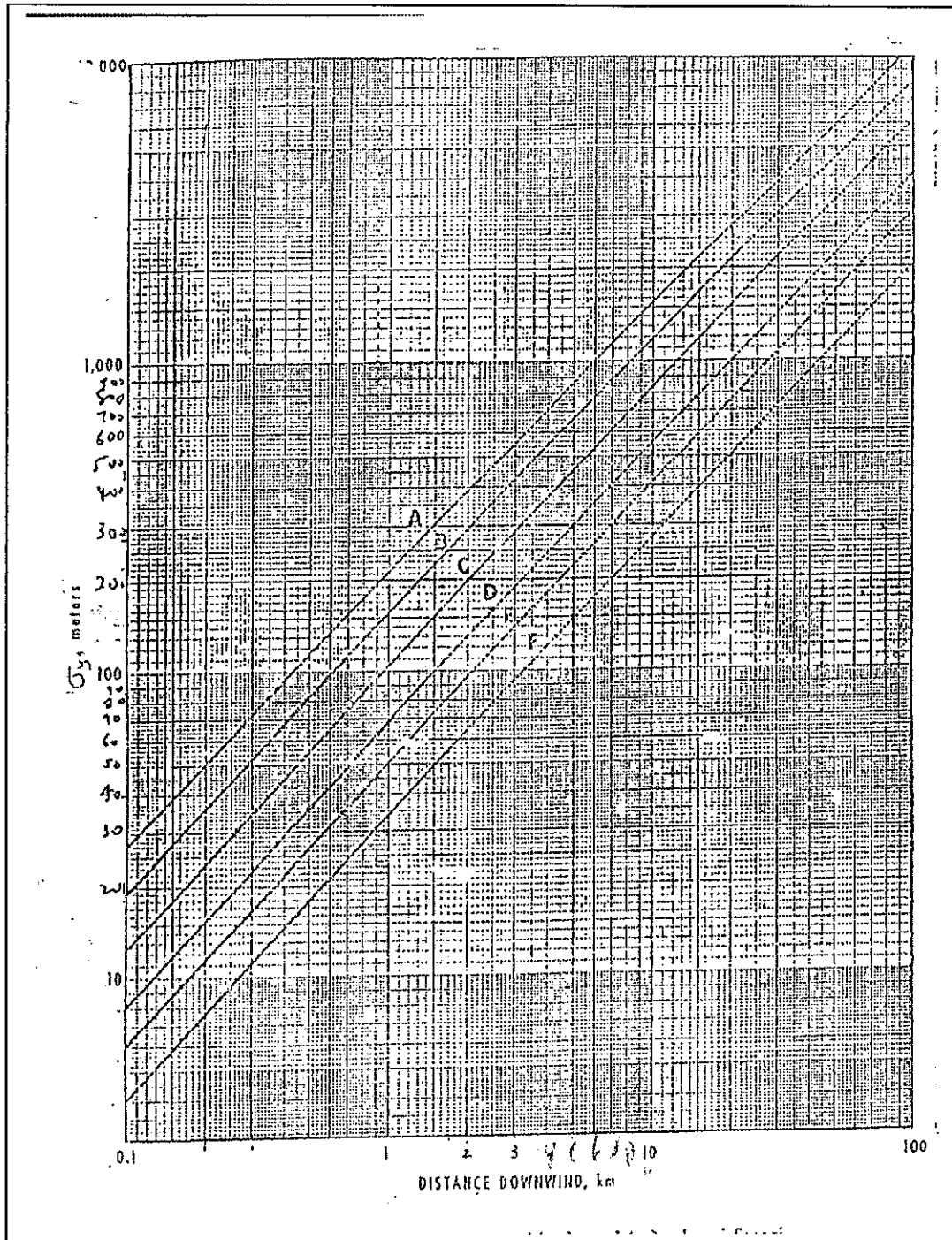
Setelah menentukan klas kestabilan atmosfer dari tabel 1, maka nilai σ_y dan σ_z dapat diperkirakan pada jarak arah angin (x) yang dikehendaki. Nilai-nilai σ_y dan σ_z ini representatif untuk waktu sampling sekitar 10 menit.

Kadang-kadang sulit bagi seseorang untuk membaca secara teliti, sehingga sebagai alternatif, berikut ini diberikan rumus persamaan-persamaan yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya nilai σ_y dan σ_z (Cooper dan Alley, 1986).

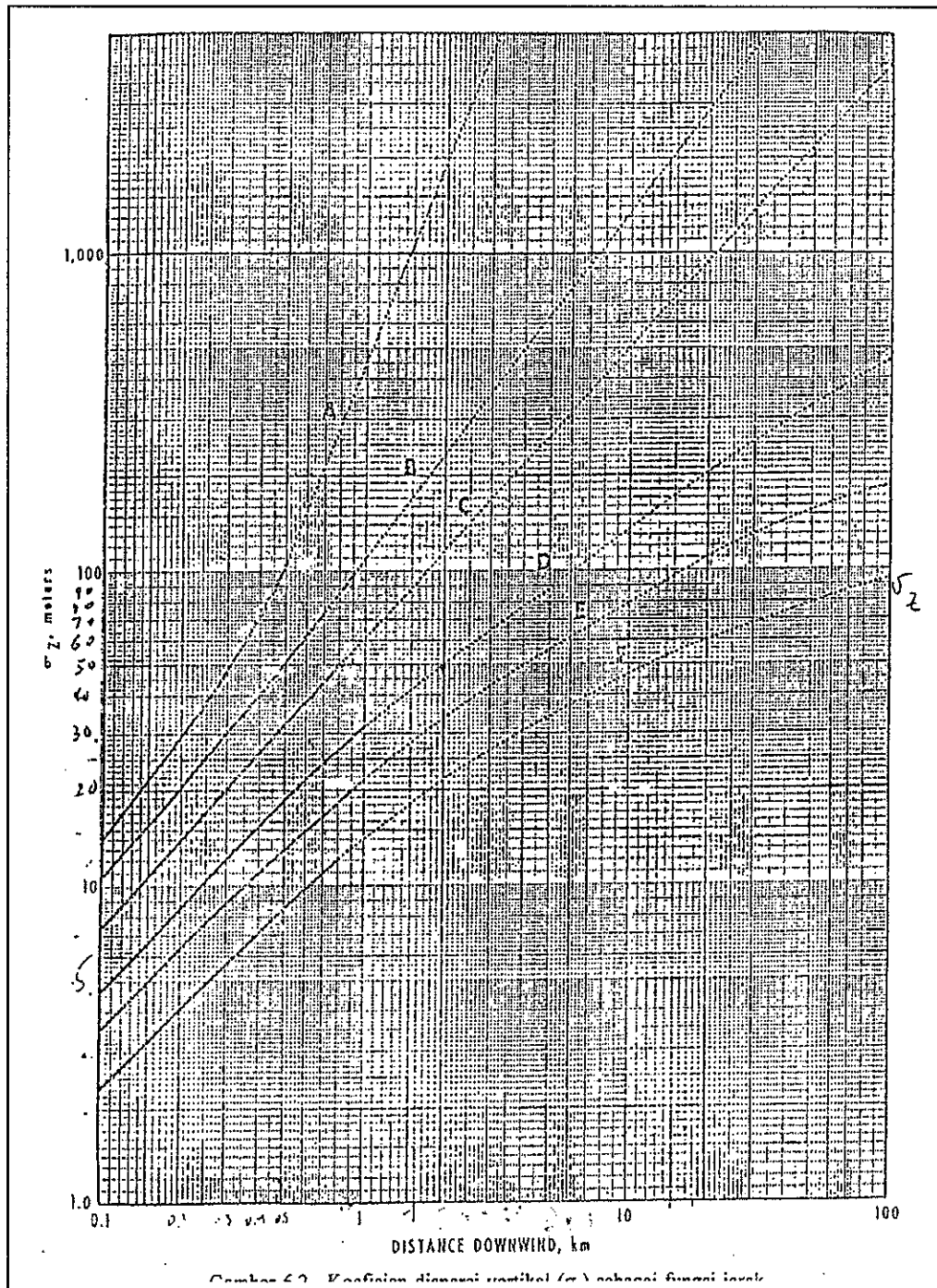
$$\sigma_y = ax^b \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$\sigma_z = cx^d + f \quad \dots \dots \dots (6)$$

dimana, a , b , c , d dan f merupakan konstanta-konstanta yang tergantung pada klas kestabilan dan pada jarak x (x harus dinyatakan dalam kilometer). Nilai dari konstanta-konstanta tersebut dapat diperoleh dari Gambar : 15 dan 16 adalah sebagai berikut :



Gambar : 15. Koefisien dispersi horizontal (σ_y) sebagai fungsi jarak ke arah Angin dari sumber.



Gambar :16. Koefisien dispersi vertikal (σ_z) sebagai fungsi jarak ke arah Angin dari sumber.

Tabel : 5. Konstanta untuk Persamaan Parameter Penyebaran σ_y dan σ_z

Stabilitas	a	x < 1 km			x > 1 km		
		c	d	e	c	d	e
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	61,0	0,911	0	61,0	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	14,35	0,740	-0,35	62,5	0,180	-48,6

Catatan : b = 0,894 untuk semua klas kestabilan

Untuk memperkirakan konsentrasi polutan lebih besar dari waktu sampling 10 menit digunakan rumus persamaan penyesuaian sebagai berikut :

$$\chi_s = \chi_k (t_k/t_s)^p \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

χ_s = Harga estimasi konsentrasi yang diinginkan untuk waktu sampling t_s ;

χ_k = Harga estimasi konsentrasi untuk waktu sampling pendek (10 menit);

p = Harga konstanta antara 0,17 s/d 0,2 .

Rumus Persamaan Tersebut Dapat Dipakai Pada Waktu Sampling Kurang Dari 2 Jam.

Dari penggunaan gambar : 15 dan 16 harus digunakan untuk daerah terbuka dan mendatar untuk sumber dispersi plume di lokasi rendah mungkin akan memberikan estimasi yang lebih kecil. Lapisan udara stabil diatas lapisan udara yang tidak stabil akan menghambat difusi kearah vertikal. Perhitungan dispersi dapat dimodifikasi pada kondisi ini dengan menganggap tinggi awal dari lapisan udara stabil, L. Pada ketinggian $2,15 \sigma_z$ diatas garis pusat plume, konsentrasinya menjadi 0,1 dari konsentrasi di garis-pusat plume pada jarak arah angin yang sama.

Jika 1/10 dari konsentrasi pada garis-pusat plume mencapai lapisan stabil pada tinggi L, maka dianggap bahwa distribusi polutan mulai dipengaruhi oleh batas bawah lapisan stabil. Cara berikut ini disarankan untuk mengatasi hal tersebut.

Pada lokasi dimana σ_z naik karena bertambahnya jarak x sampai dengan nilai $L/2,15$ atau $0,47L$ (jarak x di titik ini disebut x_L), plume dianggap mempunyai distribusi Gaussian ke arah vertikal. Dianggap bahwa pada waktu plume bergerak dua kali x_L ($2 x_L$) plume menjadi terdistribudi merata antara permukaan tanah dan tinggi L, yaitu konsentrasi tidak bervariasi terhadap ketinggian. Untuk jarak diatas $2 x_L$, konsentrasi untuk setiap ketinggian antara permukaan tanah dan L dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut :

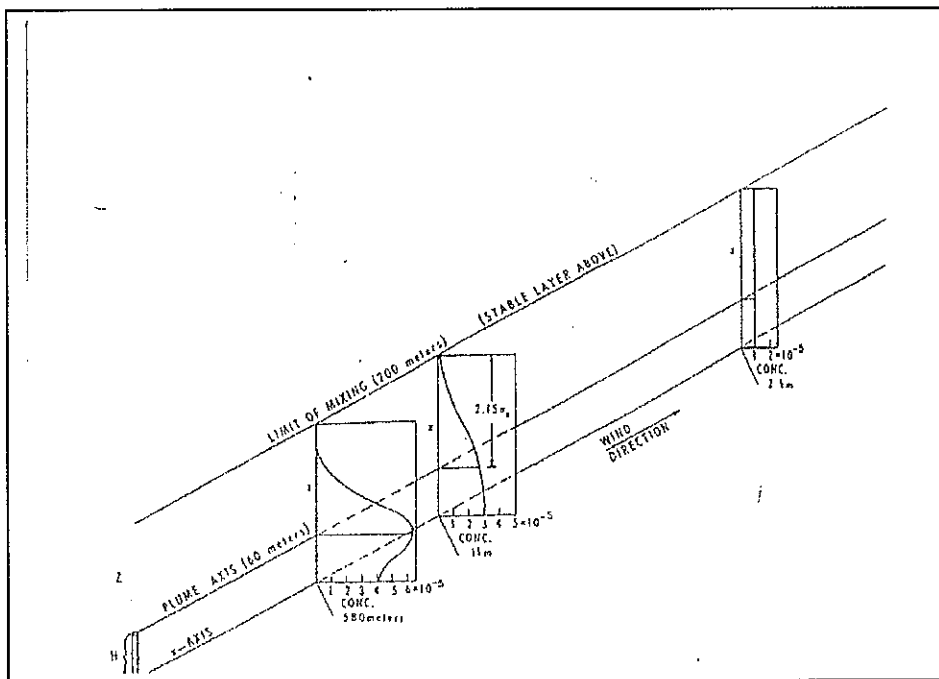
$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi} \sigma_y L u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (8).$$

untuk setiap z dari 0 ke L, untuk $x > 2x_L$, x_L adalah lokasi dimana $\sigma_z = 0,47 L$.

Asumsi yang digunakan pada rumus persamaan diatas adalah distribusi normal atau Gaussian untuk plume hanya pada bidang horisontal. Rumus Persamaan berikut juga memberikan hasil yang sama, dimana σ_{zL} merupakan parameter penyebaran efektif sebab $\sqrt{(2\pi) L} = 2.5066 L = 0,8 \pi L$. Untuk setiap nilai z dari 0 ke L, dimasukan dalam Rumus Persamaan 8 akan menjadi Rumus Persamaan (9).

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z L u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (9)$$

Dimana untuk harga $x > 2x_L$; x_L adalah lokasi pada $\sigma_z = 0,47 L$



Gambar : 17. Variasi konsentrasi vertikal di bawah lapisan udara stabil.

2.7.8. Garis Konsentrasi

Kadang-kadang diinginkan untuk memberikan lokasi dengan konsentrasi polutan yang sama atau melebihi dari jumlah yang ditetapkan. Caranya adalah pertama posisi aksial plume harus ditentukan dengan menggunakan arah angin. Untuk menentukan gasir konsentrasi dari konsentrasi polutan di permukaan tanah, hubungan antara konsentrasi pada garis-pusat plume dan konsentrasi pada luar garis-pusat plume dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$x \frac{(x, y, 0; H)}{(x, y, 0; H)} = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (10)$$

Koordinat y dapat dihitung pada masing-masing jarak x. Misalkan seseorang ingin mengetahui jarak y untuk konsentrasi 10^{-3} g/m^3 pada $x = 600 \text{ m}$ pada kondisi stabilitas B. Pada kondisi ini diketahui konsentrasi pada garis-pusat untuk $x=600 \text{ m}$ adalah $2,9 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$.

$$\begin{aligned} x \frac{(10^{-3})}{(2,9 \times 10^{-3})} &= \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \\ &= 0,345 \end{aligned}$$

Pada hasil perhitungan $\exp[-\frac{1}{2} (y/\sigma_y)^2] = 0,345$ diperoleh nilai $(y/\sigma_y) = 1,46$.

2.7.9. Kenaikan Plume

Dalam banyak hal perlu dilakukan estimasi tinggi cerobong efektif H dalam menentukan tinggi plume. Jika plume dipengaruhi oleh turbulensi akibat tinggi cerobong atau gedung-gedung didekatnya, efluen akan bercampur secara cepat ke arah bawah (aerodynamic wash). Jika plume dikeluarkan bebas dari pengaruh daerah turbulensi, sejumlah faktor emisi dan meteorologi mempengaruhi kenaikan plume.

- a. Faktor-faktor emisi tersebut adalah 1). Kecepatan emisi cerobong bagian atas, (V_s), 2). Suhu emisi pada bagian atas cerobong (T_s), 3). Diameter cerobong bagian atas, (d).
- b. Faktor meteorologi yang mempengaruhi tinggi efektif emisi adalah 1). Kecepatan angin, (u), 2). Suhu udara, (T_a), 3). Perubahan kecepatan angin sebagai fungsi ketinggian, [du/dz], 4). Kestabilan atmosfer.

