

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain kedalam udara *ambient* oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara *ambient* turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara *ambient* tidak dapat memenuhi fungsinya. (PP No.41.Th 1999)

Udara *ambient* adalah udara bebas dipermukaan bumi yang diperlukan dan mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup serta unsur lingkungan lainnya. Udara *ambient* terdiri dari $O_2 = 20,9\%$; $N_2 = 79\%$; $CO_2 = 0,02\%$; dan sisanya adalah gas kelumit (*Tracer Gases*). (Painter, 1974)

Sumber pencemaran udara bisa berasal dari sumber tidak bergerak, antara lain industri, pemukiman/rumah tangga dan pembakaran sampah. Sumber pencemaran udara dari sumber bergerak, adalah dari kegiatan transportasi. Disamping itu, kebakaran hutan dan lahan juga menjadi salah satu penyebab pencemaran udara di Indonesia. Bahkan kebakaran hutan dan lahan mengganggu kestabilan komposisi gas di atmosfer.

Dalam pengklasifikasiannya, pencemaran udara dapat dibedakan menjadi beberapa jenis. Secara umum penyebab pencemaran udara menurut Wardhana (1995) ada 2 macam, yaitu:

- a). Faktor internal (alamiah), misalnya debu yang berterbangan akibat tiupan angin, abu/debu yang berasal dari letusan gunung berapi dan gas-gas vulkanik, proses pembusukan sampah yang terbakar, dan lain-lain.
- b). Faktor eksternal (ulah manusia), misalnya debu dari kegiatan industri, hasil pembakaran bahan bakar fosil, pemakaian zat kimia yang diemisikan ke udara, dan lain sebagainya.

Disamping itu, Prayudi (1990) mengelompokkan sumber emisi zat pencemar udara berdasarkan distribusi ruangnya dikelompokkan menjadi :

- a). Sumber titik (*point source*), apabila pencemar keluar dari satu titik yang dapat di deteksi dengan jelas. Contoh : cerobong pabrik, instalasi pembangkit tenaga listrik, dan kegiatan-kegiatan lain yang menghasilkan emisi pada suatu lokasi yang tetap keberadaannya.
- b). Sumber garis (*line source*), apabila sumber pencemar berjumlah banyak dan distribusinya dapat dikatakan merata pada suatu garis. Contoh : antrian kendaraan bermotor yang bergerak.
- c). Sumber area (*area resource*), apabila sumber berjumlah banyak dan distribusinya dapat dikatakan merata pada suatu area. Contoh : pemukiman, penambangan batu bara terbuka.

2.2. Tinjauan Terhadap Bahan-Bahan Pencemar Udara

Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara mengatur bahan pencemar yang perlu dipantau yaitu sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO_2), partikulat berukuran kurang dari 10 mikron (PM_{10}) dan timah hitam (Pb). (www.menlh.go.id/i/art/DFBAB%20III%20UDARA%20DAN%20ATMOSFIR%2011062003.pdf).

Cemaran kimia dalam udara terutama adalah gas CO, CO_2 , SO_2 , hidrokarbon, debu atau partikulat dan gas nitrogen oksida (NO_x). Sumber pencemaran dengan cemaran utamanya adalah sebagai berikut :

- a) Transportasi : CO, hidrokarbon, NO_x , dan debu.
- b) Industri : SO_2 , hidrokarbon, NO_x , dan debu.
- c) Pembangkit tenaga listrik : SO_2 , debu dan NO_x .
- d) Pembakaran di angkasa : SO_2 , hidrokarbon dan debu.

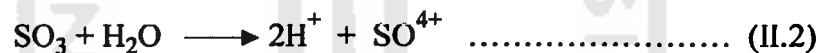
Berikut beberapa parameter pencemaran udara yang perlu dimonitoring :

a). Sulfur dioksida (SO_2)

Sulfur dioksida (SO_2) adalah gas yang tidak berwarna, memedihkan mata (*irritating*), mudah larut dalam air dan gas reaktif. Gas ini dibentuk pada saat bahan bakar yang mengandung sulfur (minyak, batu bara) dibakar terutama dari kegiatan industri. SO_2 dapat mematikan dan menghambat pertumbuhan pepohonan, hasil produksi pertanian dapat merosot, hutan-hutan menjadi kurang produktif sehingga akan

mengurangi peranan hutan sebagai sumber rekreasi dan keindahan. Pada manusia dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk dan sesak nafas. SO_2 dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan industri dan dapat menyebabkan hujan asam. Penyumbang pencemar SO_2 terbesar adalah industri (76%) diikuti dengan transportasi (15%).

Hujan asam terjadi karena adanya penurunan pH yang disebabkan oleh transformasi SO_2 , NO_x dan CO_2 menjadi asam yang diabsorpsi oleh air hujan, karena pada dasarnya air hujan yang terbentuk karena proses kondensasi di atmosfer memiliki pH mendekati 7 pada keadaan normal. Reaksi yang mungkin terjadi dalam proses hujan asam adalah sebagai berikut :



Asam dalam bentuk aerosol tersebut kemudian terendapkan pada permukaan tanah dan air permukaan, fenomena ini yang sering disebut hujan asam. Selain hujan asam, keberadaan SO_2 sebagai bahan pencemar juga dapat menimbulkan dampak lain terhadap manusia , antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut :

TABEL 2.1.
Pengaruh SO₂ Terhadap Manusia

Konsentrasi SO ₂ (ppm)	Efek terhadap manusia
3 – 5	Bau
8 – 12	Iritasi saluran pernapasan
20	Iritasi pada mata
20	Batuk
20	Maksimum konsentrasi pemaparan yang lama
50 – 100	Maksimum pemaparan 30 menit
400 – 500	Berbahaya, pada waktu yang singkat

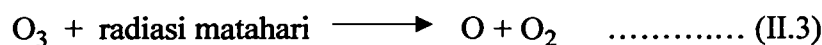
Sumber : *Environmental Chemistry, Air and Water Pollution*, 1976.

