

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

The section header is centered on the page. It features the text 'BAB 2' in a large, bold, black, stylized font with decorative dots. Below it, the text 'TINJAUAN PUSTAKA' is written in the same font style. In the background, there is a faint watermark of the Universitas Islam Indonesia logo, which includes the text 'UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA' and Arabic calligraphy.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENCEMARAN UDARA

Pencemaran udara berarti hadirnya satu atau beberapa kontaminan di dalam udara atmosfer di luar, seperti antara lain oleh debu, gas, kabut, bau-bauan, asap atau uap dalam kuantitas yang banyak, dengan berbagai sifat maupun lama berlangsungnya di udara tersebut, hingga dapat menimbulkan gangguan-gangguan terhadap kehidupan manusia, tumbuhan atau hewan maupun benda, atau tanpa alasan jelas sudah dapat mempengaruhi kelestarian kehidupan organisme maupun benda. (Perkins, 1994)

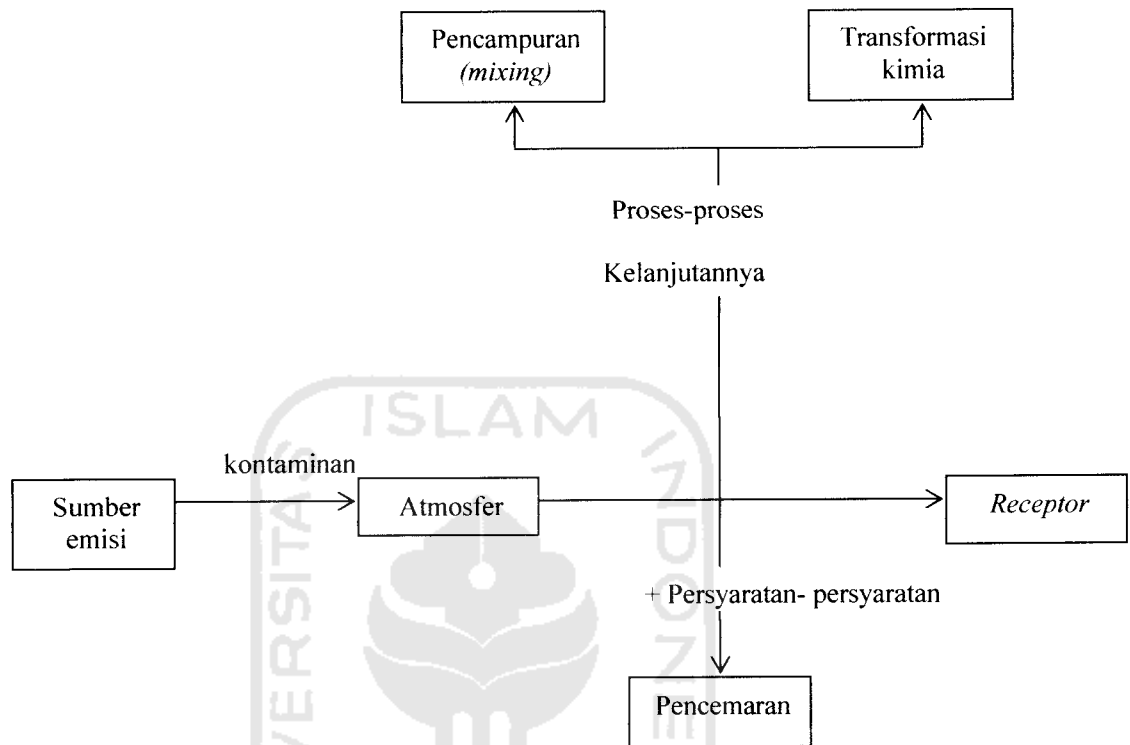
Sedangkan berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah : “Masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.” (Wisnu, 2001).