Kebanyakan persamaan yang digunakan untuk menghitung kenaikan plume didasarkan pada pendekatan semi empiris. Dalam hal ini akan diberikan dua persamaan, yaitu persamaan yang dikembangkan oleh Holland dan Briggs. Rumus persamaan dari Holland adalah sebagai berikut :

$$\Delta H = \frac{V_s d}{u} \left(1,5 + 2,68 \times 10^{-3} p \frac{T_s - T_a}{T_s} d \right) \dots\dots\dots (11)$$

Faktor keamanan (1,1 - 1,2) harus dikalikan pada nilai ΔH hasil persamaan tersebut untuk kondisi yang tidak stabil; sedangkan faktor keamanan (0,8 - 0,9) harus digunakan untuk kondisi stabil.

Briggs memperkenalkan persamaan kenaikan plume dengan membaginya dalam dua kategori; karena pengaruh buoyancy dan momentum. Model dari

Briggs digunakan oleh banyak program komputer dan tampil lebih baik untuk plume yang didominasi oleh termal.

Persamaan Briggs yang disarankan adalah :

$$\Delta H(x) = \frac{1,6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}}}{u} \dots\dots\dots(12).$$

untuk $x < 3,5 x^*$

$$\Delta H_{\max} = \frac{1,6 F^{\frac{1}{3}} x^{*\frac{2}{3}}}{u} \dots\dots\dots (13).$$

untuk $x > 3,5 x^*$

$$x^* = 14 F^{5/8}, \text{ jika } F < 55 \dots\dots\dots(14).$$

$$x^* = 34 F^{2/5}, \text{ jika } F \geq 55 \dots\dots\dots(15).$$

Adapun nilai Flux buoyancy, F, ditentukan oleh Briggs dengan menggunakan Rumus Persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{g Q_H}{\pi C_p \rho T} = 3,7 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{m}^4/\text{dt}}{\text{kal}/\text{dt}} \right] \dots\dots\dots(16).$$

dimana :

- ΔH : Kenaikan plume dari puncak cerobong, m;
- V_s : Kecepatan keluaran gas dari cerobong, m/dt;
- d : Diameter bagian dalam cerobong, m;
- u : Kecepatan angin, m/dt;

p	:	Tekanan atmosfer, mbar;
T _s	:	Suhu Gas Cerobong, K;
T _a	:	Suhu Udara, K;
		dan 2,68 x 10 ⁻³ merupakan konstanta dengan unit mb ⁻¹ .m ⁻¹ .
G	:	Gravitasi, m/dt ² ;
F	:	Flux [(m ⁴ /dt)/(kal/dt)];
Q _H	:	Panas kalor, kal/dt.

2.7.10. Cerobong Tinggi

Kembali ditampilkan disini persamaan konsentrasi garis-pusat plume pada permukaan tanah dapat dilihat pada Rumus Persamaan (3) adalah sebagai berikut :

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (3).$$

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa dengan variabel-variabel lainnya tetap, konsentrasi (χ) pada setiap jarak x akan turun dengan cepat pada kondisi H yang tinggi. Hubungan ini menyebabkan perlunya desain cerobong yang tinggi. Desain cerobong yang cukup tinggi bertujuan untuk melepas sejumlah polutan dalam semua kondisi meteorologi sedemikian rupa sehingga konsentrasi maksimum di permukaan tanah tidak melebihi kriteria yang ada. Tentunya cerobong yang terlalu tinggi membutuhkan dana yang sangat besar. Oleh karena itu diperlukan desain yang tepat.

Yang dimaksud dengan cerobong tinggi dalam hal ini kira-kira 2,5 kali tinggi gedung/bangunan tertinggi yang terdekat, mempunyai gas dengan buoyancy yang tinggi dengan kecepatan gas keluar > 1,5 kecepatan angin

rata-rata maksimal yang diperkirakan; menghasilkan kenaikan plume (ΔH) yang cukup dan terletak pada laju emisi panas yang besar.

2.7.11. Faktor Arah Angin

Jika tinggi emisi efektif sama untuk semua kondisi atmosfer maka konsentrasi tertinggi pada permukaan tanah dari suatu sumber tertentu akan terjadi pada angin yang terkecil. Walaupun demikian umumnya kondisi emisi sedemikian rupa sehingga tinggi efektif cerobong merupakan fungsi terbalik kecepatan angin (lihat rumus Holland atau Brigs). Konsentrasi tertinggi pada permukaan tanah terjadi pada kecepatan angin yang sedang dalam mana akan terjadi keseimbangan antara pengenceran karena kecepatan angin dan efek daripada tinggi emisi. Angin demikian disebut angin kritis dan akan berbeda untuk setiap dengan perbedaan stabilitas atmosfer.

Dalam menentukan kecepatan angin kritis, tinggi cerobong efektif sebagai fungsi kecepatan angin harus terlebih dahulu ditentukan, kemudian konsentrasi maksimum untuk masing-masing kecepatan angin dan stabilitas.

Rumus polinomial yang diberikan oleh Ranchoux (1976), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$(\chi u/Q)_{\max} = \exp [a + b \ln H + c (\ln H)^2 + d (\ln H)^3] \dots \dots \dots (17).$$

dimana a, b, c dan d adalah konstanta yang tergantung pada klas stabilitas seperti terlihat dalam tabel 6. Nilai H dalam unit meter dan $(\chi u/Q)_{\max}$ dalam m^{-2} .

Tabel : 6. Nilai Konstanta Untuk Rumus Persamaan Ranchoux

Stabilitas	Nilai Konstanta			
	A	b	c	d
A	-1,0563	-2,7153	0,1261	0
B	-1,8060	-2,1912	0,0389	0
C	-1,9748	-1,9980	0	0
D	-2,5302	-1,56103	-0,0934	0
E	-1,4496	-2,5910	0,2181	-0,0343
F	-1,0488	-3,2252	0,4977	-0,0765

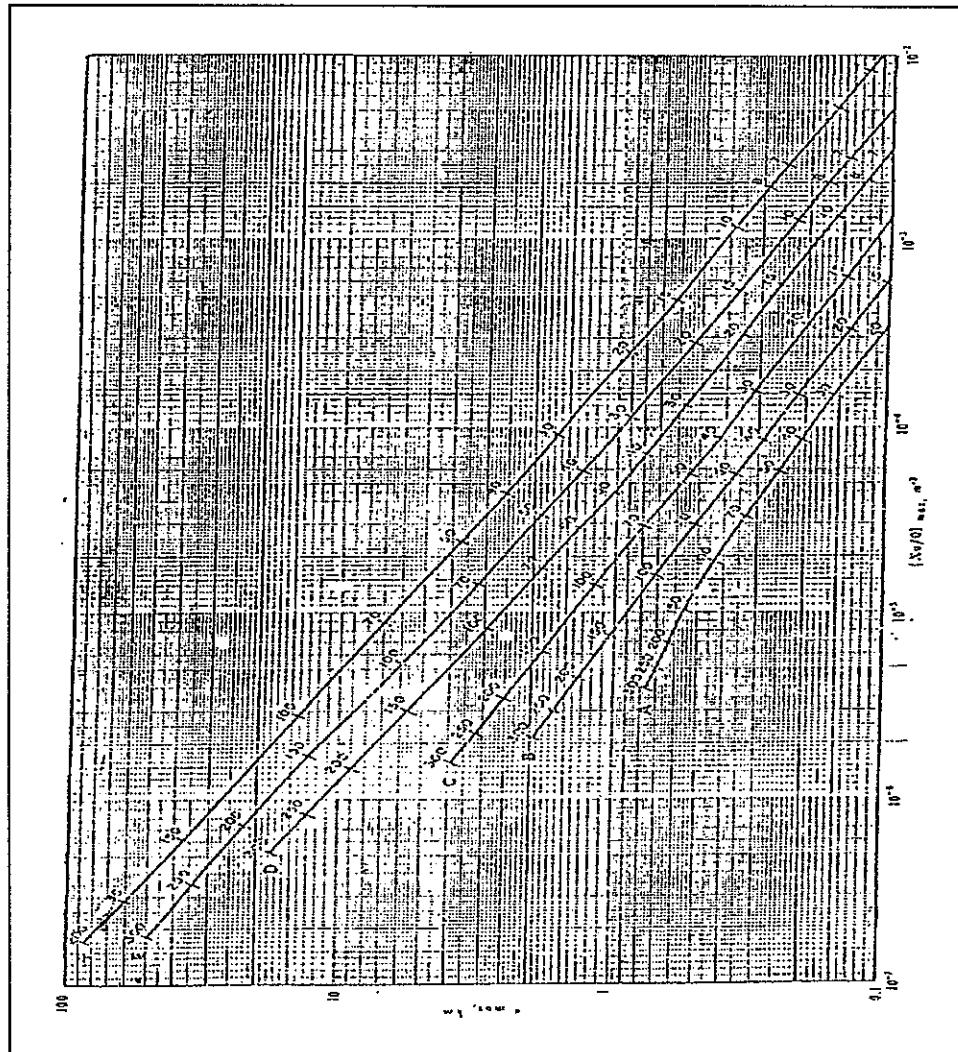
Sumber : Copper dan Alley,1986.

Tinggi cerobong efektif untuk berbagai nilai kecepatan angin dan stabilitas disajikan dalam Tabel : 7. Selanjutnya dengan tinggi cerobong (H), konsentrasi maksimum untuk masing-masing nilai kecepatan angin dan kategori stabilitas dapat ditentukan dengan nilai $(\chi u/Q)_{\max}$ sebagai fungsi h dalam stabilitas dan kemudian mengkalikan nilai ini dengan Q/u yang sesuai.

Tabel : 7. Tinggi Cerobong Efektif

U m/dt	Klas A		Klas B	
	$\Delta H, m$	$H + \Delta H, m$	$1,15 \Delta H, m$	$H + 1,15 \Delta H, m$
0,5	97,6	127,6	112,2	142,2
1	48,8	78,8	56,1	86,1
1,5	32,6	62,6	37,5	67,5
2	24,4	54,4	28,1	58,1
3	16,3	46,3	18,7	48,7
5	9,8	39,8	11,3	41,3
7	7,0	37,0	8	38,0
10	4,9	34,9		
20	2,4	32,4		

Sumber: Kursus Pengelolaan Kualitas Udara Serpong, 1998.



Gambar : 18. Jarak X_{\max} dan $(\chi u/Q)_{\max}$ fungsi stabilitas dan H.

Dalam penentuan harga $(H + \Delta H)$ berdasarkan $U=4,82$ m/det dapat ditentukan tinggi cerobong / Stack besarnya harga $\Delta H=10$ meter, sedangkan tinggi cerobong/stack PLTGU UJBI Tambak lorok Semarang tertinggi sebesar 100 meter . Jadi harga $(H + \Delta H) = 110$ meter.

2.7.12. Konsentrasi Dari Sumber Lebih Dari Satu Titik

Kadangkala untuk beberapa sumber emisi, besarnya konsentrasi di ambien dihitung dengan menganggap titik penerima sistem koordinat difusi. Geometri sumber dan penerima dapat diketahui lebih jelas posisinya jika digambarkan berlawanan arah angin dari penerima ke sumber, dan kemudian menentukan jarak tegak lurus arah angin dari masing-masing sumber.

Penentuan kondisi atmosfer (dalam hal ini arah angin, kecepatan angin dan stabilitas) kadang-kadang sangat sulit. Kondisi ini akan menghasilkan kombinasi konsentrasi maksimum dari dua atau lebih sumber. Mungkin salah satu cara pendekatan dalam penyelesaian masalah ini yaitu dengan menggambarkan isopleth konsentrasi dari berbagai kecepatan angin dan stabilitas, dan kemudian diatur untuk satu arah angin dulu.

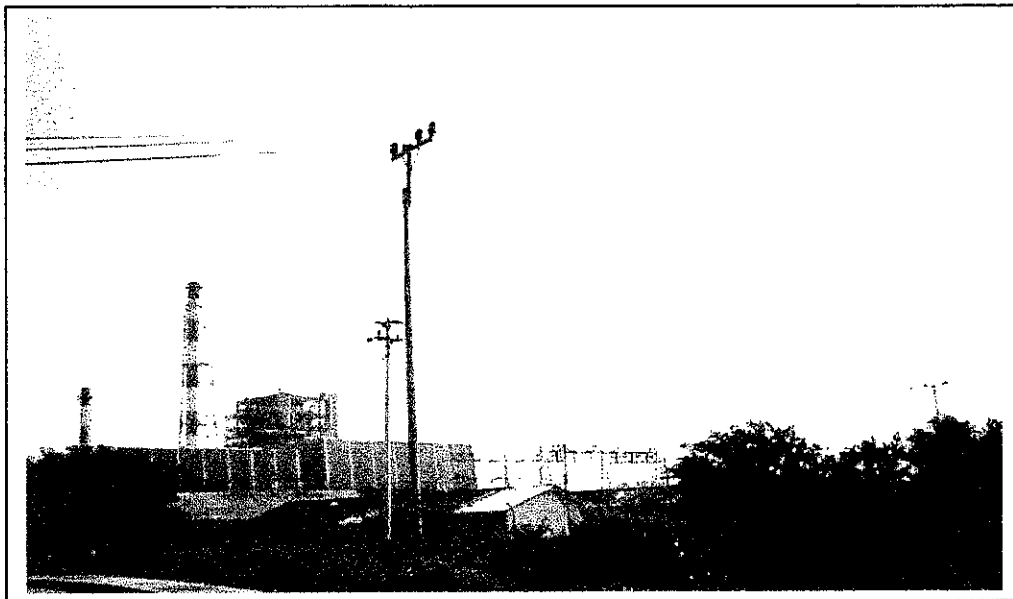
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Dan Waktu Penelitian.

3.1.1. Lokasi Penelitian Di Sekitar Sumber Pencemar Emisi Gas Buang PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang.

Lokasi pengambilan sampling kualitas udara ambien sesuai dengan ketentuan Documen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) PLTU dan PLTG UJB I Tambak lorok Semarang yaitu : 1) Daerah Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang (Lokasi I) merupakan jarak sumbu $X=300$ meter searah arah angin ; 2) Daerah Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang (Lokasi II) merupakan jarak sumbu $X = 700$ meter searah angin.



Gambar : 19. Lokasi Penilaian PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang,2002.

3.1.2. Emisi Gas Buang PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang

Dalam melakukan pengendalian pencemaran udara yang ditimbulkan akibat aktivitas yang ditimbulkan berupa emisi gas buang meliputi emisi gas buang dan ambien kualitas udara. Adapun alat sebagai sarana penunjang sebagai berikut :

3.1.2.1. Kualitas Udara Emisi Gas Buang Cerobong (Stack)

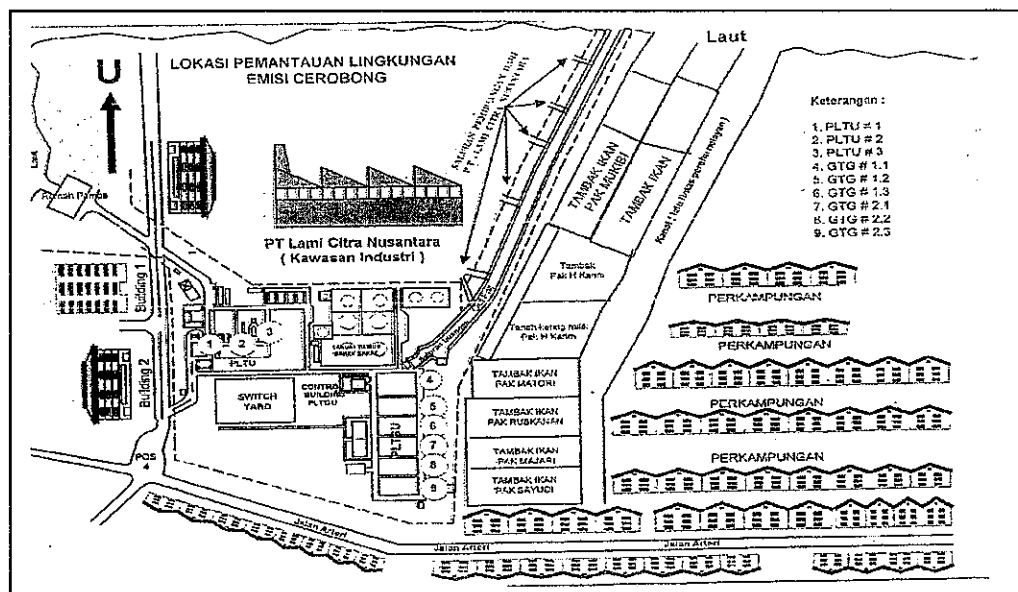
Gas buang emsi PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang terdiri dari 3 (tiga) cerobong PLTU, dan PLTGU ada 12 (dua belas) cerobong yang masing masing mengeluarkan emisi gas buang yang mana mempunyai tingkat pencemaran udara yang serius.