b). Nitrogen dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida (NO₂) adalah gas yang dapat menyebabkan gangguan pernafasan dalam kadar tinggi, terjadi akibat pembakaran pada kendaraan bermotor dan juga mesin berbagai industri. Sektor transportasi diperkotaan merupakan penyumbang terbesar pencemar NO_x yaitu 69% dan diikuti oleh industri dan rumah tangga. Proses terbentuknya nitrogen dioksida (NO₂) pada awalnya adalah terbentuk karena adanya udara yang terbakar oleh panas yang menghasilkan nitrogen monoksida (NO), dimana nantinya gas NO tersebut bereaksi dengan gas ozon (O₃) yang terdapat di udara dan selanjutnya diubah menjadi nitrogen dioksida (NO₂) dan oksigen (O₂). Ozon di udara yang terkena panas dari radiasi matahari diuraikan menjadi monoksida dan dioksida. Sehingga bahan

pencemar NO_2 dapat dikatakan sebagai bahan pengurai bagi ozon.

Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan diatas, jika keberadaan NO_2 dalam keadaan berlebihan di udara maka dapat menyebabkan penguraian ozon secara tidak seimbang dan nantinya dapat menimbulkan penipisan ozon di udara. (www.public.asu.edu/~noordins/)

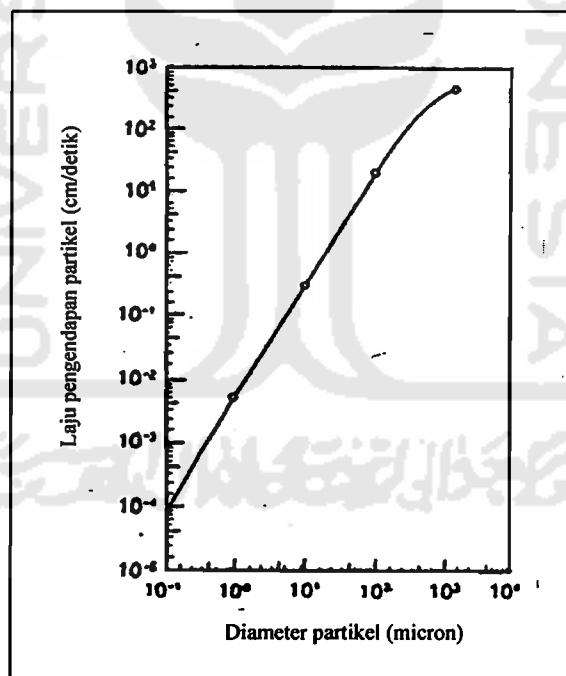
c). **Partikel debu/*Total Suspended Particulate* (TSP)**

Partikulat menurut Godish (1991) adalah istilah yang umum digunakan untuk mendeskripsikan partikel padat maupun cair yang sangat kecil. Partikel sebagai suatu kesatuan dari berbagai macam zat dibedakan atas ukuran, geometri, komposisi kimia dan kandungan fisik. Debu (partikulat di udara) dapat terjadi akibat proses alamiah, contohnya : debu yang berasal dari erosi tanah, serbuk tanaman, debur ombak, letusan gunung berapi, dan lain-lain, serta dapat juga terjadi akibat aktivitas manusia, sebagai contoh: jelaga, abu dari proses pembakaran, debu dari kegiatan industri, dan lain-lain. Salah satu karakteristik utama dari partikulat dalam atmosfer *ambient* adalah ukuran partikel. Disebut partikel apabila suatu objek tersebut memiliki ukuran diameter antara $0,005 - 500 \mu\text{m}$. Partikel kecil (berdiameter $< 1 \mu\text{m}$) berperilaku sebagai gas dan memiliki gerak Brown, mengikuti arus aliran udara, serta

mampu berkoagulasi di udara. Partikel yang lebih besar, lebih berkarakteristik sebagai suatu padatan dan sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi serta jarang berkelompok (Godish, 1991).

Laju pengendapan partikel di udara dipengaruhi oleh ukuran partikel, berat jenis partikel, dan aliran udara (Fardiaz, 1992). Besarnya debu ini sangat mempengaruhi keberadaannya di udara, bertambah kecil diameternya keberadaannya tambah lama atau penyebarannya semakin luas. Hubungan antara laju pengendapan dengan ukuran partikel jika diasumsikan berat jenisnya sama, dapat dilihat pada Gambar 2.1.berikut

:



Gbr.2.1. Hubungan antara diameter partikel dengan laju pengendapan di dalam udara tidak bergerak pada suhu 0 °C dengan tekanan 760 mm (berat jenis partikel 1 g/cm³). Sumber : *Fardiaz, 1992*.

Dari gambar tersebut diatas terlihat bahwa partikel yang mempunyai diameter 0,1 mikron akan mengendap dengan laju 8×10^{-5} cm/s, sedangkan yang mempunyai diameter 1000 mikron akan mengendap dengan laju 390 cm/s. Jadi kenaikan diameter sebanyak 10.000 kali akan mengakibatkan laju pengendapan enam juta kalinya. Partikel yang berukuran lebih besar dari 2-40 mikron tidak bertahan terus di udara, melainkan akan mengendap (Fardiaz, 1992). Adapun berbagai jenis polutan partikel dan bentuk-bentuknya yang dapat melayang di udara dapat dilihat pada Tabel 2.2. berikut :

TABEL 2.2.
Komponen Partikel dan Bentuk Umum
yang Terdapat di Udara.

Komponen	Bentuk
Karbon	-
Besi	Fe_2O_3 ; Fe_3O_4
Magnesium	MgO
Kalsium	CaO
Aluminium	Al_2O_3
Sulfur	SO_2
Titanium	TiO_2
Karbonat	CO_3
Silikon	SiO_2
Fosfor	P_2O_5
Kalium	K_2O
Natrium	Na_2O

Sumber : Fardiaz, 1992

d). Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) merupakan hasil pembakaran tidak sempurna kendaraan bermotor. Penyebarannya di udara lebih terpusat pada daerah sumber timbulnya pencemaran tersebut. Oleh karena itu CO merupakan masalah di kota-kota besar, di mana ruangan udara dibatasi oleh jalan-jalan dan gedung-gedung. Bahan pencemar CO pada manusia akan menimbulkan efek sistemik karena meracuni tubuh dengan cara pengikatan haemoglobin yang sangat vital untuk membawa oksigenasi ke jaringan tubuh. Bila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian.