Pada dasarnya kehadiran polutan udara umumnya berasal dari aktivitas manusia. Jarang terjadi secara alamiah. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan pemaparan polutan ke udara, dimana ada tiga komponen utama yang saling berinteraksi dan menentukan kelanjutannya untuk memenuhi kriteria sebagai pencemaran atau tidak. Ketiga komponen utama tersebut adalah :

1. Sumber emisi

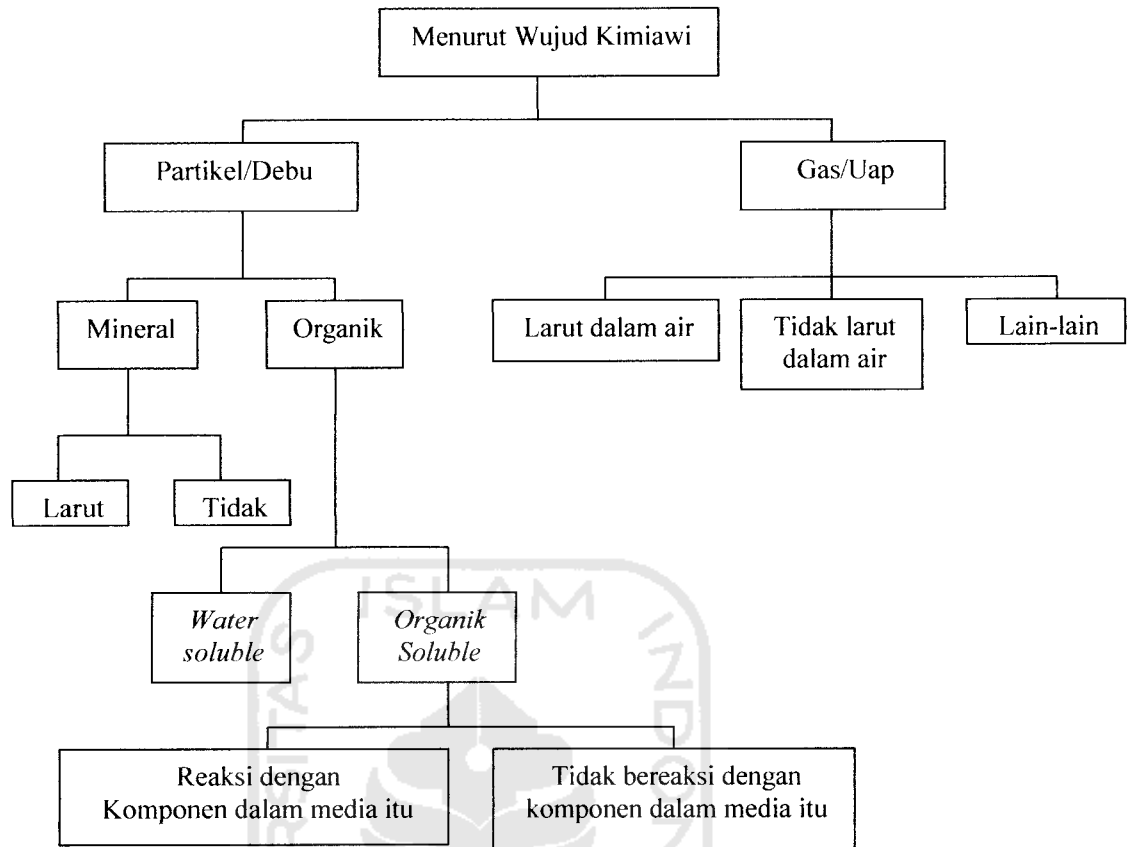
2. Atmosfer

3. *Receptor*



Gambar 2.1 Mekanisme pemaparan kontaminan di udara (Perkins, 1974)

Proses kelanjutannya di udara tergantung pada jenis kontaminan yang dibebaskan. Sebaliknya bila kontaminan yang ada diudara telah cukup memenuhi persyaratan (kuantitas, lamanya berlangsung maupun potensialnya), maka kontaminan itu baru dapat disebut sebagai polutan atau pencemar



Gambar 2.2 Penggolongan pencemar udara menurut wujud kimiawinya

(Perkins, 1974)

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu tetap. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbondioksida (CO₂). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. (Ryadi, 1982)

Udara merupakan faktor yang penting bagi kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Perubahan lingkungan udara pada umumnya

disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara. (Moestikahadi, 2001)

Zat atau bahan pencemar (polutan) adalah zat atau bahan dalam bentuk cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu di lingkungan yang dapat menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh-tumbuhan dan atau benda.