Kondisi saat bulan Agustus 2002 kondisi udara sangat cerah dan tidak ada curah hujan arah angin dominan dari ke timur dan tenggaran dengan kecepatan antara 2,48 sampai dengan 4,82 m/det, suhu udara berkisar antara 28,5 sampai dengan 28,9 °C. (Stasiun Maritim Semarang, Agustus 2002). Adapun kondisi secara fisik dari masing-masing cerobong asap (Stack) . Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel:8.

Tabel : 8. Kondisi fisik cerobong asap (stack) PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang.

No	Nama Cerobong	Tinggi Cerobong (meter)	Diameter (meter)	Lubang Sampel (Cm)
1.	PLTU 1	40,8	2,3	2,5
2.	PLTU 2	40,8	2,3	2,5
3.	PLTU 3	100	4,3	2,5
1.	PLTG 1.1	30	3,0	2,5
2.	PLTG 1.2	30	3,0	2,5
3.	PLTG 1.3	30	3,0	2,5
4.	PLTG 2.1	30	3,0	2,5
5.	PLTG 2.2	30	3,0	2,5
6.	PLTG 2.3	30	3,0	2,5

Sumber Data : PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang, 2002.



Gambar :20. Lokasi Pengambilan Emisi Cerobong Gas Buang PLTGU UJB I Tambak Lorok Semarang, 2002.

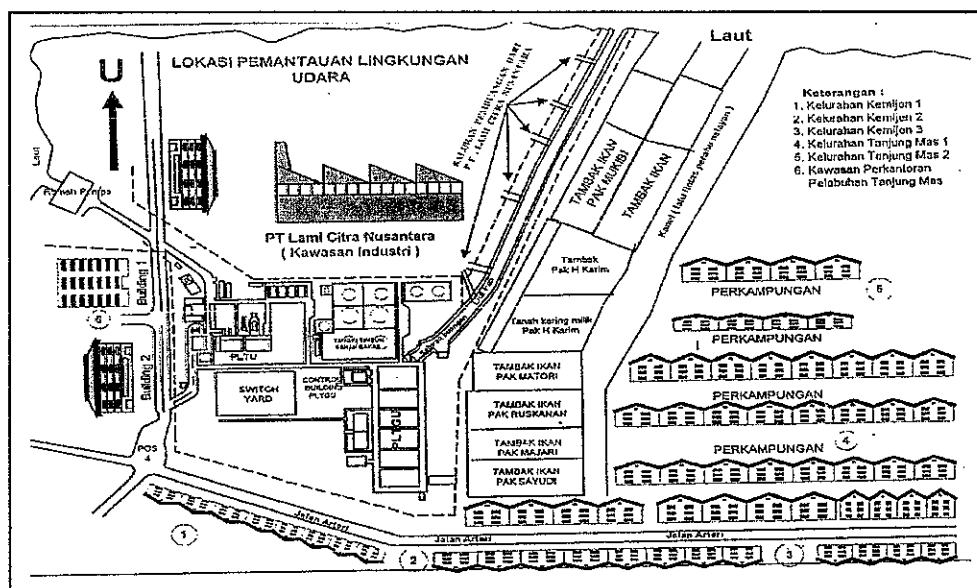
3.1.2.2. Kualitas Udara Emisi Gas Buang Ambien

Dalam rangka untuk melakukan pemantauan kualitas udara ambien yang kemungkinan terjadi disekitar lokasi kegiatan Pembangkit listrik UJB I Tambak lorok Semarang, dilakukan pemantauan secara periodik sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu dapat dilihat dalam Tabel 9.

Tabel : 9. Lokasi titik pemantauan kualitas udara ambien.

No.Stasiun	Lokasi	Keterangan
1.	Kelurahan Kemijen 1	300 meter
2.	Kelurahan Kemijen 2	300 meter
3.	Kelurahan Kemijen 3	700 meter
4.	Kelurahan Tanjung Mas 1	300 meter
5.	Kelurahan Tanjung Mas 2	300 meter
6.	Kawasan Perkantoran Pelabuhan Tanjung Mas	300 meter

Sumber Data : PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang, 2002.



Gambar :21. Lokasi Pengambilan Kualitas Lingkungan Ambien PLTGU UJB I Tambak Lorok Semarang, 2002.

3.1.3. Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan studi kasus dimana dalam studi kasus ini penelitian dilakukan pada suatu daerah tertentu, rentang waktu tertentu, dan hasil yang didapat tidak dapat diterapkan pada tempat dan kondisi yang lain (*rechecking data*), waktu penelitian tepatnya pada tanggal 19 dan 20 bulan Agustus 2002.

3.2. Variabel penelitian

3.2.1 Variabel yang diambil adalah SO₂ dan Partikel Debu (PM₁₀)

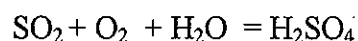
Dalam penelitian ini diambil suatu parameter sebagai standart kualitas lingkungan udara ambien di suatu kegiatan industri yaitu Nitrogen dioksida (NO₂), Carbon dioksida (CO₂), Hidro Carbon (HC), Ozon (O₃), Sulfur dioksida (SO₂) dan Partikel Debu (Partikulat < 10 µm / PM₁₀).Penyelesaian kasus pencemaran udara di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang diambil parameter Sulfur Dioksida (SO₂) dan Partikel Debu (Partikulat < 10 µm / PM₁₀), ini menurut perkiraan ilmuwan Perkins,1974 yang paling dominan. Parameter Sulfur Dioksida (SO₂) dan Partikel Debu (Partikulat < 10 µm / PM₁₀) ini pada kondisi di udara bebas sangat bersifat korosip dan dapat menyebabkan penurunan kualitas udara lingkungan khususnya kualitas udara diantaranya menjadikan hujan asam dan erosol yang bernuansa suasana asam.

3.2.2 Parameter Sulfur dioksida (SO₂)

Senyawa ini dapat dihasilkan dari reaksi fotokimia, fotokimia dan reaksi kimia karena adanya oksida nitrogen ataupun hidrokarbon, reaksi kimia dalam air hujan yang mengandung garam logam dan amonia, atau reaksi pada permukaan partikulat di atmosfer. Oksida sulfur yang mengabsorpsi radiasi sinar matahari pada daerah panjang gelombang cahaya 300-400 nm, sebagian akan menghasilkan tereksitasi.



Jika terkena sinar matahari, pada konsentrasi 5 – 30 ppm dan kelembabannya 32-90% akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Yang mana reaksi ini dipercepat dengan adanya Hidrocarbon dan Oksida nitrogen, sebagai komponen kunci pada asap fotokimia (*photochemical smog*). Secara radikal ikatan bebas Hidro Oksigen yang terdapat dalam asap fotokimia ini juga akan memberikan andil teroksidasinya SO₂ menjadi sulfat (Agus Hadiyanto, 2002).

. Keberadaan SO₂ atau Sulfur Dioksida di udara merupakan gas yang tidak berwarna, di udara bebas gas SO₂ dengan konsentrasi 0,3 s/d 1,0 ppm akan kontak dengan Oksigen (O₂), akan membentuk SO₄ , jadi keberadaan di udara terdapat gas SO₂ dan SO₄ yang kedua – duanya di sebut dengan SO₂. Gas SO₂ mempunyai ciri khas yang berbau tajam, dan tidak bisa terbakar diudara. Dalam keadaan yang mempunyai kelembaban udara tinggi dapat

membentuk asam sulfat (H_2SO_4) yang mana mempunyai sifat sangat korosif pada berbagai logam (Basuki Harjoyo, 1995).

Jenis polusi pencemaran udara yang pertama kali adalah senyawa belerang (SO_2 dan SO_4) ini merupakan senyawa yang berasal dari emisi pembakaran batu bara dan bahan bakar (*gasoline*) ini mengandung belerang tinggi. Jenis kedua polusi pencemar udara tersebut yang timbul karena penggunaan bahan bakar outomobil. Jenis polusi pencemaran udara ini, sekarang telah menyebar ke seluruh kota metropolitan di dunia juga di Indonesia khususnya kota Semarang, karena penggunaan automobil yang padat (Indro sumantri, 2000)

Oksida sulfur berupa Sulfur Dioksida (SO_2) disebabkan oleh pembakaran unsur belerang atau bahan – bahan yang mengandung belerang atau sulfur . Sumber utamanya adalah industri Pusat Listrik yang menggunakan bahan bakar fosil. Oksida Sulfur yang utama berupa SO_2 , namun sebagian SO_3 juga terbentuk di dal tungku pembakaran. Selanjutnya SO_2 dan SO_4 dapat membentuk asam, bila terhidrolisa dengan air, lalu akan menjadi asam dan asam tersebut mempunyai kemampuan yang tinggi untuk merusak lingkungan (Idris Maxdoni, 1998).

Efek sulfur dioksida terhadap kesehatan dan lingkungan yaitu mengganggu saluran pernapasan dan menyebabkan iritasi. Efeknya terhadap tanaman bisa mematikan jaringan daun (*necrosis*). Efek krinis pada tanaman menyebabkan terjadinya klorosis yaitu perubahan bentuk warna daun yang hijau menjadi kuning atau putih, karena disebabkan kehilangan atau kerusakan klorofil (Duffus, 2000).

3.2.3 Alat dan Metode Penggunaan Alat

3.2.3.1 Alat Yang Digunakan “ *Pararosanilline – spectrofotometri* “.

3.2.3.2 Metode Penggunaan Alat

Metode *Pararosanilline – spectrofotometri* yaitu Pengukuran parameter SO₂ yang diambil dari udara diserap oleh larutan Kalium Tetra Cloromercurate (sebagai absorben) dengan menggunakan laju alir /atau flow rate 1 liter/menit. SO₂ akan bereaksi dengan Kalium Tetra Cloromercurate membentuk senyawa kompleks diklorosulfitomercurate. Dengan penambahan parasaniline dan formaldehyde akan membentuk senyawa parasaniline metil sulfonat yang berwarna ungu kemerahan dan mempunyai Insentsitas warna diukur dengan menggunakan alat Spectrometer pada panjang gelombang 548 nm.

3.2.3.3 Alat Yang Digunakan “ Analixer SO₂ (APSA 360)

3.2.3.4 Metode Penggunaan Alat

Metode *Flourscence* yaitu pengukuran pada saat sinar ultra violet dengan panjang gelombang 220 nm (nano meter) meradiasi suatu sampel , maka SO₂ akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda (yaitu antara 240 s/d 420 nm dengan puncak panjang gelombang 320 nm) dari cahaya yang meradiasi sinar Ultra Violet tersebut cahaya eksitasi dan cahaya yang dipancarkan disebut *Flourscence*. Metode untuk melakukan pengukuran konsentrasi SO₂ dengan menggunakan Intensitas *Flourscence* ini disebut Metode *Flourscence* .

Dimana *Flourscence* akan memancarkan sinar ke semua arah, dan dalam proses normal yang untuk membedakannya dari cahaya eksistensi dengan

cahaya *Flourescence* bisa di deteksi dari arah sudut 90° terhadap arah sinar Ultra Violet.

3.2.4. Parameter Partikel Debu (Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ / PM_{10})

Pencemaran udara yaitu adanya satu atau lebih cemaran atau kontaminan diatmosfer dimana jumlah dan atau karakteristiknya selama berada di atmosfer dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan dan kesejahteraan masyarakat maupun proses lingkungan akami. Partikulat atau sering disebut aerosol yang merupakan bahan organik atau anorganik padatan atau cairan yang tersuspensi diatmosfer sebagai akibat emisi gas buang dari sumber pencemar. Cemaran partikulat merupakan cemaran primer (Sumarno, 2001).

Partikulat dalam pencemaran udara dapat digunakan untuk menyatakan keberadaan partikel debu dalam bentuk solid atau liquid dengan diameter antara $> 0,0002 \mu$ dan $<$ dari 500μ . Sifat dan perilaku dari partikulat di atmosfer selalu berhubungan erat dengan ukuran diameter partikel, seperti waktu tinggal partikulat di atmosfer sangat tergantung pada berat jenis. Pada umumnya waktu tinggal partikulat di atmosfer dapat berkisar antara orde detik sampai dengan bulan. Semakin kecil diameter lama waktu tinggal di atmosfer. Partikulat dengan diameter $0,1 \mu$ s/d 1μ mempunyai waktu tinggal dalam orde bulan. Untuk yang lebih besar dari 1μ mempunyai kecepatan waktu endapan yang berarti tetapi masih kecil bila dibandingkan dengan ukuran 20μ .

Efek umum dari partikulat $< 10 \mu\text{m}$ adalah adanya gangguan daya pandang (visibilitas), karena kemampuan partikulat di atmosfer menghalangi sinar matahari, sehingga mengurangi jarak pandang. Untuk konsentrasi partikulat dari $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan diameter dominan $0,2 \mu$ s/d 10μ , akan menyebabkan jarak pandang terbatas pada jarak 5 mill. Efek partikulat dengan ukuran konsentrasinya $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ terhadap material adalah terjadinya korosif terhadap material yang terbuat dari logam atau bahan bangunan. Efek partikulat tersebut menjadi sinergis jika ada sulfur dioksida dan kelembaban. Efek partikulat tersebut adalah mengganggu proses fotositesa tanaman, karena sebagian permukaan daun tertutup partikulat. Sedangkan efek partikulat terhadap kesehatan masyarakat dapat menyebabkan kematian pada konsentrasi diatas $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang bersama sama dengan konsentrasi SO_2 lebih besar dari $715 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bersama – sama dengan konsentrasi SO_2 menyebabkan gangguan pernapasan yaitu penyakit saluran pernapasan (ISPA) (Duffus, 2000).

3.2.5. Alat Dan Metode Penggunaan Alat

3.2.5.1 Alat yang digunakan “*High Volume Sampling*”.

3.2.5.2 Metode Penggunaan Alat

Metode *High Volume Sampling* yaitu Udara dari luar dihisap dengan menggunakan pompa hisap dengan menggunakan *flow rate* 40 s/d 60 cfm, maka *Suspended Particulate Matter* (SPM / Debu) dengan Ukuran partikelnya $< 10 \mu\text{m}$ (mikron meter) akan terhisap dan pada permukaan

filter microfiber dengan porositas $< 0,3 \mu$ (mikron). SPM yang tertahan di permukaan filter ditimbang secara gravimetrik, sedangkan volume udaranya dapat dihitung berdasarkan waktu keadaan sampling dan *flow rate*.

3.2.5.3 Alat yang digunakan “ *Analizer PM₁₀ (Partikulat FH62-1)* ”.

3.2.5.4 Metode Penggunaan Alat

Instrumen Partikulat FH 62-1 yang berasal dari *Air Quality Management System (AQMS)* bantuan Pemerintah Austria adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengukur emisi partikel debu dengan menggunakan radiometrik dengan Metode Kompensasi sensor elektronik, untuk penentuan massa secara terus menerus / kontinyu dari sampel udara yang mengandung partikel debu yang melekat pada filter diukur konsentrasi debu dapat dihitung dari kecepatan pertambahan massa dan kecepatan aliran udara pada saat itu. Rentang pengukuran dari 0μ s/d $5.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan / atau 0μ s/d $10.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

3.3. Pengambilan Data Dilakukan Dengan 2 (dua) Cara

a. Pengambilan data primer :

Didalam pengambilan data digunakan pengambilan sampel dilokasi sesuai dengan ketentuan yang berlaku :

- Jenis data meliputi : data kualitas udara ambien. Sedangkan untuk perhitungan Model Gaussian menggunakan persamaan (3) adalah sebagai berikut :

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (3)$$

- Cara mendapatkan data adalah dengan mengukur langsung dilapangan dengan menggunakan 1).Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan Higeine Propinsi Jawa Tengah. 2).Mobil Stasiun Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah.