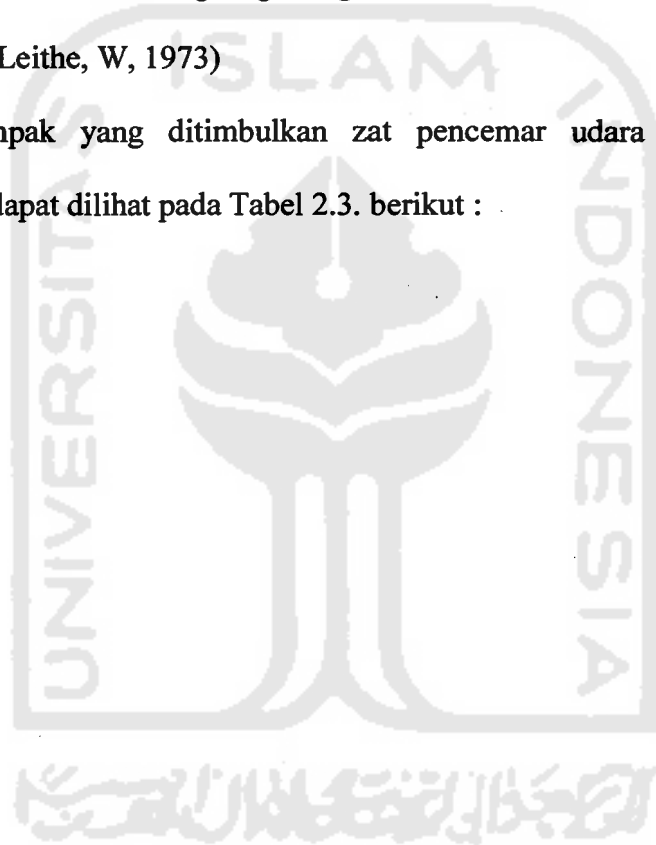
e). Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam berat yang sangat berbahaya dan merupakan peracun syaraf. Dampaknya merusak berbagai organ tubuh manusia, terutama sistem syaraf, sistem pembentukan darah, ginjal, sistem jantung dan sistem reproduksi (EPA, 1986). Anak-anak adalah kelompok yang paling rentan teracuni Pb karena sistem otak dan sarafnya belum berkembang penuh, sehingga penyerapan timbal dibandingkan proporsi berat tubuh jauh lebih tinggi dibandingkan orang dewasa. Ada hubungan yang signifikan antara keberadaan Pb dalam darah dengan penurunan tingkat kecerdasan pada anak.

2.3. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Manusia

Zat pencemar masuk ketubuh manusia, melalui organ pernapasan. Volume udara yang diperlukan dalam pernafasan adalah 6 - 10 M³ perhari. Udara tersebut di udara melalui lubang hidung atau mulut melalui trakea dan paru-paru, masuk kebagian dalam paru-paru yang disebut *alveoli*, dimana udara dapat kontak langsung dengan darah dan masuk ke dalam cairan lymphe. (Leithe, W, 1973)

Dampak yang ditimbulkan zat pencemar udara pada kesehatan manusia dapat dilihat pada Tabel 2.3. berikut :



TABEL 2.3.

Pengaruh Pencemaran Udara Pada Kesehatan Manusia

Zat Pencemar	Sumber	Pengaruh thd. Kesehatan Manusia	Kelompok Resiko
CO	- Transportasi, proses industri.	- Merusak Hb darah, menurunkan kesadaran, pusing.	- Penyakit jantung.
Pb	- Transportasi dgn. BBM bertimbal. - Industri pengecoran timbal/accu bekas.	- Tekanan darah tinggi & syaraf. - Menurunkan tingkat kecerdasan & perkembangan mental anak. - Mengganggu fungsi ginjal. - Mengganggu fungsi reproduksi pada laki-laki.	- Penyakit jantung dan ginjal.
HC	- Transportasi, proses industri.	- Iritasi saluran pernafasan dan mata.	- Penyakit asma & paru-paru.
Partikel – Debu.	- Pembangkit tenaga, proses industri, transportasi dgn. Bahan bakar solar.	- Mengganggu pernafasan. - Memperparah penyakit paru.	- Penyakit asma & paru-paru.
SO ₂	- Pembangkit tenaga, proses industri.	- Iritasi saluran pernafasan dan mata.	- Penyakit asma.
NO ₂	- Transportasi, pembangkit tenaga.	- Mengganggu pernafasan. - Iritasi mata. - Merusak Hb darah.	- Penyakit jantung.

Sumber : Alcanses, 1983

2.4. Metode *Sampling* dan Analisa Kontaminan di Udara

2.4.1. Analisa Gas

Pada dasarnya metode analisa yang digunakan untuk melakukan *monitoring* (pemantauan) terhadap gas-gas pollutan di udara dapat dibagi atas dua golongan, yaitu :

a). Metode Kering.

Metode kering saat ini telah banyak digunakan dalam kegiatan *monitoring* zat pencemar udara karena dapat memberikan hasil analisa dalam waktu cepat sekalipun tingkat ketelitiannya tidak begitu besar. Perlu diketahui bahwa metode kering ini ada beberapa macam, yaitu metode “electrochemical dan chemiluminescent”.

Contoh: *NO₂ analyzer* dan sensor H₂S.

b). Metode Basah.

Pada metode basah, karena menggunakan pelarut ataupun pereaksi kimia untuk melarutkan atau mereaksikan antara contoh udara dengan pereaksi kimia, maka metode ini dianggap tidak praktis selain biaya analisa sedikit lebih mahal metode ini juga tidak dapat memberikan data analisa secara cepat, namun memberikan hasil analisa yang cukup teliti.