Dinamika atmosfer merupakan faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam masalah pencemaran udara. Dalam hal ini, atmosfer selalu parsial untuk menganalisa fenomena-fenomena yang khusus, dan ketakterbatasan atmosfer biasanya diabaikan, antara lain :

- a) Skala Mikro, dengan jangkauan dengan satuan kilometer dan skala waktu dalam detik sampai beberapa menit. Skala ini sering disebut sebagai skala lokal.
- b) Skala Meso, dengan jangkauan kilometer sampai dengan ratusan kilometer, dengan skala waktu menit sampai beberapa jam. Skala ini sering dikenal sebagai skala regional. Angin yang mempengaruhi pergerakan atmosferik mulai dari tingkat ini adalah angin Geostropik di atas lapisan batas bumi (*Planetary Boundary Layer*). Pelepasan pencemaran tersebut sesuai dengan arah angin, dalam jangkauan horizontal dan vertikal jauh lebih besar.
- c) Skala Makro, dengan jangkauan di atas ribuan kilometer, dan dengan skala waktu lebih besar dari satu hari. Jangkauan yang jauh pada saat ini, menyebabkan skala ini lebih dikenal dengan skala kontinental. Unsur-unsur

pencemar yang relatif stabil, akan dapat bertahan tetap dalam bentuknya dan mencapai jangkauan yang jauh.

Pergerakan atmosfer, yang dapat ditandai dengan kecepatan angin atau *adveksi*, merupakan proses lain dalam atmosfer yang berlangsung bersamaan dengan proses kinetika kimia. Dalam hubungan ini, unsur-unsur yang diemisikan oleh sumbernya akan *terdispersi*, baik melalui *konveksi* vertikal dalam suatu lapisan pencampuran yang ada pada suatu waktu tertentu, dan pergerakan horizontal dan vertikal, sesuai dengan arah dan kecepatan angin yang berlaku.

Pergerakan horizontal inilah yang menyebabkan ozon, dan unsur-unsur pencemar lain terbawa ke arah hilir, menjauhi sumbernya sendiri. Mengingat bahwa ozon akan terbentuk dalam atmosfer setelah suatu jangka waktu tertentu, selain itu akumulasi ozon baru akan terjadi setelah massa udara bergerak ke arah hilir menjauhi sumbernya dan bukan pada sumbernya sendiri, kecuali bila terjadi rotasi arah angin.

Pergerakan massa udara tertentu, seperti rotasi arah angin, aliran balik karena pengaruh kondisi cuaca, dll, akan memberikan pengaruh tersendiri terhadap akumulasi pencemar udara.

Pemakaian batubara dalam kegiatan industri sangat penting dan penggunaannya sangat banyak. Pada pembakaran dan pemecahan (*cracking*) batubara, selain dihasilkan gas buangan (CO , NO dan SO_x) juga banyak dihasilkan partikel-partikel yang terdispersi ke udara sebagai pencemar. Partikel-partikel tersebut antara lain :

- a) Karbon dalam bentuk abu atau *fly ash* (C)

- b) Debu silika (SiO_2)
- c) Debu alumina (Al_2O_3)
- d) Oksida-oksida besi (Fe_2O_3 atau Fe_2O_4)

2.2 Partikulat

Partikulat adalah material terdispersi di udara, baik padat maupun cair, yang ukuran diameter butirannya lebih besar daripada ukuran molekul ($0,002 \mu\text{m}$) dan lebih kecil daripada $1000 \mu\text{m}$ (Wark & Warner, 1981).

Pada kisaran tersebut partikel mempunyai umur dalam bentuk tersuspensi di udara antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Umur partikel tersebut dipengaruhi oleh kecepatan pengendapan yang ditentukan dari ukuran dan densitas partikel serta aliran (*turbulensi*) udara.