Tabel : 10. Cara Mendapatkan Data Primer

No	Jenis	Cara mendapatkan
•	Pengukuran sampel kualitas udara ambien	1. Diukur dan dianalisa oleh Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes Propinsi Jawa Tengah 2. Mobil Stasiun Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah.

b. Pengambilan Data Sekunder

Didalam pengambilan data sekunder ini dilakukan secara seris dari pelaporan PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang ;

- Jenis data meliputi data kualitas udara ambien, serta data klimatologi.
- Cara perolehan data dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel : 11. Cara Mendapatkan Data Sekunder

No	Jenis Data	Cara mendapatkan
1	Data kualitas udara ambien	Bappedal Propinsi Jawa Tengah Laporan kegiatan Subbidang Pengendalian Pencemaran Udara.
2	Data kualitas udara ambien	Program Langit Biru Bappedal Propinsi Jawa Tengah Laporan kegiatan Subbidang Pengendalian Pencemaran Udara.
3	Data Klimatologi	Badan Meteorologi & Geofisika Semarang.

3.4. Analisis Data

Dalam penelitian ini didapat hasil data primer yang mana dari hasil Data Perhitungan Model dan Data Pengujian / Data Lapangan, dari hasil tersebut perlu dilakukan verifikasi model yang merupakan perbandingan secara statistik hasil simulasi dengan menggunakan himpunan ke 2 (dua) data Pengujian / Data Lapangan.

Langkah pengujian dengan menentukan H_0 (Hipotesa Nol) dan H_a (Hipotesa tandingan) adalah sebagai berikut : 1) H_0 merupakan ketentuan ada pengaruh antara data model perhitungan dengan data pengujian / pengukuran ; 2) H_a merupakan ketentuan tidak ada pengaruh antara data model perhitungan dengan data pengujian / pengukuran.

Dimana kriteria kinerja model adalah merupakan hasil rata-rata kwadrat simpangan dari residu (beda antara Data Pengujian / Data Lapangan dengan Hasil Perhitungan Model). Sumarno, 2003.

BAB IV

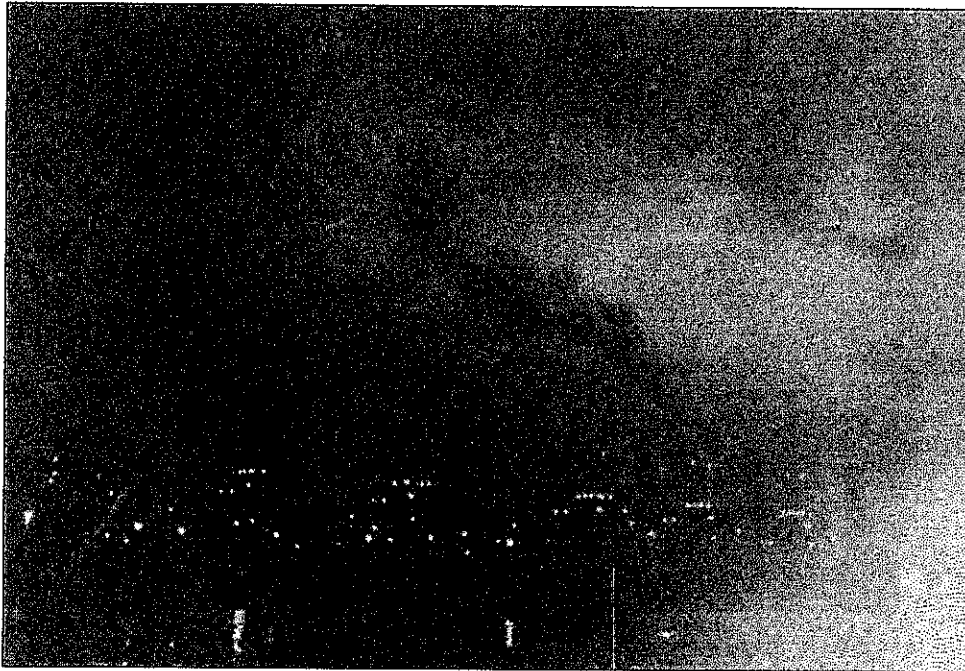
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Daerah Penelitian Secara Umum.

Dalam pengendalian pencemaran udara yang berlaku di lingkungan Propinsi Jawa Tengah mengacu pada Documen AMDAL dan Peraturan Daerah yang sesuai dengan Keputusan Gubernur Nomor 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara ambien di Propinsi Jawa Tengah, juga Spesifikasi Bahan Baku yang dipakai oleh PLTGU UJB I Tambaklorok Semarang sebagaimana terlampir dalam Lampiran 1.



Gambar : 22. Kondisi saat PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang malam hari tanggal 19 Agustus 2002.



Gambar : 23. Kondisi sore hari PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang, tanggal 20 Agustus 2002.

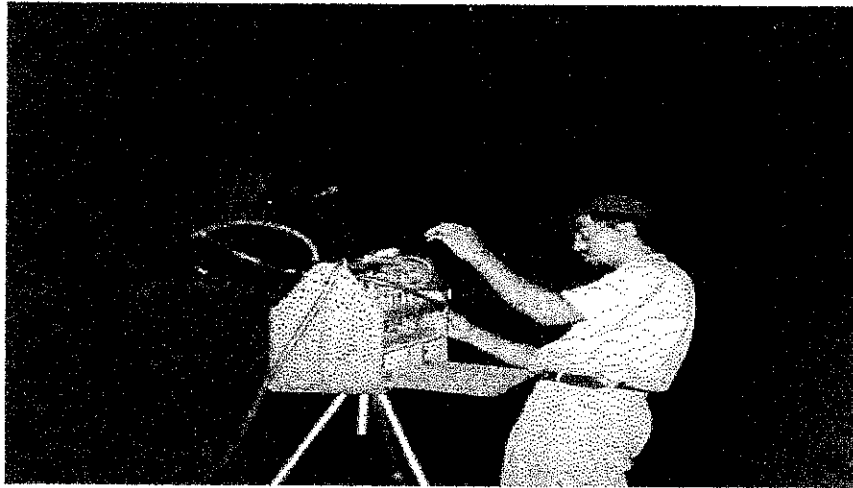
4.2. Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada lokasi dekat dengan daerah pemantauan kualitas udara ambien berdasarkan jarak yaitu sejauh 300 (tiga ratus) meter dan 700 (tujuh ratus) meter searah sumbu X, sumbu Y dan $Z = 0$ searah arah angin (Doc. AMDAL,1994).

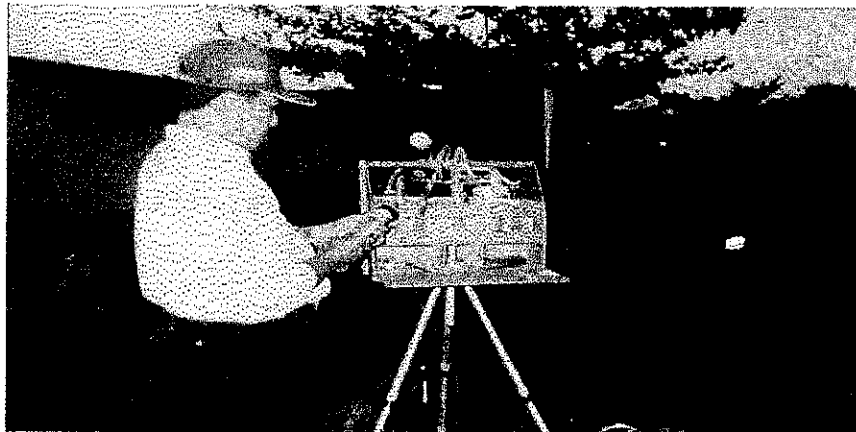
4.2.1. Lokasi I Terletak di Kelurahan Kemijen RT.01 / RW.IV Kota Semarang, Berjarak 300 meter (Kemijen II)

Lokasi I (satu) merupakan daerah yang terletak sesuai dengan arah angin, dengan jarak pemantauan kualitas udara ambien di sekitar lokasi kegiatan. Dengan kondisi sesuai dengan di lapangan pada bulan ini posisi arah angin dominan ketenggara, dengan kecepatan angin sebesar 4,82 m/det (di ambil sebagai

data primer) dan Data dari BMG Stasiun Maritim Semarang dengan jarak 300 (tiga ratus) meter.



Gambar : 24. Lokasi I malam hari Pengambilan Triwulan III.



Gambar : 25. Lokasi I siang hari Pengambilan sampel Triwulan III

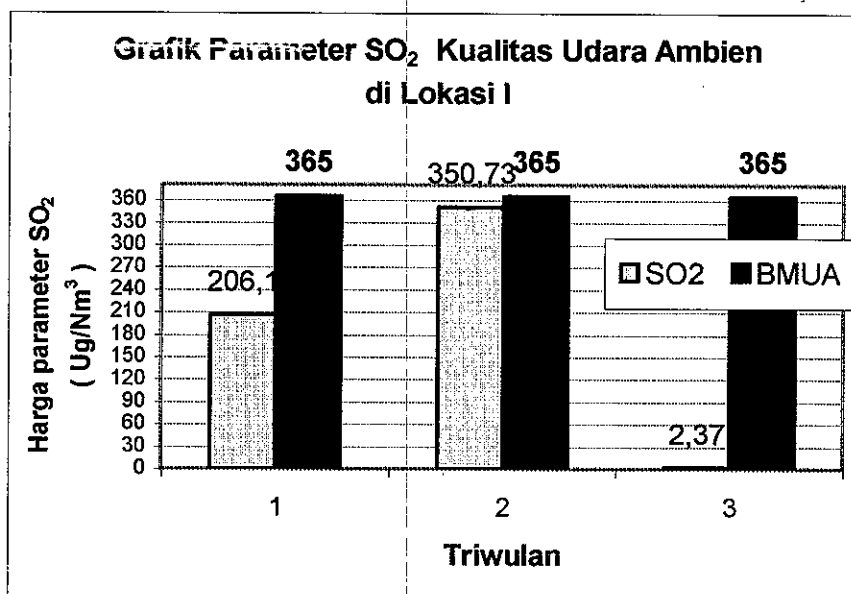
Berdasarkan hasil pematuan secara berkala yang dilakukan oleh PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang yang bekerja sama dengan Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes Propinsi Jawa Tengah, yang berhasil dirangkum sebagai berikut :

Tabel : 12. Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien
Kelurahan Kemijen RT.01 / RW.IV Kota
Semarang (Kemijen II).

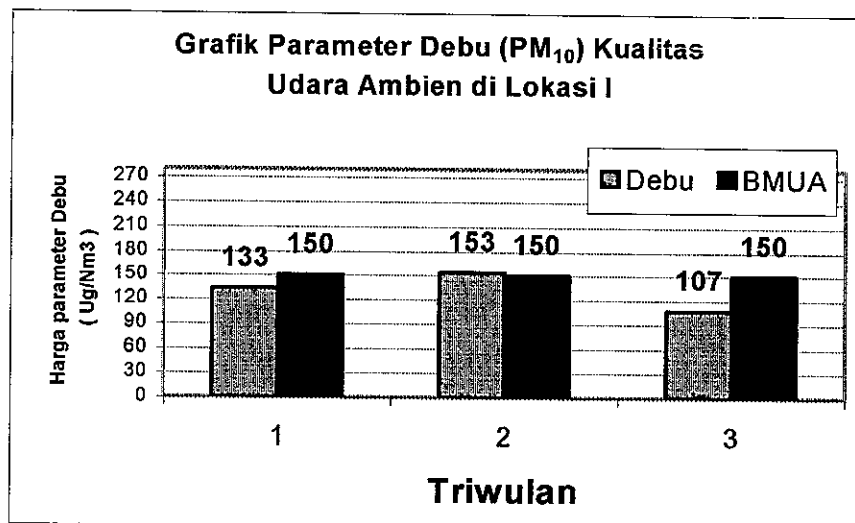
No	Parameter	TRIWULAN		
		I ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	II ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	III ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
1	Sulfur dioksida (SO_2)	206,61	350,73	3,37
2	Partikel Debu (PM_{10})	138,09	153,46	106,82

Sumber : Bappedal Prop. Jateng Tahun 2002.

Dari hasil pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang selama tahun 2002 ini dapat digambarkan / di ilustrasikan dengan grafik hystogram sebagai mana terlihat dibawah ini :



Ilustrasi : 1. Grafik Parameter SO_2 Kualitas Udara Ambien di Lokasi I



Ilustrasi : 2. Grafik Parameter Debu (PM₁₀) Kualitas Udara Ambien di Lokasi I

Ilustrasi grafik Parameter Sulfur Dioksida (SO₂) dan Parameter Debu (PM₁₀) Kualitas Udara Ambien lokasi I yang tersebut diatas masih dibawah ambang batas Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yang dipersyaratkan sesuai dengan SK.Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Propinsi Jawa Tengah.Kecuali untuk parameter Debu (PM₁₀). Dari hasil pemantauan kualitas udara ambien yang telah dilakukan oleh PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang pada triwulan II telah menunjukkan diatas ambang batas yang diperuntukannya yaitu $153 > 150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Jadi hasilnya terjadi pencemaran udara di sekitar lokasi I, maka perlu dicari penyebabnya yaitu karena kondisi fisik dilingkungan lokasi pengambilan sampel / contoh kualitas udara ambien terlihat adanya faktor eksternal yang berupa kondisi fisik banyak debu, adanya transportasi lalu lintas yang menyebabkan debu jalan terangkat ke atas dari akibat semburan kenalpot, yang berupa hasil emisi gas buang sisa dari pembakaran bahan bakar minyak kendaraan bermotor berdasarkan hasil uji kendaraan bermotor yang pernah dilakukan oleh PT. Sawu Indonesia dan Pertamina Jakarta menyatakan bahwa salah satu

kontribusi pencemaran udara yang paling banyak pemakai jalan raya. Oleh sebab itu Lokasi I ini adanya faktor external yang kontribusinya paling dominan .

4.2.2. Lokasi II Terletak di Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang, Berjarak 700 meter (Kemijen III)

Lokasi II (dua) juga hampir sama dengan Lokasi I (satu) tetapi jarak yang ditentukan sejauh 700 (tujuh ratus) meter dan merupakan daerah yang terletak sesuai dengan arah angin, dengan jarak pemantauan kualitas udara ambien di sekitar lokasi kegiatan sebagai sumber polusi udara. Dengan kondisi sesuai dengan di lapangan pada bulan Agustus 2002 ini posisi arah angin dominan ketenggara, dengan kecepatan angin sebesar 4,82 m/det (diambil sebagai data primer) dan Data dari BMG Stasiun Maritim Semarang dan Pengukuran langsung dilapangan.

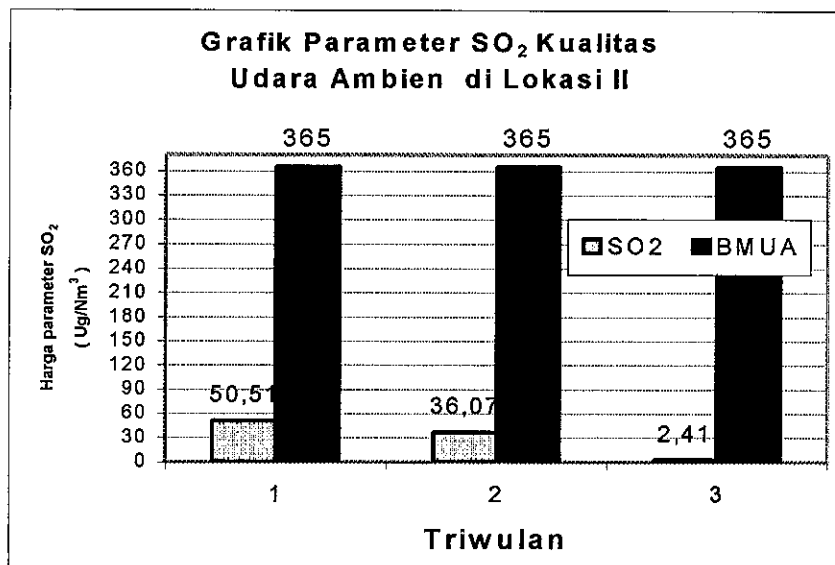
Berdasarkan hasil pematuan secara berkala yang dilakukan oleh PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang yang bekerja sama dengan Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes Propinsi Jawa Tengah, yang berhasil dirangkum dan ditungakan dalam laporan triwulanan yang dikirimkan diantaranya pada Kantor Badan Pengelolaan dan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bappedal) Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

Tabel : 13. Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien
Kelurahan Kemijen Kota Semarang RT.07 /
RW. V Kota Semarang (Kemijen III).