Contoh : Impinger.

Metode analisa kontaminan dalam udara tidak berbeda dengan analisa kimia biasa, kecuali dibutuhkan alat khusus untuk pengambilan contoh dari udara. Ada beberapa metode yang digunakan, diantaranya adalah metode “ test tube detector”, “impinger”, “sampling bottle”, adsorpsi dan disorpsi, dan metode “direct reading”. (Boltz, D.F., 1958). Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan, baik ditinjau dari aspek kemudahan operasi, ketelitian, kecepatan analisa, pengadaan harga peralatan dan biaya.

Berikut ini adalah uraian singkat mengenai metode-metode yang telah disebutkan diatas :

a).”Test Tube Detector”.

Dengan metode ini, gas dihisap ke dalam tabung yang berisi reagen yang terserap pada absorbent sehingga kontaminan dapat bereaksi dengan reagen. Pembentukan warna merupakan indikator adanya kontaminan, dimana panjang perubahan warna menunjukkan konsentrasi.

b). Impinger.

Menarik sejumlah udara untuk dimasukkan ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penangkap yang akan bereaksi dengan kontaminan. Perubahan yang terjadi diukur secara kuantitatif baik dengan cara konvensional maupun instrumental.

c). "Sampling Bottle".

Botol gelas atau logam dapat dipakai untuk pengambilan contoh di lapangan atau di tempat tertentu untuk kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisa.

d). Adsorpsi dan disorpsi.

Untuk kadar kontaminan yang kecil, udara dapat dialirkan ke dalam tabung yang berisi penyerap atau adsorbent, zat yang terikat kemudian diekstraksi atau disorpsi untuk kemudian dianalisa.

e). "Direct Reading".

Adalah alat-alat instrument yang langsung dapat membaca kadar kontaminan dalam udara. Alat-alat tersebut dapat didasarkan pada spektrofotometer atau metode elektrokimia.

Diantara metode-metode tersebut diatas, teknik impinger merupakan teknik sederhana untuk pengambilan contoh dengan penerapan yang lebih luas. (Braker, William, Allan L. Mossman and David Siegel, 1977); (Faith, W.L. , 1959). Selain itu peralatan dapat dirakit sendiri, demikian pula larutan reagensinya. Ketelitian hasil analisisnya pun cukup memadai dan metode ini dapat digabungkan dengan metode pengukuran dalam laboratorium, baik secara konvensional maupun instrumental.

2.4.2. Analisa Debu

Pengertian analisa debu dapat kita bagi atas dua jenis yaitu debu dengan ukuran lebih besar dari 10 μ .m dan debu dengan ukuran lebih kecil dari 10 μ .m. Debu yang berukuran lebih besar dari 10 μ .m disebut dengan debu jatuh (*dustfall*), sedangkan debu ukuran lebih kecil dari 10 μ .m disebut dengan *suspended particulate matter* (SPM) yang bersifat melayang di udara.

Untuk debu jatuh, metode sampling yang digunakan adalah dengan menggunakan suatu wadah penampung debu jatuh yang diletakkan di alam terbuka. Pengambilan contoh debu jatuh dilakukan dalam waktu yang cukup panjang yaitu selama 1 bulan. Sedangkan untuk SPM, metode yang digunakan ialah dengan menggunakan alat *High Volume Sampler* (HVS) dengan menggunakan pompa hisap yang dilengkapi dengan kertas saring. Hasil analisa untuk menghitung kadar debu ini ialah dengan metode gravimetri.

2.5. Baku Mutu Udara

Baku mutu udara merupakan batasan yang diizinkan mengenai hubungan antara kualitas dan kuantitas pencemar udara dengan variasi waktu berdasarkan pengaruhnya terhadap lingkungan. Adanya zat-zat pencemar akan berbahaya terhadap lingkungan apabila konsentrasinya melebihi kemampuan lingkungan untuk menerimanya. Standar kualitas udara diperlukan untuk mengetahui sampai seberapa jauh lingkungan

tersebut dapat menerima zat pencemar dari luar. Standar kualitas baku mutu udara yang berlaku saat ini berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah sebagai berikut :

TABEL 2.4.
Baku Mutu Udara Ambient Nasional

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisa	Peralatan
1.	SO ₂ (Sulfur Dioxida).	1 jam 24 jam 1 tahun	900 µg/Nm ³ 365 µg/Nm ³ 60 µg/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
2.	CO (Karbon Monoxida).	1 jam 24 jam	30000 µg/Nm ³ 10000 µg/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
3.	NO ₂ (Nitrogen Dioxida).	1 jam 24 jam 1 tahun	400 µg/Nm ³ 150 µg/Nm ³ 100 µg/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
4.	O ₃ (Oksidan).	1 jam 1 tahun	235 µg/Nm ³ 50 µg/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5.	HC (Hidro Karbon).	3 jam	160 µg/Nm ³	Flame Ionization	Gas Chromatografi
6.	TSP (Debu).	24 jam 1 tahun	230 µg/Nm ³ 90 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol.
7.	Pb (Timah hitam).	24 jam 1 tahun	2 µg/Nm ³ 1 µg/Nm ³	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	Hi-Vol. AAS

Sumber: PP.No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

2.6. Analisa Distribusi Sebaran Polutan di Udara

2.6.1. Aspek Meteorologi

Masalah polusi udara berkaitan erat dengan faktor meteorologi, terutama dalam hal pemindahan polutan dari sumbernya ke daerah penerima. Konsentrasi polutan tergantung pada jumlah dan jenis polutan yang dikeluarkan oleh sumber emisi, konfigurasi sumber emisi dan kondisi meteorologi. Atmosfer sendiri memiliki kemampuan untuk mendispersikan dan mendifusikan polutan baik secara vertikal maupun horizontal (Hartati S., Sri, 1986). Pada kondisi meteorologi jelek (atmosfer tidak stabil dan angin kencang), polutan akan didispersikan secara perlahan-lahan yang mengakibatkan konsentrasi polutan setempat tinggi. Pada kondisi meteorologi baik (lapisan inversi rendah dan angin sedang/lemah) polutan didispersikan secara cepat, baik secara vertikal maupun horizontal yang menyebabkan pengenceran konsentrasi polutan dan bahkan penyebaran lebih lanjut. Faktor-faktor meteorologi utama yang mempengaruhi konsentrasi polutan adalah tinggi campuran, arah dan kecepatan angin dan stabilitas atmosfer. Stabilitas atmosfer ditentukan oleh profil suhu vertikal, yaitu penurunan suhu dan disebut *lapse rate* dan variabilitas angin. Untuk menentukan kategori kelas dari stabilitas atmosfer dapat dilihat pada Tabel 2.5. berikut:

TABEL 2.5.
Kategori Kelas Stabilitas Atmosfer

Surface Wind Speed (at 10 m) (m/s)	Day			Night	
	Incoming solar radiation			Thinly overcast or \geq 4/8 Low cloud	$\leq 3/8$ cloud
	Strong	Moderate	Slight		
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Sumber : D. Bruce Turner, *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*, 1967.

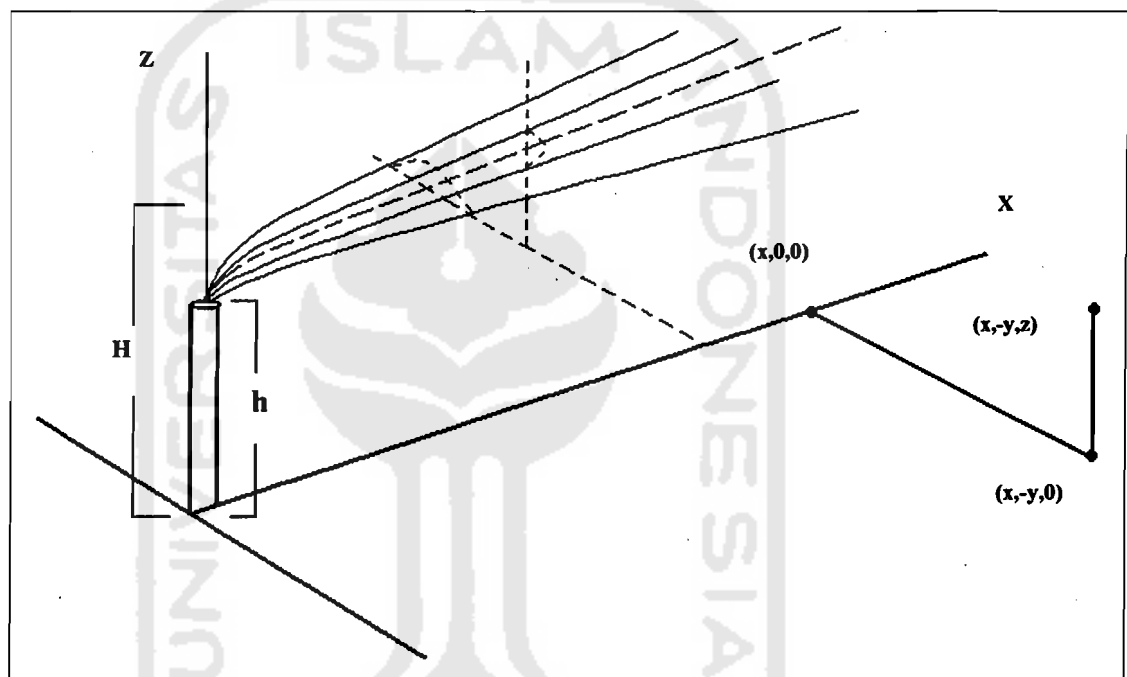
Keterangan : Kelas A adalah kondisi yang paling tidak stabil, kelas F adalah kelas yang paling stabil.

Di antara unsur-unsur cuaca lainnya, angin merupakan unsur penting dalam dispersi polutan. Variasi angin, baik kecepatan maupun arahnya, akan mempengaruhi konsentrasi polutan. Selain itu, stabilitas atmosfer mempunyai peranan penting dalam dispersi polutan dan pengenceran kadar polutan yang disebabkan oleh faktor difusi dan angin.

2.6.2. Aspek Sumber Pencemar

Polutan yang dikeluarkan dari sumber pencemar tidak bergerak , dalam hal ini pada lingkungan industri biasanya dikeluarkan secara vertikal ke udara bebas melalui cerobong (*stack*), yang selanjutnya akan bercampur dengan udara *ambient*. Oleh karenanya didalam analisa