Velositas tersebut diukur dalam udara yang tidak bergerak. Partikel yang mempunyai diameter 0,1 mikron akan mengendap dengan velositas 8×10^{-5} cm/detik, sedangkan yang mempunyai 1000 mikron akan mengendap dengan velositas 390 cm/detik. Jadi kenaikan diameter sebanyak 10.000 kali akan menyebabkan kecepatan pengendapan enam juta kalinya. Partikel yang tersuspensi secara permanen di udara juga mempunyai kecepatan pengendapan tetapi partikel-partikel ini tetap terdapat diudara karena gerakan udara. (Fardiaz, 1992)

Sifat partikel lainnya yang penting adalah kemampuannya sebagai tempat absorpsi (sorpsi secara fisik) atau kimia sorpsi (sorpsi disertai dengan interaksi kimia). Sifat ini merupakan fungsi dari luas permukaan yang pada umumnya luas

untuk kebanyakan partikel. Jika molekul yang tersorpsi tersebut larut di dalam partikel maka keadaannya disebut absorpsi. Jenis sorpsi tersebut sangat menentukan tingkat bahaya dari partikel.

Partikulat dapat digolongkan menjadi dua jenis berdasarkan kecepatan pengendapannya :

- a. Partikulat tersuspensi : kecepatan pengendapannya sangat kecil sehingga jenis ini tetap tersuspensi di udara selama 10 – 30 hari sebelum tersisihkan melalui deposisi. Ukuran diameternya berkisar antara kurang dari 1 μm hingga 10 μm .
- b. Partikulat terendapkan : ukuran diameter lebih besar ($> 10 \mu\text{m}$) dan lebih berat. Atas berdasarkan tempat terbentuknya :
 1. Partikel primer : partikel yang berada dalam atmosfer dalam bentuk yang sama ketika mereka diemisikan
 2. Partikel sekunder : partikel yang terbentuk di atmosfer dari polutan gas, terutama hidrokarbon, oksida nitrogen dan oksida sulfur.

Oleh karenanya partikel akan tetap dapat ditemukan di atmosfer meskipun disemua emisi polutan partikulat dapat dicegah.

2.2.1 Jenis Partikulat

Partikulat di atmosfer terbagi menjadi beberapa jenis (Parker, 1977) :

1. Debu (*Dust*) : suspensi partikel padat yang dibentuk melalui proses mekanik seperti *crushing, grinding dan blasting*, yang terhambur dan melayang di udara karena adanya hembusan angin, $d_p > 1,0 \mu\text{m}$.
2. Asap (*smoke*) : partikel-partikel hasil pembakaran yang tidak sempurna didominasi oleh karbon, $d_p = 0,01 - 1,0 \mu\text{m}$

3. *Fume* : partikel yang terbentuk melalui kondensasi dari fase uap pada umumnya setelah penguapan dari proses pelelehan, seringkali disertai reaksi kimia seperti oksidasi, dan material yang terlibat umumnya beracun, $d_p = 0,03 - 0,3 \mu\text{m}$.
4. Kabut (*Fog*) : aerosol yang dapat terlihat (*visible*) yang fase terdispersinya ialah cair.
5. *Mists* : dispersi butiran air yang kecil, lebih transparan daripada kabut, senantiasa bergerak ke bawah $d_p = 1 - 10 \mu\text{m}$.
6. *Hazes* : aerosol yang mengurangi visibilitas dan terdiri dari kombinasi butiran air, polutan dan debu, $d_p < 1 \mu\text{m}$.
7. Asbut (*Smog*) : gabungan asap dan kabut
8. Jelaga (*Soot*) : aglomerasi partikel-partikel karbon, terbentuk dari pembakaran tak sempurna dari material yang mengandung karbon.