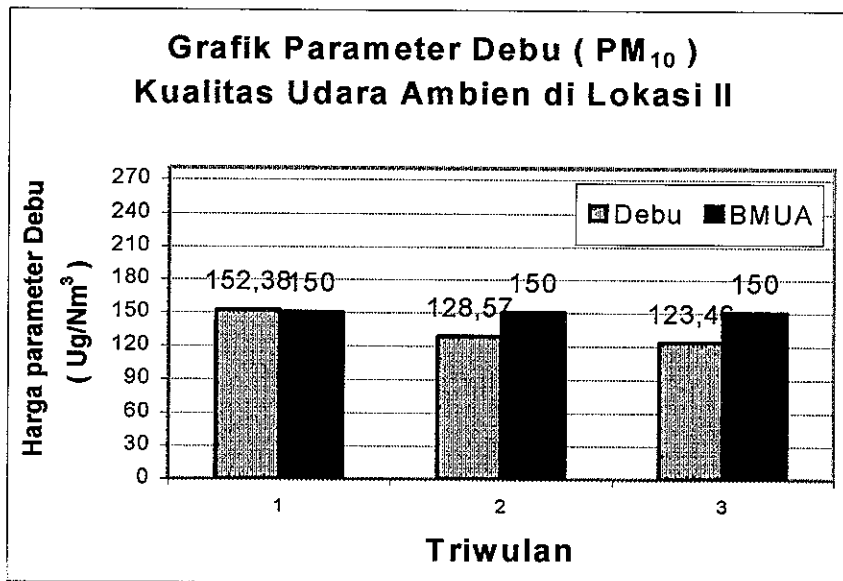
No	Parameter	TRIWULAN		
		I ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	II ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	III ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
1	Sulfur dioksida (SO_2)	50,51	36,07	2,41
2	Partikel Debu (PM_{10})	152,38	128,57	123,46

Sumber : Bappedal Prop. Jateng Tahun 2002.

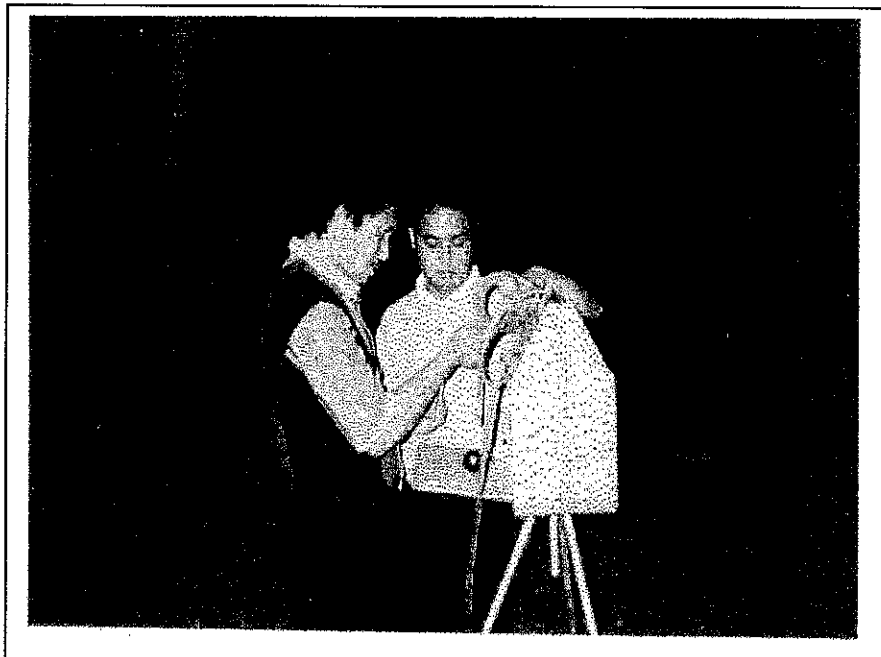
Dari hasil pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang selama tahun 2002 ini dapat digambarkan / di ilustrasikan dengan grafik hystogram sebagai mana terlihat dibawah ini :



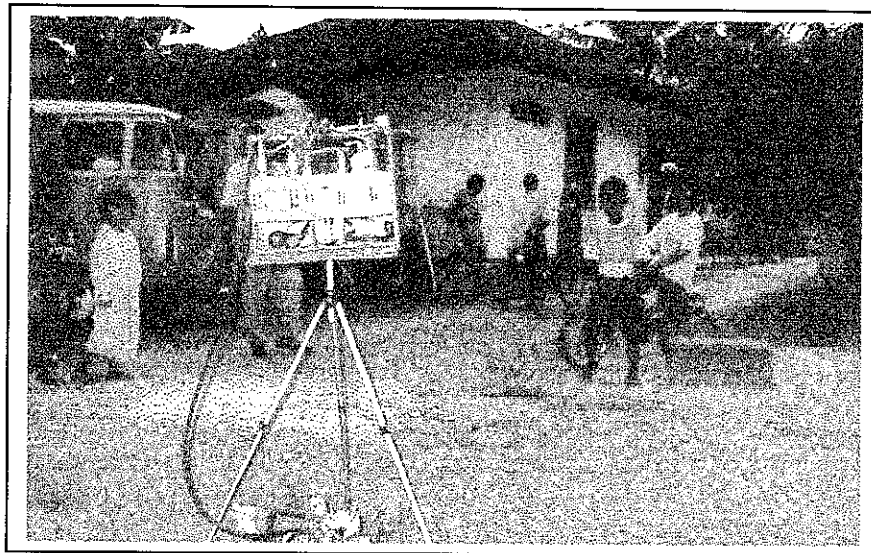
Ilustrasi : 3. Grafik Parameter SO_2 Kualitas Udara Ambien di Lokasi II



Ilustrasi : 4. Grafik Parameter Debu (PM_{10}) Kualitas Udara Ambien di Lokasi II



Gambar : 26 Lokasi II Malam hari Pengambilan Sampel Triwulan III (Kemijen III).



Gambar : 27. Lokasi II Sore hari Pengambilan Sampel Triwulan III (Kemijen III).

Dari hasil pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang selama tahun 2002 yang telah dihimpun dan dikumpulkan tiap triwulan pada kondisi di lokasi II (dua) pada titik pemantauan sejauh 700 meter searah angin yang dominan ke Tenggara pada musim barat maupun musim timur dengan hasil tidak melebihi ambang batas yang diperuntukkannya yaitu SO_2 maupun Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Partikel Debu / PM_{10}).

4.3. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami laksanakan pada tanggal 19 s/d 20 Agustus 2002 dengan hasil sebagai berikut:

Sebelum dilakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan (3) Model Gaussian, maka perlu sekali didalam memperkirakan berapa besarnya polutan yang dihasilkan oleh suatu kegiatan. Sebagai bahan baku utama seperti halnya penggunaan Solar / HSD dan IDO / MFO , maka pasti akan mengeluarkan polutan / polusi udara menurut literatur dapat

dituliskan seperti dibawah ini. Menurut Perkins, 1974 dan Wayne T. Dawis and Arifit Pakrasi, 1974 " From Combustion - Fossil Power System ". J.G Singer, Ed ; Published by combustion Enginnering.Inc perkiraan besarnya Emisi Gas Buang Partikulat SO₂ dan PM₁₀ dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel : 14. dan 15. dinyatakan dari hasil sisa pembakaran SO₂ sebesar 1 s/d 5% dan SO₃ sebesar 1 s/d 3 %.

Tabel : 14. Perkiraan Besarnya Emisi Partikulat <10 µm (Partikulat Debu / PM₁₀) dari Berbagai Sumber (Perkins,1974).

No	Sumber	Prosentase (%) Wt
1	Transportasi	4,3
	• Kendaraan bermotor	2,8
	- Bensin	1,8
	- Diesel	1,0
	• Pesawat terbang	Da
	• Kereta api	0,7
	• Kapal laut	0,4
	• Motor bakar tidak untuk jalan raya	0,4
2	Pembakaran bahan bakar sumber tetap	31,4
	• Batubara	29,0
	• Bahan bakar minyak	1,0
	• Gas alam	0,7
	• Kayu	0,7
3	Proses Industri	26,5
4	Pembuangan sampah	3,9
5	Lainnya	33,9
	• Kebakaran hutan	23,7
	• Kebakaran bangunan	0,4
	• Pembakaran sisa batu bara	1,4
	• Pembakaran dipertanian	8,4
	Total	100,0

Keterangan Da = dapat diabaikan.

Sumber : Kursus Pengelolaan Kualitas Udara, Serpong 1998.

Tabel : 15. Perkiraan Besarnya Emisi Sulfur Dioksida (SO₂) dari Berbagai Sumber (Perkins,1974).

No	Sumber	Prosentase (%) Wt.
1	Transportasi	2,4
	• Kendaraan bermotor	0,9
	- Bensin	0,6
	- Diesel	0,3
	• Pesawat terbang	Da
	• Kereta api	0,3
	• Kapal laut	0,9
	• Motor bakar tidak untuk jalan raya	0,3
2	Pembakaran bahan bakar sumber tetap	73,5
	• Batubara	70,5
	• Bahan bakar distalasi	1,2
	• Bahan bakar sisa (residu)	1,8
	• Gas alam	Da
	• Kayu	Da
3	Proses Industri	22,0
4	Pembuangan sampah	0,3
5	Lainnya	1,8
	• Kebakaran hutan	Da
	• Pembakaran sisa batu bara	1,8
	Total	100,0

Keterangan Da = dapat diabaikan.

Sumber : Kursus Pengelolaan Kualitas Udara, Serpong 1998.

4.4. Perhitungan Besarnya Emisi Gas Buang Sebagai Akibat Kegiatan PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang

Berdasarkan keadaan kondisi dilapangan dan hasil penelitian secara langsung dapat diperhitungkan besarnya polutan yang terdapat di sekitar lokasi penelitian.

Dalam perhitungan digunakan standart Pertamina dalam spesifikasi bahan bakar dari Solar / HSD dan IDO/ MFO / Minyak bakar terlampir dalam Lampiran 1.

Berdasarkan prediksi Model Gaussian konsentrasi gas buang pencemar yang dikeluarkan oleh kegiatan industri bisa diperkirakan untuk jarak sejauh 300 meter dan 700 meter searah sumbu X.

- **Rumus persamaan untuk konsentrasi pada garis-pusat plume ($y=0$) dan pada permukaan tanah ($z=0$), maka persamaan menjadi:**

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

$\chi(x,y,z,H)$ = Konsentrasi steady-state pada titik (x,y,z) dan tinggi H, g/m³,

Q = Laju emisi, g/detik,

u = Kecepatan angin rata-rata pada tinggi cerobong, m/detik,

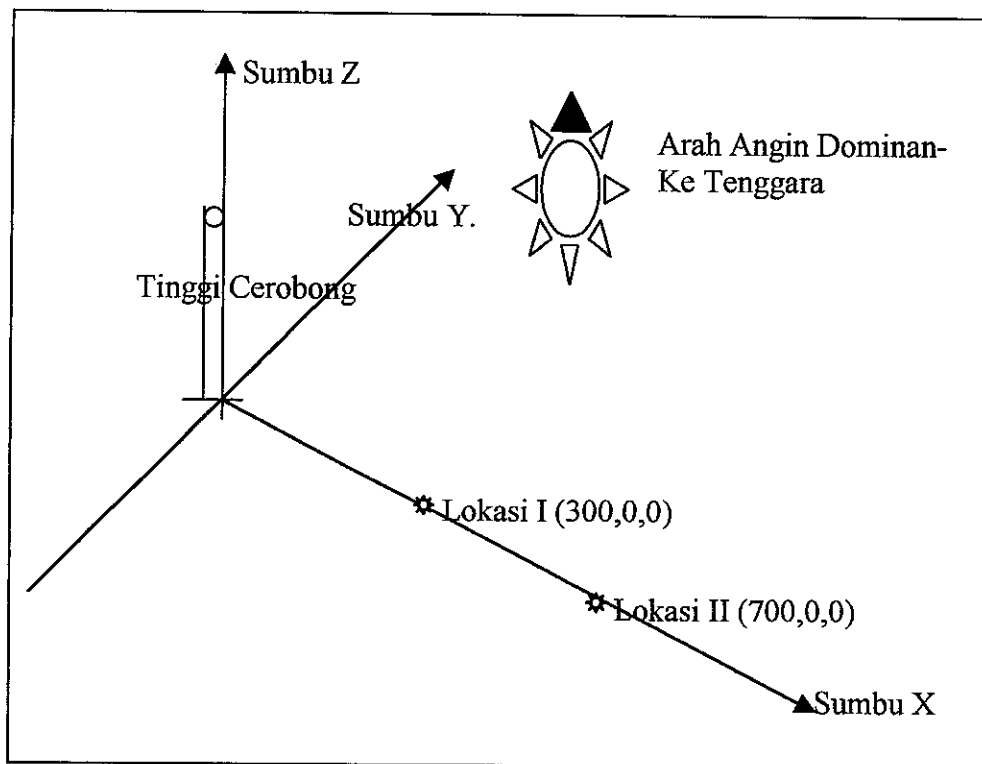
σ_y, σ_z = Parameter penyebaran arah horisontal dan vertikal, dan merupakan fungsi daripada x dan stabilitas atmosfer, m,

y = Jarak horisontal dari garis-pusat plume, m,

z = Jarak vertikal dari garis pusat plume,

x = Jarak horisontal arah angin, m,

H = Tinggi emisi efektif, m



Gambar : 28. Skema Sumbu Koordinat Titik Sampling.

Dari Rumus Persamaan (3) dari Model Gaussian tersebut dapat di perkirakan besarnya konsentrasi polutan pencemar dapat dihitung. Hasil perhitungan secara lengkap terdapat didalam lampiran 2.

Tabel : 16. HASIL PERHITUNGAN MODEL GAUSSIAN KUALITAS UDARA AMBIEN

Lokasi : Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang
Tgl.19 Agustus 2002

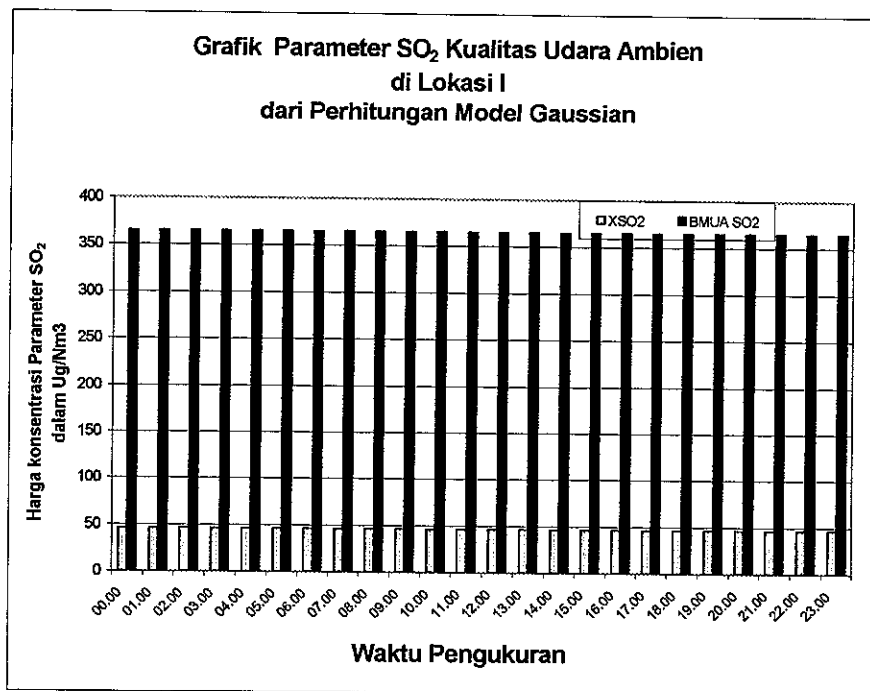
**Parameter Sulfur Dioksida (SO₂)
Dan
Patikulat < 10 µm (Debu/ PM₁₀) dalam µg/Nm³**