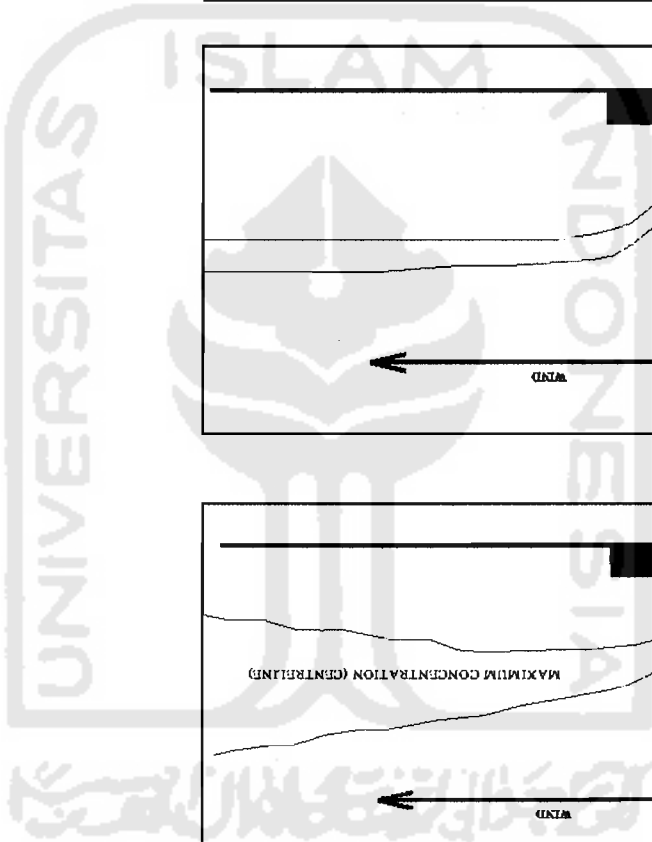
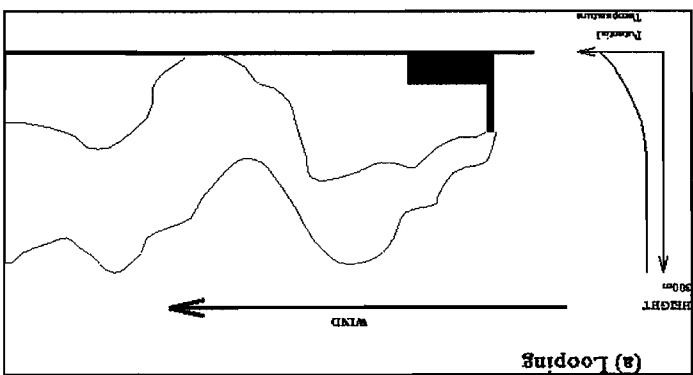
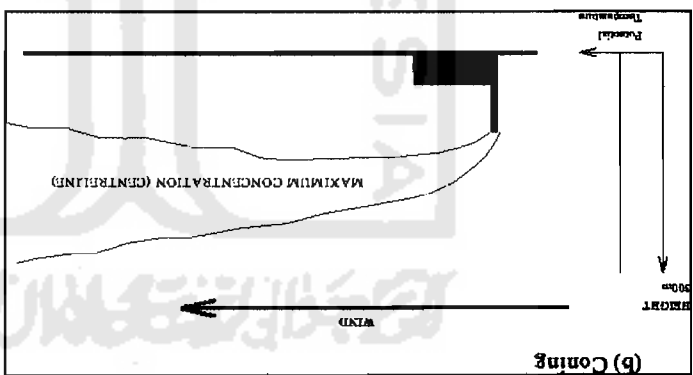
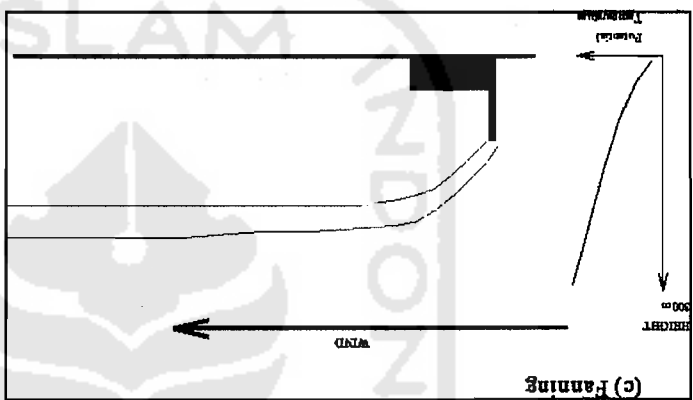
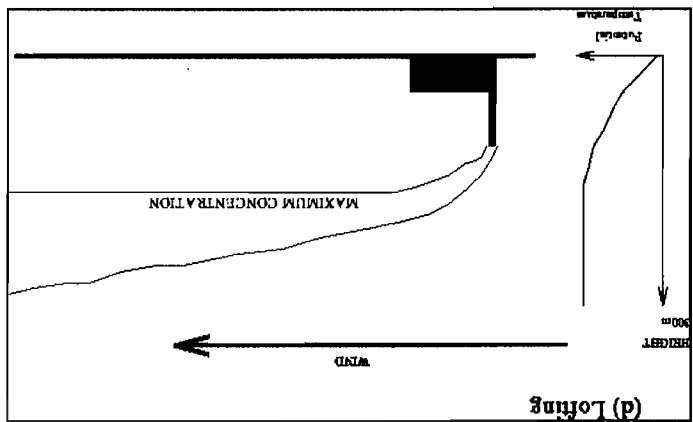
distribusi sebaran polutan diperlukan beberapa informasi data mengenai dimensi cerobong (*stack*), diantaranya adalah mengenai data dari ketinggian *stack*, diameter *stack*, suhu *stack*, kecepatan keluaran *stack*, serta debit emisi dari *stack*.. Berikut adalah gambar sistem koordinat dispersi dari suatu *stack*.

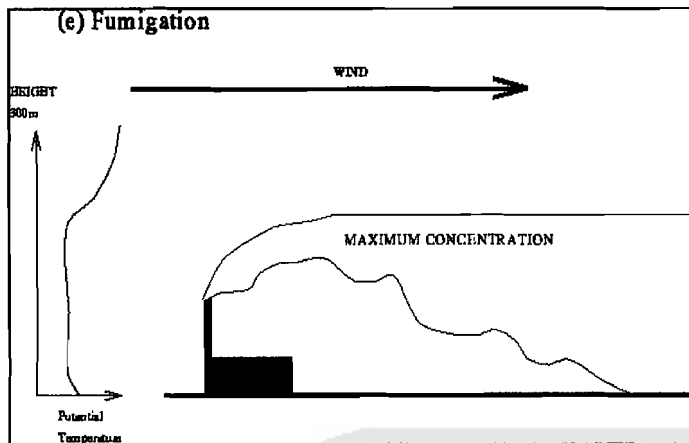


Gambar.2.2. Sistem koordinat dispersi dari suatu *stack*

Sumber : *D.Bruce Turner, 1967.*

Disamping itu, polutan yang dikeluarkan dari sumber pencemar tidak bergerak, yang biasanya berupa semburan asap, memiliki beberapa macam pola perilaku semburan asap. Pola perilaku semburan asap tersebut sangatlah dipengaruhi oleh kondisi lokal stabilitas udara. Beberapa macam pola perilaku semburan asap tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3. berikut :





Gambar.2.3. Pola perilaku semburan asap
 Sumber : www.env.leeds.ac.uk/envi1250/lectures/lect11.html

2.6.3. Distribusi Sebaran Model Gauss

Besarnya konsentrasi polutan yang dikeluarkan dari sumber tidak bergerak (melalui cerobong) dapat dihitung dengan menggunakan teori model dispersi, yaitu dengan menggunakan persamaan umum Gauss. Persamaan umum Gauss dapat diterapkan dengan menggunakan sistem koordinat dispersi dari suatu *stack* seperti pada Gambar 2.2. diatas. Adapun formula dari persamaan umum Gauss adalah sebagai berikut :

$$X(x,y,0,H) = \frac{E}{\pi \cdot S_y \cdot S_z \cdot U} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{S_y} \right)^2 \right] \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{S_z} \right)^2 \right]$$

Pers.(II.6.) Sumber : D. Bruce Turner, 1967.

Dimana : $X(x,y,0,H)$ = konsentrasi (g/m^3)

E = debit emisi polutan (g/s)

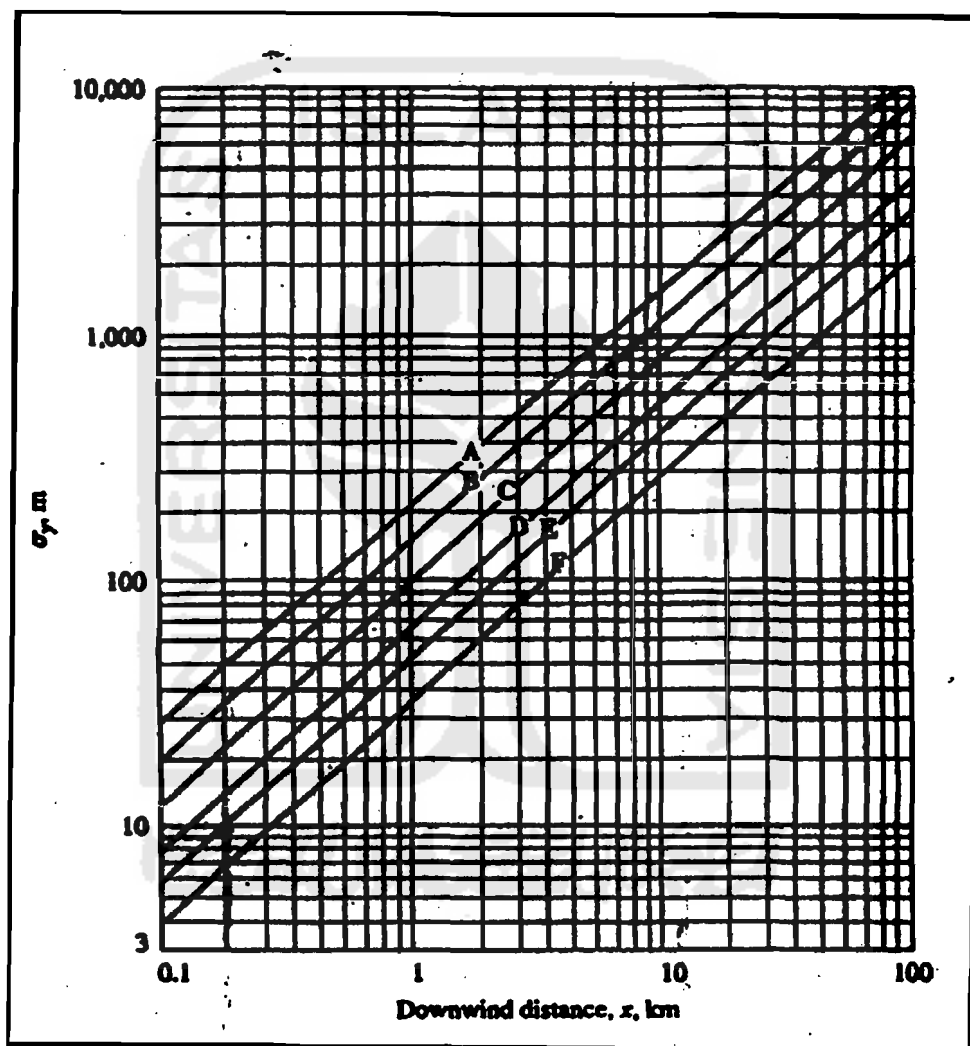
S_y, S_z = koefisien dispersi Gauss (m)

U = kecepatan angin (m/s)

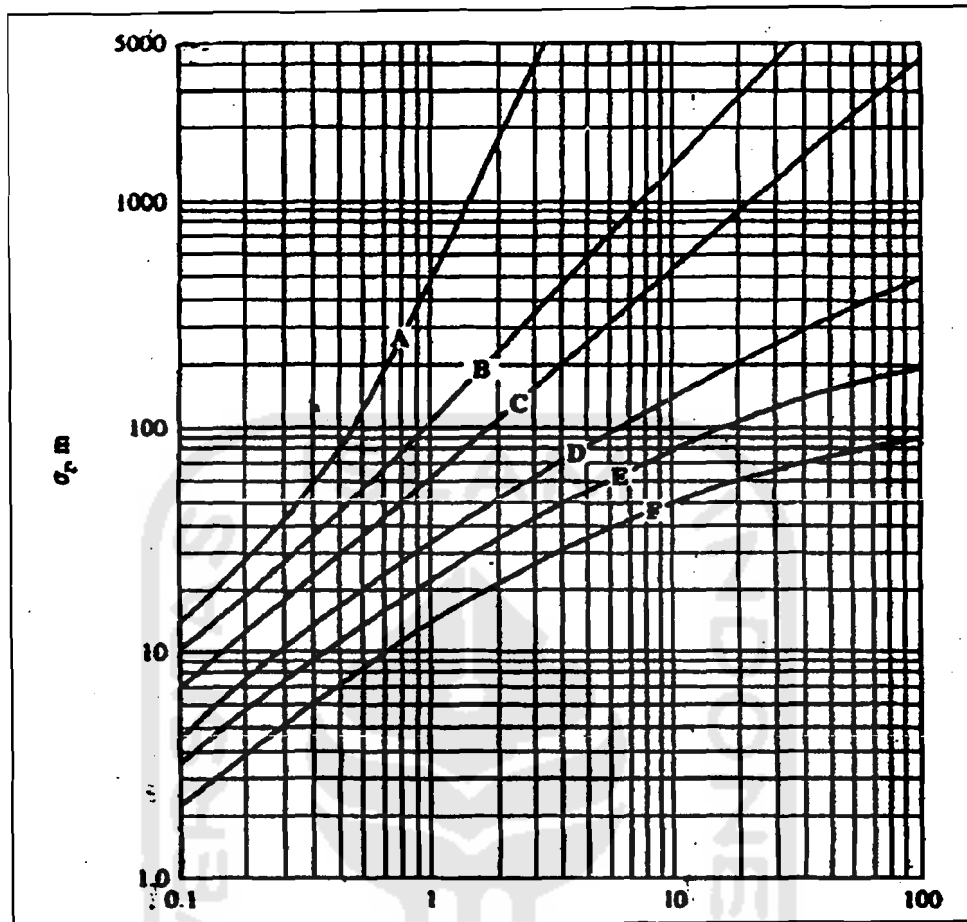
H = ketinggian efektif *stack* (m)