Waktu	X SO ₂ (µg/Nm ³)	BMUA SO ₂ (µg/Nm ³)	X PM ₁₀ (µg/Nm ³)	BMUA PM ₁₀ (µg/Nm ³)
00.00	46,5005	365	25,8336	150
01.00	46,4480	365	25,8044	150
02.00	46,7017	365	25,9454	150
03.00	46,3597	365	25,7554	150
04.00	46,5975	365	25,8875	150
05.00	46,4505	365	25,8059	150
06.00	46,4849	365	25,8249	150
07.00	46,5079	365	25,8377	150
08.00	46,5775	365	25,8764	150
09.00	46,5405	365	25,8558	150
10.00	46,4804	365	25,8225	150
11.00	46,6652	365	25,9251	150
12.00	46,5664	365	25,8702	150
13.00	46,5119	365	25,8399	150
14.00	46,3986	365	25,7770	150
15.00	46,5089	365	25,8383	150
16.00	46,3947	365	25,7749	150
17.00	46,3882	365	25,7712	150
18.00	46,5027	365	25,8349	150
19.00	46,5048	365	25,8360	150
20.00	46,5067	365	25,8370	150
21.00	46,5082	365	25,8379	150
22.00	46,5060	365	25,8367	150
23.00	46,5011	365	25,8340	150

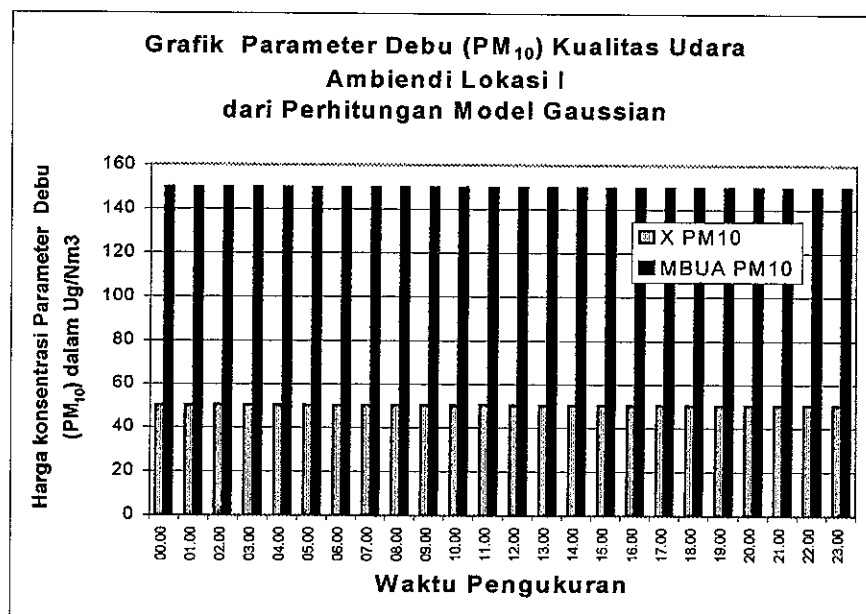
Keterangan : 1). BMUA adalah singkatan dari Baku Mutu Udara Ambien.

2). X = Konsentrasi

Sumber data primer dari hasil perhitungan konsentrasi menurut Model Gaussian.



Ilustrasi : 5. Grafik Parameter SO₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Dari Perhitungan Model Gaussian



Ilustrasi : 6. Grafik Parameter Partikulat < 10 μ m (Debu/PM10) Kualitas Udara Ambien di Lokasi I Dari Perhitungan Model Gaussian.

Tabel : 17. HASIL PERHITUNGAN MODEL GAUSSIAN KUALITAS UDARA AMBIEN

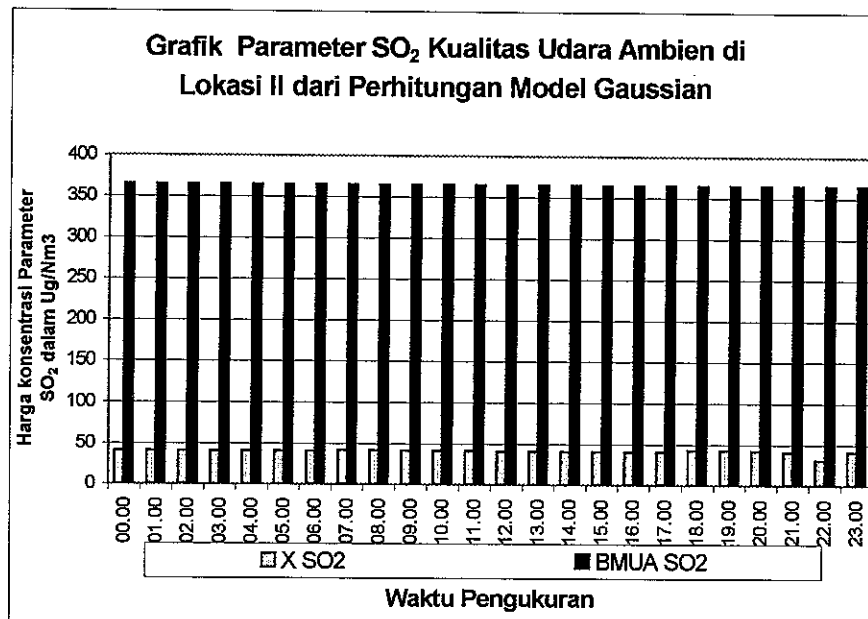
Lokasi : Di Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang
Tgl.20 Agustus 2002

**Parameter Sulfur dioksida (SO₂)
Dan
Patikulat < 10 μm (PM₁₀) dalam μg/Nm³**

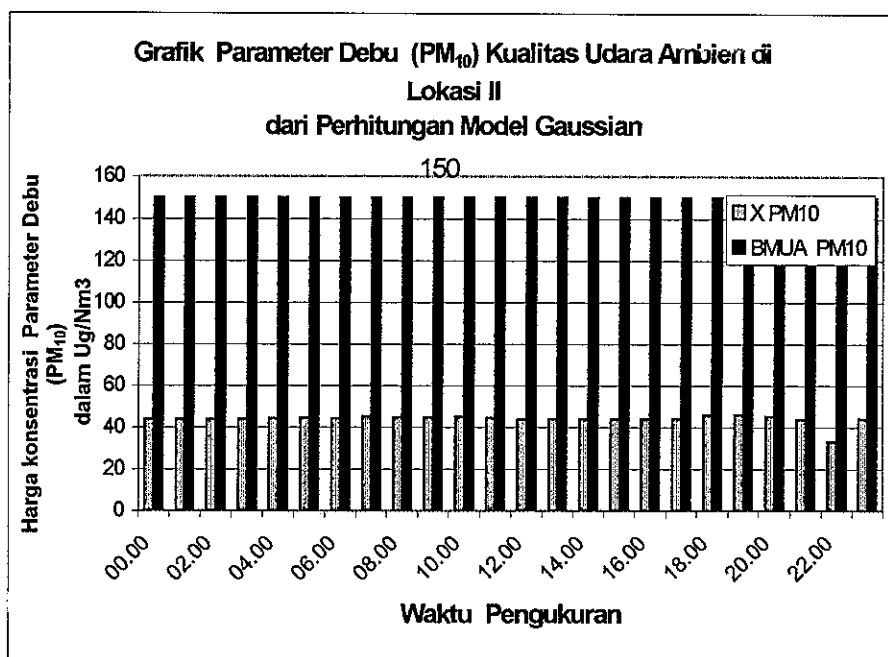
Waktu	X SO ₂ (μg/Nm ³)	BMUA SO ₂ (μg/Nm ³)	X PM ₁₀ (μg/Nm ³)	BMUA PM ₁₀ (μg/Nm ³)
00.00	40,6304	365	22,5724	150
01.00	40,6372	365	22,5762	150
02.00	40,4912	365	22,4951	150
03.00	40,7980	365	22,6655	150
04.00	40,9171	365	22,7317	150
05.00	41,1131	365	22,8406	150
06.00	40,8973	365	22,7207	150
07.00	41,9102	365	23,2835	150
08.00	41,3820	365	22,9900	150
09.00	41,5138	365	23,0632	150
10.00	41,6228	365	23,1238	150
11.00	41,3080	365	22,9489	150
12.00	40,5968	365	22,5538	150
13.00	40,6754	365	22,5974	150
14.00	40,7603	365	22,6446	150
15.00	40,7476	365	22,6375	150
16.00	40,6337	365	22,5743	150
17.00	40,6986	365	22,6103	150
18.00	42,4726	365	23,5959	150
19.00	42,6670	365	23,7039	150
20.00	41,8884	365	23,2713	150
21.00	40,4934	365	22,4963	150
22.00	30,4717	365	16,9287	150
23.00	40,6500	365	22,5833	150

Keterangan : 1). BMUA adalah singkatan dari Baku Mutu Udara Ambien.
2). X = Konsentrasi

Sumber data primer dari hasil perhitungan konsentrasi menurut Model Gaussian.



Ilustrasi : 7. Grafik Parameter SO₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II Dari Perhitungan Model Gaussian



Ilustrasi : 8. Grafik Parameter Debu/ PM₁₀ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II Dari Perhitungan Model Gaussian

4.4.1. Lokasi I (Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang) Sebagai Data Penelitian Diambil Pada Tanggal 19 Agustus 2002

PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang menghasilkan daya sebesar untuk PLTU 1010 MWatt / hari = 42,0083 MWatt / jam, membutuhkan bahan bakar Solar sebesar = 12073,0834 lt/jam (Berat Jenis Solar = 0,87 Kg/lt) = 10503,5826 Kg/jam. Sedangkan untuk PLTG menghasilkan daya sebesar 10011,65 MWatt / hari = 417,1521 MWatt / Jam, yang membutuhkan bahan bakar IDO/MFO sebanyak 1004928,9130 lt / jam (Berat Jenis IDO/MFO = 0,99 Kg/lt) = 994879,6241 Kg/jam. Jadi kebutuhan total baik bahan bakar Solar dan IDO/MFO sebanyak 1005383,2066 Kg/jam.

Berdasarkan perkiraan menurut Perkins,1974 Faktor emisi pembakaran bahan bakar sisa residu dari pembakaran bahan bakar sumber tetap untuk partikulat Sulfur Dioksida (SO_2) = 1,8 % Wt dan partikulat Debu (PM_{10}) = 1,0% Wt yang menggunakan bahan bakar minyak untuk kegiatan pembakaran bahan bakar sumber tetap dan Wayne T. Dawis and Arifit Pakrasi, 1974 “ From Combustion - Fossil Power System ”. J.G Singer, Ed ; Published by combustion Enginnering.Inc halaman 246 sampai dengan 253 dinyatakan dari hasil sisa pembakaran SO_2 sebesar 1 s/d 5% dan SO_3 sebesar 1 s/d 3 %.Jadi untuk perhitungan didalam penelitian ini sebagai data kalibrasi diambil pada tanggal 19 Agustus 2002, dapat dihitung besarnya konsentrasi polutan dengan menggunakan Model Gaussian. Perhitungan konsentrasi ini dihitung secara prediksi dan dapat menghasilkan konsentrasi polutan yang dikehendaki, secara lengkap terdapat di dalam Lampiran 2.

Dari Lampiran 2 didapat hasil konsentrasi sebaran / dispersi konsentrasi polutan sejauh sumbu X = 300 meter , untuk sumbu Y dan Z = 0 meter sebesar :

- 1). Untuk jarak sumbu X = 300 meter Parameter Sulfur Dioksida (SO_2) = 46,3597 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ s/d 46,7017 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan untuk konsentrasi rata-rata sebesar 46,5047 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam rentang waktu 1(satu) Jam pengujian kualitas udara menurut SK.Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah untuk pengukuran selama 24 jam secara kontinyu batas maksimum sebesar 365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Jadi perhitungan berdasarkan prediksi Model Gaussian untuk sebaran partikulat sejauh 300 meter (Lokasi I Kelurahan Kemijen RT.01 / RW.IV Kota Semarang) atau sumbu X (300), sumbu Y=Z=0 meter, maka secara perhitungan dapat di tarik kesimpulan terjadi pencemaran udara yang dikarenakan harga partikulat Sulfur Dioksida (SO_2) terhitung = 46,5047 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3 < 365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
- 2). Parameter Partikulat < 10 μm (Debu / PM_{10}), untuk jarak sebaran / dispersi 300 meter sebesar rata-rata 25,8359 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3 < 150,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, pada kondisi tersebut tidak terjadi pencemaran udara.

Akan tetapi kalau pengujian yang dilakukan oleh Mobile Station Monitoring Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah, data yang diambil pada tanggal 19 Agustus 2002 yang terdapat di Lokasi I (Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang) adalah sebagai terlampir di dalam Tabel : 18. Rekapitulasi hasil pengujian kualitas udara ambien untuk parameter SO_2 dan Tabel : 19. Rekap hasil pengujian kualitas udara ambien untuk parameter Partikulat < 10 μm (Debu/ PM_{10}).

Tabel : 18.REKAP HASIL PENGUJIAN KUALITAS UDARA AMBIEN

Lokasi : Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang
Tgl.19 Agustus 2002

Parameter Sulfur Dioksida (SO₂) dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Waktu	SO ₂ Faktor	SO ₂ tercatat ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	SO ₂ terukur ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	SO ₂ Rata-rata ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	BMUA SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
00.00	2,62	14	36,68	46,72	365
01.00	2,62	13	34,06	46,72	365
02.00	2,62	14	36,68	46,72	365
03.00	2,62	19	49,78	46,72	365
04.00	2,62	25	65,5	46,72	365
05.00	2,62	30	78,6	46,72	365
06.00	2,62	33	86,46	46,72	365
07.00	2,62	28	73,36	46,72	365
08.00	2,62	24	62,88	46,72	365
09.00	2,62	21	55,02	46,72	365
10.00	2,62	6	15,72	46,72	365
11.00	2,62	7	18,34	46,72	365
12.00	2,62	8	20,96	46,72	365
13.00	2,62	5	13,1	46,72	365
14.00	2,62	3	7,86	46,72	365
15.00	2,62	31	81,22	46,72	365
16.00	2,62	35	91,7	46,72	365
17.00	2,62	14	36,68	46,72	365
18.00	2,62	22	57,64	46,72	365
19.00	2,62	17	44,54	46,72	365
20.00	2,62	12	31,44	46,72	365
21.00	2,62	13	34,06	46,72	365
22.00	2,62	18	47,16	46,72	365
23.00	2,62	16	41,92	46,72	365

Keterangan : BMUA adalah singkatan dari Baku Mutu Udara Ambien.

Sumber data primer pengukuran menggunakan mobil stasiun kualitas udara ambien Bappedal Propinsi Jateng.