\exp = *exponential*, $e^{^2}$, dimana $e = 2,7182$

Untuk mengetahui nilai koefisien dispersi horizontal (S_y) dan nilai koefisien dispersi vertikal (S_z) terlebih dahulu kita tentukan kategori kelas dari stabilitas atmosfer berdasarkan dari data kecepatan angin dan cuaca (lihat Tabel 2.5.). Setelah itu kita dapat mengetahui nilai S_y dan S_z dengan menggunakan cara grafis melalui Gambar 2.4. dan Gambar 2.5. berikut :



Gambar 2.4. Koefisien dispersi Gauss horizontal (S_y), Sumber : Gifford, F.A. 1976.



Gambar 2.5. Koefisien dispersi Gauss vertikal (S_z), Sumber : Gifford, F.A. 1976.

Selain itu untuk mengetahui nilai koefisien dispersi horizontal (S_y) dan nilai koefisien dispersi vertikal (S_z) dapat pula digunakan persamaan II.7 dan II.8 (D.O. Martin, 1976) dibawah ini, namun sebelumnya kita tentukan terlebih dahulu kategori kelas dari stabilitas atmosfer berdasarkan dari data kecepatan angin dan cuaca (lihat Tabel 2.5.).

$$S_y = a \cdot x^{0.894} \quad (II.7)$$

$$S_z = c \cdot x^d + f \quad (II.8)$$

Untuk menentukan nilai a, c, d dan f diatas, kita gunakan tabel koefisien dispersi Gauss sebagai berikut :

TABEL 2.6.
Koefisien Dispersi Gauss

Kelas Stabilitas	a	X < 1 km			X > 1 km		
		c	d	f	c	d	f
A	213	440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	-9.6
B	156	100.6	1.149	3.3	108.2	1.098	2
C	104	61	0.911	0	61	0.911	0
D	68	33.2	0.725	-1.7	44.5	0.516	-13
E	50.5	22.8	0.678	-1.3	55.4	0.305	-34
F	34	14.35	0.74	-0.35	62.6	0.18	-48.6

Sumber : D.O. Martin, 1976.

Untuk menentukan nilai H (tinggi efektif *stack*), dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

$$H = h + \Delta H \quad \text{..... (II.9)}$$

Ketinggian semburan (ΔH) dapat ditentukan melalui Formula Holland, sebagai berikut :

$$\Delta H = \frac{V_s \cdot d}{u} \left[1.5 + \left[2.68 \cdot 10^{-3} \cdot P \left[\frac{T_s - T_a}{T_s} \right] d \right] \right]$$

Pers. (II.10.) Sumber : J.Z. Holland, 1953.

Dimana :

- h = tinggi *stack*/cerobong (m)
- V_s = kecepatan udara keluar *stack* (m/s)
- d = diameter *stack* (m)
- u = kecepatan angin (m/s)
- P = tekanan udara (kPa)
- T_s = suhu *stack* (K)
- T_a = suhu udara (K)

Untuk menentukan tinggi semburan dari cerobong, terlebih dahulu kita tentukan nilai kecepatan angin di atas cerobong (u) melalui formula Slade berikut :

$$U = U_1 \cdot \left[\frac{Z}{Z_1} \right]^P \quad \text{(II.11)}$$

Sumber : Slade, 1968.

Dimana :

- U = kecepatan angin pada Z (m/s)
- U_1 = kecepatan angin pada Z_1 (m/s)
- $Z; Z_1$ = elevasi (m)
- P = eksponen (didapat dari tabel)

Untuk menentukan nilai eksponen P , dapat dilihat pada Tabel 2.7. berikut :

TABEL 2.7.
Nilai Eksponen P

<i>Stability Class</i>	<i>Rural p</i>	<i>Urban p</i>
<i>A - Very Unstable</i>	0.07	0.15
<i>B - Moderately Unstable</i>	0.07	0.15
<i>C - Slightly Unstable</i>	0.10	0.20
<i>D - Neutral</i>	0.15	0.25
<i>E - Moderately Stable</i>	0.35	0.30
<i>F - Very Stable</i>	0.55	0.30

Sumber : www.utoledo.edu/~aprg/

2.6.4. Konversi Hasil Pengukuran Dengan Rumus Canter

Untuk membandingkan hasil pengukuran di lapangan dengan standar baku mutu yang ada, maka hasil pengukuran tersebut harus dikonversikan ke dalam waktu standar (24 jam) terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_2 = C_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{0,185} \dots\dots\dots (II.12)$$

Sumber : petunjuk praktikum lab.lingkungan ITB, 1999.

- Dimana :
- C_2 = konsentrasi standar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 - C_1 = konsentrasi pengukuran di lapangan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 - T_1 = waktu sampling di lapangan (jam)
 - T_2 = waktu standar (jam)
 - 0,185 = konstanta