Tabel: 19. REKAP HASIL PENGUJIAN KUALITAS UDARA AMBIEN

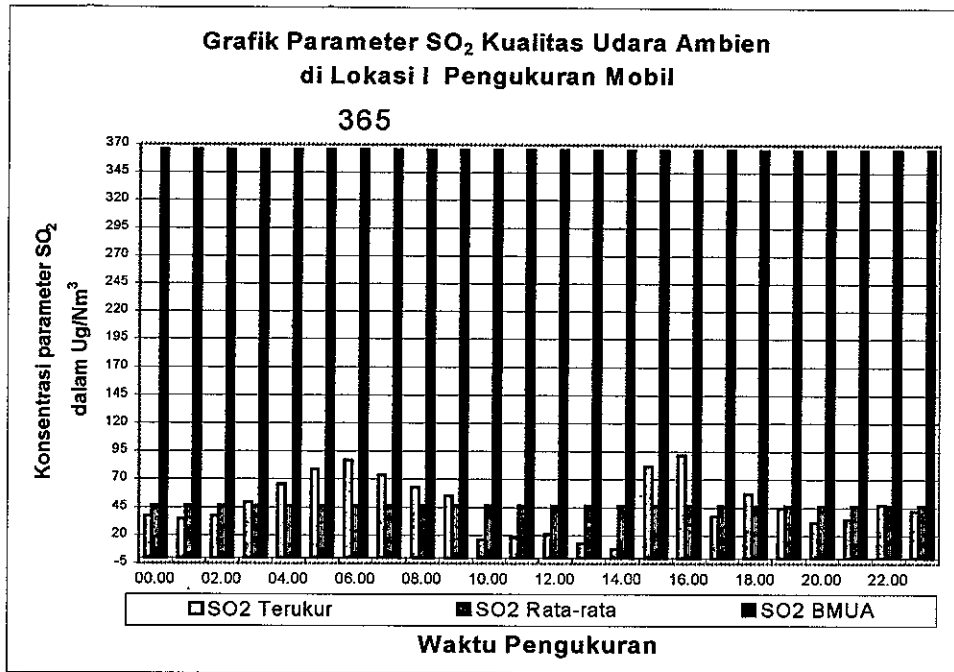
Lokasi : Di Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang
Tgl.19 Agustus 2002

Parameter Partikulat < 10 μm (Debu/PM₁₀) dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

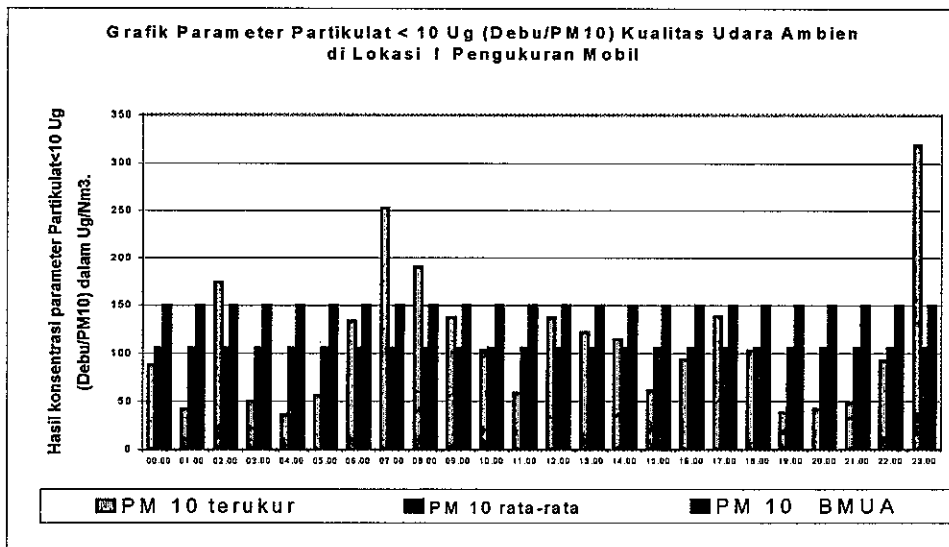
Waktu	PM ₁₀ terukur ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	PM ₁₀ rata-rata ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	BMUA PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
00.00	88	106,125	150
01.00	42	106,125	150
02.00	174	106,125	150
03.00	50	106,125	150
04.00	36	106,125	150
05.00	56	106,125	150
06.00	134	106,125	150
07.00	253	106,125	150
08.00	190	106,125	150
09.00	138	106,125	150
10.00	104	106,125	150
11.00	59	106,125	150
12.00	138	106,125	150
13.00	122	106,125	150
14.00	115	106,125	150
15.00	61	106,125	150
16.00	94	106,125	150
17.00	139	106,125	150
18.00	103	106,125	150
19.00	38	106,125	150
20.00	42	106,125	150
21.00	48	106,125	150
22.00	93	106,125	150
23.00	319	106,125	150

Keterangan : BMUA adalah singkatan dari Baku Mutu Udara Ambien.

Sumber data primer pengukuran menggunakan mobil stasiun kualitas udara ambien Bappedal Propinsi Jateng.



Illustrasi : 9 Grafik Parameter SO₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Pengukuran Mobil.



Illustrasi : 10. Grafik Parameter Partikulat < 10 μm (Debu/PM10) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi I Pengukuran Mobil.

Dari kedua tabel diatas hasil pengujian kualitas udara ambien yang parameter SO_2 dan PM_{10} didapat dilokasi I masih dibawah ambang batas yang diperuntukkannya.

4.4.2. Lokasi II (Kelurahan Kemijen III RT.07 / RW.V Kota Semarang) Sebagai Data Penelitian Diambil Pada Tanggal 20 Agustus 2002

Data penelitian diambil pada tanggal 20 Agustus 2002 yang telah dilakukan pada saat kondisi PLTGU UJB I tambak lorok Semarang beroperasi untuk PLTU menghasilkan daya sebesar $730 \text{ MWatt} / \text{hari} = 30,4167 \text{ MWatt} / \text{jam}$, membutuhkan bahan bakar Solar sebesar $229162 \text{ lt} / \text{hari} = 9548,41667 \text{ lt} / \text{jam}$ (Berat Jenis Solar = $0,87 \text{ Kg} / \text{lt}$) jadi solar yang dibutuhkan selama 1 jam operasi sebesar $8307,1225 \text{ kg} / \text{jam}$. Dan untuk PLTG menghasilkan daya sebesar $9565,5 \text{ MWatt} / \text{hari} = 398,5625 \text{ MWatt} / \text{Jam}$, yang membutuhkan bahan bakar IDO/ MFO sebanyak $2468,4276 \text{ lt} / \text{jam}$ (Berat Jenis IDO/MFO = $0,99 \text{ Kg} / \text{lt}$) = $973984,4488 \text{ Kg} / \text{jam}$. Jadi kebutuhan total baik bahan bakar Solar dan IDO/MFO sebanyak $982291,5713 \text{ Kg} / \text{jam}$.

Berdasarkan perkiraan menurut Perkins,1974 Faktor emisi pembakaran bahan bakar sisa residu dari pembakaran bahan bakar sumber tetap untuk partikulat Sulfur Dioksida (SO_2) = $1,8 \%$ Wt dan partikulat Debu (PM_{10}) = $1,0\%$ Wt yang menggunakan bahan bakar minyak untuk kegiatan pembakaran bahan bakar sumber tetap. Jadi untuk perhitungan didalam penelitian ini sebagai data kalibrasi diambil pada tanggal 20 Agustus 2002, dapat dihitung besarnya konsentrasi polutan dengan menggunakan Model Gaussian. Perhitungan konsentrasi ini dihitung secara prediksi dan dapat menghasilkan konsentrasi polutan yang dikehendaki, secara lengkap terdapat di dalam Lampiran 2.

Dari Lampiran 2 didapat hasil konsentrasi sebaran / dispersi konsentrasi polutan sejauh sumbu X = 700 meter , untuk sumbu Y dan Z = 0 meter sebesar :

- 1). Untuk jarak sumbu X = 700 meter Parameter Sulfur Dioksida (SO_2) = 30,4717 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ s/d 42,6670 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan untuk konsentrasi rata-rata sebesar 40,6657 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam rentang waktu 1(satu) Jam pengujian kualitas udara menurut SK.Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah untuk pengukuran selama 24 jam secara kontinyu batas maksimum sebesar 365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Jadi perhitungan berdasarkan prediksi Model Gaussian untuk sebaran partikulat sejauh 700 meter Lokasi II (Kelurahan Kemijen RT.07 / RW.V Kota Semarang) atau sumbu X (700), sumbu Y=Z=0 meter, maka secara perhitungan dapat di tarik kesimpulan secara sementara terjadi pencemaran udara yang dikarenakan harga partikulat Sulfur Dioksida (SO_2) terhitung = 40,6657 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3 < 365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
- 2). Parameter Partikel Debu / Partikulat < 10 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ (PM_{10}), untuk jarak sebaran / dispersi 700 meter sebesar rata-rata 22,5920 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3 < 150,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, pada kondisi tersebut tidak terjadi pencemaran udara.

Akan tetapi kalau pengujian yang dilakukan oleh Mobile Station Monitoring Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah, data yang diambil pada tanggal 20 Agustus 2002 yang terdapat dilokasi II (Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang) adalah sebagai terlampir di dalam Tabel : 20 Rekaputulasi hasil pengujian kualitas udara ambien untuk

parameter SO_2 dan Tabel : 21. Rekapitulasi hasil pengujian kualitas udara ambien untuk parameter Partikulat $< 10 \mu m$ (Debu/ PM_{10}).



Gambar : 29. Pengambilan Data Primer Di Lokasi II (Kemijen III) dengan menggunakan Peralatan Mobil Stasiun Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah.

Tabel : 20.REKAP HASIL PENGUJIAN KUALITAS UDARA AMBIEN

Lokasi : Di Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang
Tgl.20 Agustus 2002

Parameter Sulfur Dioksida (SO₂) dalam µg/Nm³

Waktu	SO ₂ Faktor	SO ₂ tercatat (µg/Nm ³)	SO ₂ terukur (µg/Nm ³)	SO ₂ rata-rata (µg/Nm ³)	BMUA SO ₂ (µg/Nm ³)
00.00	2,62	12	31,44	46,94	365
01.00	2,62	14	36,68	46,94	365
02.00	2,62	16	41,92	46,94	365
03.00	2,62	22	57,64	46,94	365
04.00	2,62	27	70,74	46,94	365
05.00	2,62	38	99,56	46,94	365
06.00	2,62	27	70,74	46,94	365
07.00	2,62	29	75,98	46,94	365
08.00	2,62	19	49,78	46,94	365
09.00	2,62	16	41,92	46,94	365
10.00	2,62	5	13,1	46,94	365
11.00	2,62	3	7,86	46,94	365
12.00	2,62	4	10,48	46,94	365
13.00	2,62	8	20,96	46,94	365
14.00	2,62	9	23,58	46,94	365
15.00	2,62	20	52,4	46,94	365
16.00	2,62	34	89,08	46,94	365
17.00	2,62	30	78,6	46,94	365
18.00	2,62	19	49,78	46,94	365
19.00	2,62	17	44,54	46,94	365
20.00	2,62	12	31,44	46,94	365
21.00	2,62	13	34,06	46,94	365
22.00	2,62	19	49,78	46,94	365
23.00	2,62	17	44,54	46,94	365

Keterangan : BMUA adalah singkatan dari Baku Mutu Udara Ambien.

Sumber data primer pengukuran menggunakan mobil stasiun kualitas udara ambien Bappedal Propinsi Jateng.

Tabel: 21.REKAP HASIL PENGUJIAN KUALITAS UDARA AMBIEN

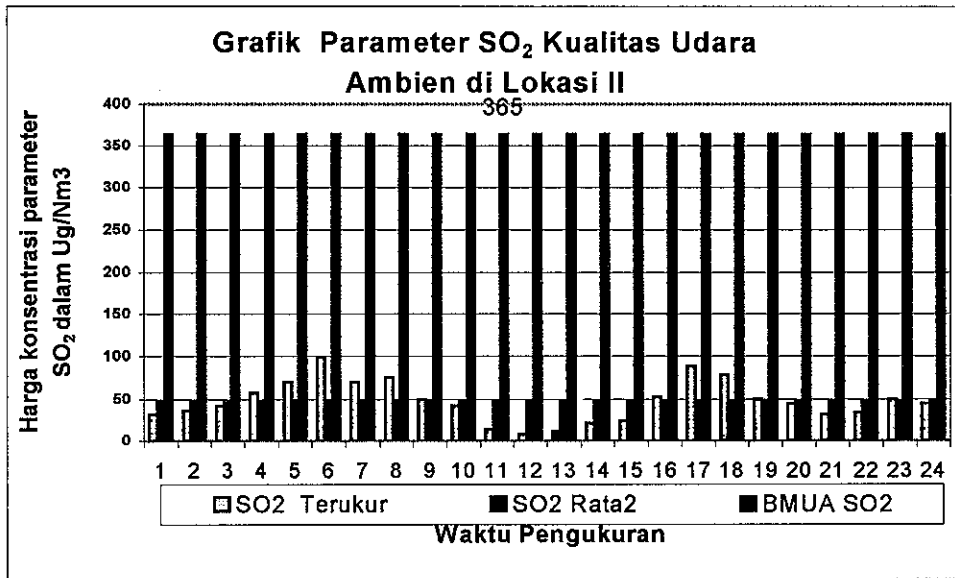
Lokasi : Di Kelurahan Kemijen RT.07 /RW.V Kota Semarang
Tgl.20 Agustus 2002

Parameter Partikulat < 10 μm (Debu /PM₁₀) dalam $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

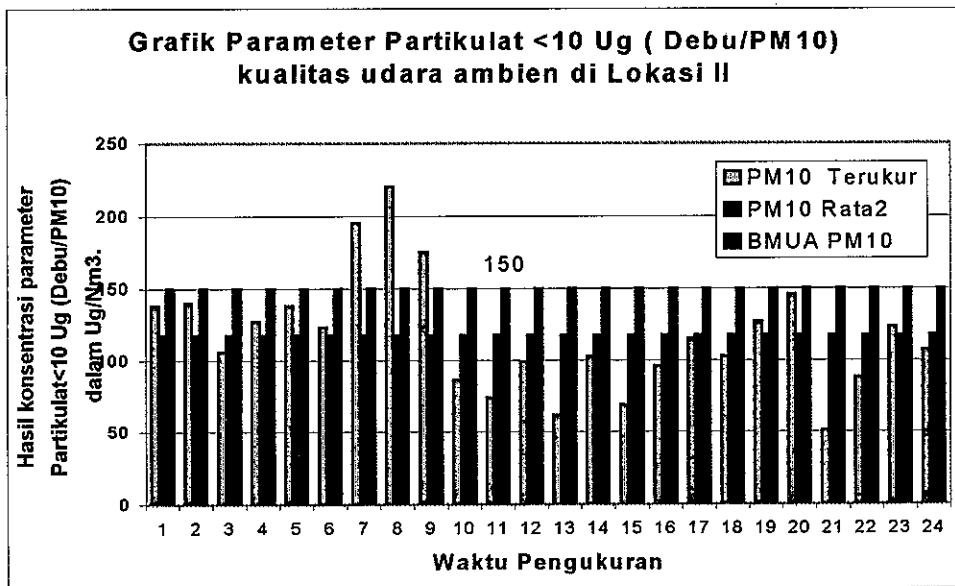
Waktu	PM₁₀ Terukur ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	PM₁₀ rata-rata ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	BMUA PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
00.00	138	117,74375	150
01.00	140	117,74375	150
02.00	106	117,74375	150
03.00	127	117,74375	150
04.00	138	117,74375	150
05.00	123	117,74375	150
06.00	195	117,74375	150
07.00	220	117,74375	150
08.00	175	117,74375	150
09.00	86	117,74375	150
10.00	74	117,74375	150
11.00	99	117,74375	150
12.00	62	117,74375	150
13.00	103	117,74375	150
14.00	69	117,74375	150
15.00	96	117,74375	150
16.00	115	117,74375	150
17.00	103	117,74375	150
18.00	127	117,74375	150
19.00	146	117,74375	150
20.00	51	117,74375	150
21.00	88	117,74375	150
22.00	123	117,74375	150
23.00	107	117,74375	150

Keterangan : BMUA adalah singkatan dari Baku Mutu Udara Ambien.

Sumber data primer pengukuran menggunakan mobil stasiun kualitas udara ambien Bappedal Propinsi Jateng.



Illustrasi : 11. Grafik Parameter SO₂ Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II dari Pengukuran Mobil.



Illustrasi : 12. Grafik parameter Partikulat < 10 μm (Debu/PM₁₀) Kualitas Udara Ambien Di Lokasi II Dari Pengukuran Mobil.

Berdasarkan hasil pengujian kualitas udara ambien yang telah dilaksanakan sebagai penelitian pada lokasi II (Kelurahan Kemijen III RT.07 / RW.V Kota Semarang) hasilnya apabila dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien di Propinsi Jawa Tengah yang mengacu pada SK. Gubernur Nomor 8 Tahun 2001 yaitu untuk parameter kunci SO_2 sebesar $46,94 < 365,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan untuk partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Partikulat Debu / PM_{10}) sebesar $117,7437 < 150,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Ini tidak terjadi pencemaran udara khususnya parameter Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Partikulat Debu / PM_{10}) masih dibawa ambang batas yang ditetapkan.

4.5. Pembahasan hasil pengukuran Mobil Stasiun Kualitas Udara Ambien

Pembahasan yang dilakukan pengukuran Kualitas Udara Ambien yang menggunakan peralatan secara otomatis dianalisa setempat menggunakan Mobil Stasiun Monitoring Kualitas Udara Bappedal Propinsi Jawa Tengah, pada tanggal 19 dan 20 Agustus 2002. Tanggal 19 Agustus 2002 dengan hasil sebagai berikut untuk parameter Sulfur Dioksida (SO_2) berkisar antara 7,86 s/d 91,70 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan rata-ratanya sebesar 46,72 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi Sulfur Dioksida (SO_2) di Lokasi I sebesar $46,72 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 < 365,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk di Lokasi II tanggal 20 Agustus 2002 hasilnya untuk parameter Sulfur Dioksida (SO_2) berkisar 7,86 s/d 99,56 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk konsentrasi rata-rata sebesar 46,94 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3 < 365,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Jadi lokasi I dan lokasi II tidak terjadi pencemaran udara, dikarenakan hasilnya masih dibawah Baku Mutu Udara Ambien yang diperuntukkannya yang sesuai dengan SK. Gubernur Nomor 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah. Sebagaimana parameter Sulfur Dioksida (SO_2) dikeadaan terbuka akan terikut dengan angin dan bercampur dengan udara (O_2) bebas dan akan berreaksi membentuk suatu persenyawaan kimia yang tidak dapat terurai atau sebaliknya akan senyawa lain yaitu sebagai berikut : $\text{SO}_2 + \text{O}_2$

menjadi $\text{SO}_4^{=}$, apabila bereaksi dengan uap air akan menjadi Asam Sulphat (H_2SO_4). Ini merupakan karakteristik dari parameter Sulfur Dioksida (SO_2).

Maka untuk polutan tersebut yang tertangkap dari sedikit demi sedikit lama lama akan menjadi banyak, untuk Lokasi I dan II yang terletak di kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV dan RT.07/RW.V Kota Semarang ini merupakan Daerah Pantai Semarang dan dilokasi ini banyak terjadi penguapan air laut menjadi uap air yang terbawa ke daratan pada siang hari kemungkinan besar akan terjadi reaksi yang seperti disebutkan diatas, oleh sebab di sekitar lokasi pengambilan sampel walaupun dari kegiatan PLTGU UJB I Tambak Lorok Semarang diduga menghasilkan limbah gas yang terbang ke udara bebas sebagai sisa hasil pembakaran yang berasal dari kegiatan yang dimasukdi diatas sudah jelas banyak mengeluarkan limbah gas berupa emisi gas buang berupa partikulat SO_2 dan partikel Debu /atau Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ didapatkan konsentrasi masih dibawah Baku Mutu Udara Ambien sesuai yang diperuntukkannya. Karena secara alam konsentrasi Sulfur Dioksida (SO_2) dan Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Partikel Debu / PM_{10}) bereaksi secara alami, atau terbawa oleh angin dan bercampur dengan Uap air

Dengan adanya keadaan kondisi saat ini konsentrasi parameter Sulfur Dioksida (SO_2) dan Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Debu/ PM_{10}) tidak tertangkap, sehingga keadaan di Lokasi I dan Lokasi II tidak terjadi pencemaran udara. Sedangkan untuk partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Debu/ PM_{10}) di Lokasi I dan Lokasi II tidak terjadi pencemaran udara dengan alasan bahwa partikulat tersebut terbawa oleh angin dan bercampur dengan uap air yang terbawa oleh angin menjadi butiran aerosol yang terlarut di udara bebas ini merupakan karakteristik parameter Partikulat $< 10 \mu\text{m}$ (Debu / PM_{10}). Maka untuk lokasi I dan Lokasi II ini tidak terjadi pencemaran udara, apabila terjadi konsentrasi mendekati kondisi Standar Baku Mutu Udara Ambien ini merupakan dugaan dari beberapa faktor eksternal yaitu : 1). Berupa debu jalan yang terangkat keatas akibat kegiatan lain seperti halnya kegiatan

transportasi dan padat arus lalu lintas, sehingga debu jalan tersebut terbawa keatas tertangkap oleh peralatan karena di dalam mobil kualitas udara ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah dalam pengukuran menggunakan pompa hisap untuk masuk kedalam peralatan pengukuran tersebut. 2). Dari kecepatan angin dari lokasi pengukuran. 3). Tempat pengambilan sampel dalam ketinggian tertentu dari dasar 1 meter dengan ketinggian 4 meter sangat berlainan yang disebabkan oleh kerenggangan dari lapisan udara, ini semua tergantung dari kerapatan udara disekitar pengukuran. 4). Pengukuran yang dilakukan setidaknya sangat menyimpang jauh dari hasil perhitungan menggunakan model Gaussian pada sumbu X= 300 meter maupun 700 meter sangat berbeda, akan tetapi kita hanya sebatas monitoring sekeliling lokasi pengambilan sampel /atau contoh pengukuran kualitas ambien.

4.6. Pembahasan Hasil Perhitungan Model dan Pengujian dengan Analisis Data

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa data, yang mana harus dilakukan analisis data untuk mengecek kebenaran data yang dapat dilokasi penelitian yang menggunakan perhitungan verifikasi model yang terdapat dilampiran 4 (sebagaimana terlampir) adalah sebagai berikut :

4.6.1. Pengaruh Parameter SO₂ Model Dengan SO₂ Pengujian di Lokasi I (Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang)

Dari hasil perhitungan yang menggunakan perhitungan verifikasi model sebagaimana terlampir pada lampiran 4.1 adalah sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan SO₂ model dan SO₂ Pengujian (Hasil pengukuran) dapat terlihat nilai rata-rata sebesar 46,5047 µg/Nm³ SO₂ Model sedangkan SO₂ Pengujian sebesar 46,72 µg/Nm³ dan hasil simulasi

yang menunjukkan bahwa hasil simulasi dengan menggunakan model Gaussian

adalah sebagai berikut :

Hasil simulasi dengan menggunakan model Gaussian adalah sebagai berikut :

4.6.2. Pengaruh Parameter PM_{10} Model Dengan PM_{10} Pengujian di Lokasi I (Kelurahan Kemijen RT.01/RW.IV Kota Semarang)

Dari perhitungan dengan menggunakan perhitungan verifikasi model sebagaimana terlampir pada lampiran 4.2 adalah sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan PM_{10} Model dan PM_{10} Pengujian (Hasil pengukuran) dapat terlihat nilai rata-rata sebesar $23,1205 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ PM_{10} Model sedangkan PM_{10} Pengujian sebesar $109,8333 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan hasil simulasi dari Kriteria Uji X^2 pada $\alpha = 90 \%$ sebesar $10.971,47$ sedangkan berdasarkan $X_{\alpha}^2 = 11,0$ (dari $n = 24, \alpha = 90\%$). Jadi akan didapat harga $X^2 > X_{\alpha}^2$, maka H_0 ditolak.

4.6.3. Pengaruh Parameter SO_2 Model Dengan SO_2 Pengujian di Lokasi II (Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang)

Dari perhitungan yang menggunakan perhitungan verifikasi model sebagaimana terlampir pada lampiran 4.3 adalah sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan SO_2 model dan SO_2 Pengujian (Hasil pengukuran) dapat terlihat nilai rata-rata sebesar $40,6657 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ SO_2 Model sedangkan SO_2 Pengujian sebesar $46,94 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan hasil simulasi dari Kriteria Uji X^2 pada $\alpha = 90 \%$ sebesar $365,28$, sedangkan berdasarkan $X_{\alpha}^2 = 11,0$ (dari $n = 24, \alpha = 90\%$). Jadi akan didapat harga $X^2 > X_{\alpha}^2$, maka H_0 ditolak.

4.6.4. Pengaruh Parameter PM_{10} Model Dengan PM_{10} Pengujian di Lokasi II (Kelurahan Kemijen RT.07/RW.V Kota Semarang)

Dari perhitungan yang menggunakan perhitungan verifikasi model sebagaimana terlampir pada lampiran 4.4 adalah sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan PM_{10} Model dan PM_{10} Pengujian (Hasil pengukuran) dapat terlihat nilai rata-rata sebesar $22,5920 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ PM_{10} Model sedangkan PM_{10} Pengujian sebesar $117,1250 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan hasil simulasi dari Kriteria Uji X^2 pada $\alpha = 90 \%$ sebesar $10.971,94$, sedangkan berdasarkan $X_{\alpha}^2 = 11,0$ (dari $n = 24, \alpha = 90\%$). Jadi akan didapat harga $X^2 > X_{\alpha}^2$, maka H_0 ditolak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

5.1.1. Hasil perhitungan yang menggunakan prediksi Model Guassian

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \dots\dots\dots (3) \text{ tidak tepat}$$

digunakan di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang , karena dari hasil perhitungan didapat kualitas udara ambien di Lokasi I dan II PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang untuk parameter Sulfur Dioksida (SO₂) dan Partikulat < 10 μm (Debu / PM₁₀) jauh diatas hasil pengukuran dilapangan (Tanggal 19 Agustus 2002 konsentrasi SO₂ perhitungan Model = 46,5 μg/Nm³ < 46,72 μg/Nm³ SO₂ Pengukuran dilapangan sedangkan Partikulat < 10 μm (Debu / PM₁₀) perhitungan Model = 25,83 μg/Nm³ < 106,125 μg/Nm³ Pengukuran dilapangan dan Tanggal 20 Agustus 2002 konsentrasi SO₂ perhitungan Model = 40,66 μg/Nm³ < 46,94 μg/Nm³ SO₂ Pengukuran dilapangan sedangkan Partikulat < 10μm (Debu / PM₁₀) perhitungan Model = 25,83 μg/Nm³ < 117,74 μg/Nm³ pengukuran dilapangan).

5.1.2. Hasil Pengukuran yang dilakukan oleh Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes Propinsi Jawa Tengah dan menggunakan peralatan Mobile Stasiun Kualitas Udara Ambien Bappedal Propinsi Jawa Tengah, diperoleh hasil rata-rata pengukuran parameter SO₂ dan Partikulat < 10 μm (Debu / PM₁₀) masih dibawah ambang batas yang ditentukan.

- 5.1.3. Berdasarkan prediksi / Model Gaussian persamaan (3) untuk menghitung besarnya konsentrasi parameter Sulfur Dioksida (SO_2) dan Partikulat < $10 \mu\text{m}$ (Debu / PM_{10}) berjarak sejajar sumbu $X= 300$ dan 700 meter, sumbu Y dan $Z=0$ meter. Dari teori ini sudah memberikan suatu gambaran hasil akhir perhitungan. Dalam pengukuran secara langsung dilakukan dilokasi yang sama yaitu Lokasi I dan II, untuk parameter Sulfur Dioksida (SO_2) dan Partikel Debu (PM_{10}) menunjukkan hasil lebih besar dan ini merupakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik parameter pencemar yang disebabkan yaitu 1). Kecepatan Angin, 2). Ketepatan Titik Sampling, 3). Kelembaban / Humidity. 4). Sifat polutan pencemar udara, 5). Tekanan Udara. 6). Suhu Udara. 7). Tinggi Cerobong. 8). Jenis / Type peralatan Pengendalian Pencemaran Udara. 9). Pada saat sampling. 10). Laju alir limbah gas buang. 11). Debit limbah gas buang .
- 5.1.4. Parameter pencemar udara mempunyai sifat yang khas seperti parameter Sulfur Dioksida (SO_2) sifat yang dimiliki ditinjau dari sifat kimianya dapat bersatu dengan Udara bebas, yang membentuk senyawa asam berupa asam sulfit ($\text{H}_2 \text{SO}_3$) dan asam sulphat ($\text{H}_2 \text{SO}_4$). Sedangkan untuk Partikel Debu (Partikulat < $10 \mu\text{m}$ / PM_{10}) akan membentuk senyawa kimia yang berupa aerosol yang pada akhirnya jatuh dengan jarak yang jauh dari sumbernya.

5.2. Saran – saran

- 5.2.1. PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang yang merupakan kontribusi pencemar udara di Kota Semarang dalam hal ini kualitas udara ambien udara bebas, ini sudah jelas dan terlihat secara visual timbul pencemaran yang dikeluarkan oleh adanya kegiatan PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang. Alangkah baiknya sebelum dibuang ke udara bebas menggunakan perlatan Pengendalian Pencemaran Udara yang tepat .
- 5.2.2. Model Gaussian persamaan (3) yang di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang tidak tepat digunakan sebagai acuan untuk perhitungan emisi gas buang yang serupa dari jenis kegiatan PLTGU yang menggunakan bahan bakar fosil.
- 5.2.3. Pihak PERTAMINA perlu sekali pengurangi kandungan Sulfur (*Desulfurisasi*) di dalam menghasilkan produk Bahan bakar fosil / Solar / MFO, sehingga tidak akan terjadi penurunan kualitas udara ambien disekitar lokasi kegiatan PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang.
- 5.2.4. Dalam jangka waktu panjang diharapkan dapat mengurangi kegiatan yang menggunakan bahan bakar fosil dengan bahan bakar yang ramah lingkungan agar Sumber Daya Alam (SDA) tidak terkuras habis, karena bahan bakar fosil tersebut lama mengalami regenerasi / terbarukan kalau dilihat dari kaca mata lingkungan. Sebagai alternatif akan menggunakan 1) PLTS (Pusat Listrik Tenaga Surya) dan 2) PLTKA (Pusat Listrik Tenaga Kincir Angin).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. **Kerangka Acuan Kerja Kajian Pelaksanaan Agenda 21 di Indonesia dalam rangka Persiapan Indonesia pada *World Summit on Sustainable Development*** . Johannesburg, Afrika Selatan.
- Anonim, 2002. **Internet PLTGU Ramah lingkungan**, Yahoo @ Departemen Energi dan Pertambangan.
- Asis H D, 1998. **Pengelolaan Limbah Padat dan Gas**. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup – Institut Teknologi Bandung.
- Agus H,2002. **Bintek PPU Bappedal Propinsi Jateng**. Bappedal,Semarang.
- Brenchley D.L, Turley C. D and, Yarmac R.. F, 1974. ***Industrial Source Sampling***. Ann Arbor Science Publisher Inc. Michigan.
- Bapedal , 1998. **Kursus Pengelolaan Kualitas Udara**. Serpong, Jakarta.
- Bapedal , 1999. **Kursus Pengelolaan Kualitas Udara dan Kebisingan**. Semarang.
- Badan Meteorologi dan Geofisika Balai Wilayah II Stasiun Klimatologi Klas I Semarang, 2002. **Evaluasi Hujan Bulan Januari-Desember 2001-dan Perliraan Hujan Bulan Januari-Desember 2002**. Semarang.
- Chros, Hubert H, Schimak and Group Austrian Researach Centers, 2000. ***Networking of Invironmetal Data***. Seibersdof, Austria.
- Copper dan Ally, 1986. ***Air Pollution Control A Design Approach***. PWS Enginnering, Boston.
- Duffus,2000. ***Environmental Toxicology. Volume II, United Nations Development Programme (UNDP) and Asian Development Bank (ADB)***. Menteri Negara Lingkungan Hidup- Thailand.
- Danny. S, 2002. **Materi Kuliah Pengendalian Pencemaran Udara**. Magister Ilmu Lingkungan UNDIP Semarang.
- Gore, A.,1994. **Bumi Dalam Keseimbangan**. Yayasan Obor Indonesia (terjemahan oleh Hira Jhamtani).
- Hendro.S, 1998. **Kumpulan Materi Kursus Amdal A**. PPLH-LEMLIT UNDIP Semarang.

JICA,1994. *Desulfurization System : Technology that Prevents Air Pollution*. Kenshu-In.Japan.

JAERI, 1997. *Persistent Quest, Research Activity*. Chiyoda-ku, Tokyo, Japan.

Lodge J. P , 1989. *Methods of Air Sampling and Analysis*. Third Edition,Lewis Publisher Inc. Michigan.

Lansford, H.,1992. **Pencemaran Lingkungan, Ilmu Pengetahuan Populer, Vol. 4**. Grolier International Inc./ P.T. Widyadara, Jakarta.

Larasati,T.R.D.,1992. **Penggunaan Teknologi Radiasi Dalam Pengendalian Polusi Gas Buang, Warta Nomor 9, Tahun IV**. BPPT, Jakarta.

Moh.Irsyad,1998. **Pemantuan Kualitas Udara Ambien**. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup – Institut Teknologi Bandung.

Nisbet, I. 1997. **Hujan Asam, Ilmu Pengetahuan Populer, Vol. 4**. Grolier International Inc./ P.T. Widyadara, Jakarta.

PT. PLN (PERSERO) , 1994. **Dokumen AMDAL di PLTGU UJB I Tambak lorok Semarang Blok II**, PPLH-LEMLIT UNDIP Semarang.

Ridwan. M.,1998. **Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir dan Lingkungan Hidup, Prosiding dialog PLTN dalam kerangka kebijaksanaan energi jangka menengah dan panjang**. Pusat Studi Energi UGM, Yogyakarta.

Sri Hartati.S, 1989. **Model analitik Penyebaran Zat Pencemar di Udara**. Laboratorium Aerodinamika PAU - Ilmu Rekayasa ITB, Bandung.

Sumarno, 2003. **Materi Kuliah Metodologi Penelitian**. Magister Ilmu Lingkungan UNDIP Semarang.

Toro Y,1973. **Staistic An Introductory Analysis**. Thrid Edition, Haper International.

Wayne T. Dawis and Arifit Pakrasi, 1974 . **From Combustion - Fossil Power System**. J.G Singer, Ed ; Published by combustion Enginnering.Inc.Mc.gorw Hill, Singapore.