2.2.2 Dampak Partikel Terhadap Lingkungan

Dampak *partikulat matter*/partikel sangat beragam antara lain mempengaruhi manusia, tanaman dan berbagai bahan yang lainnya. (Kristanto, 2002)

1. Pengaruh partikel terhadap manusia

Polutan partikel masuk ke dalam tubuh manusia melalui sistem pernafasan. Faktor yang paling berpengaruh terhadap sistem pernafasan terutama adalah dimensi partikel, karena dimensi partikel yang menentukan seberapa jauh partikel masuk ke dalam sistem pernafasan. Bulu hidung mencegah masuknya partikel-partikel berdimensi besar, sedangkan partikel-partikel dengan dimensi

lebih kecil dicegah masuk oleh *membran mukosa* yang terdapat disepanjang sistem pernafasan dan merupakan permukaan di mana partikel akan melekat.

Partikel-partikel yang masuk dan tinggal didalam paru-paru berbahaya bagi kesehatan manusia karena tiga hal penting, yaitu :

- a. Partikel tersebut mungkin beracun karena sifat kimia dan fisiknya
 - b. Partikel tersebut bersifat *inert* (tidak bereaksi), tetapi jika tinggal di dalam saluran pernafasan dapat mengganggu pembersihan bahan-bahan lain yang berbahaya.
 - c. Partikel-partikel tersebut mungkin membawa molekul-molekul gas yang berbahaya, baik dengan mengabsorpsi atau mengadsorpsi sehingga molekul-molekul gas tersebut dapat mencapai dan tinggal di bagian paru-paru yang sensitif.
2. Pengaruh partikel pada tanaman

Pengaruh partikel pada tanaman terutama adalah dalam bentuk debunya, di mana debu tersebut jika bergabung dengan uap air atau hujan gerimis, membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun, dan tidak dapat tercuci dengan air hujan kecuali dengan menggosoknya. Lapisan kerak tersebut akan mengganggu proses fotosintesis pada tanaman karena menghambat masuknya sinar matahari dan mencegah pertukaran CO₂ dengan atmosfer. Akibatnya pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Bahaya lain yang ditimbulkan dari pengumpulan partikel pada tanaman adalah kemungkinan bahwa partikel tersebut mengandung komponen kimia yang berbahaya bagi manusia dan hewan yang mengkonsumsi tanaman tersebut.

3. Pengaruh partikel terhadap bahan lain

Partikel-partikel yang terdapat di udara juga dapat mengakibatkan berbagai kerusakan pada berbagai bahan. Jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi tergantung pada berbagai bahan, komposisi kimia dan sifat fisik partikel tersebut.

Kerusakan pasif terjadi jika partikel menempel atau mengendap pada bahan-bahan yang terbuat dari tanah, sehingga harus sering-sering dibersihkan. Proses pembersihan acapkali mengakibatkan cacat pada permukaan benda-benda dari tanah tersebut. Kerusakan kimia terjadi jika partikel yang melekat bersifat korosif atau partikel lain yang bersifat korosif.

2.2.3 Unsur Besi atau Ferrum (Fe)

Besi dalam unsur periodik termasuk ke dalam golongan VIIIB yang mana besi memiliki nomor atom 26 dan masa atom relatif sebesar 55,85. Besi atau ferrum adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam didapat sebagai hematit. Keberadaan besi dalam perairan dapat dilihat secara visual yaitu timbulnya warna kuning dan kekeruhan. (Sutrisno, 2002)

Walaupun logam ini termasuk dalam logam esensial, tetapi kasus keracunan Fe sering dilaporkan terutama pada anak-anak. Pada sistem biologi seperti hewan, manusia dan tanaman, logam ini bersifat esensial, kurang stabil dan secara perlahan berubah menjadi fero (Fe II) atau feri (Fe III). Sumber utama pencemaran udara oleh Fe adalah pabrik besi dan baja. Inhalasi Fe oksida dari asap dan debu yang sering terjadi di lokasi pertambangan dapat menyebabkan radang paru-paru (*benigna pneumoconiosis*). Pada waktu pemeriksaan sinar

rontgen terlihat adanya endapan Fe (*siderosis*) dalam aveoli paru-paru. Kejadian toksisitas Fe ini jarang ditemukan pada peristiwa polusi udara lingkungan.

Unsur besi pada umumnya dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Banyaknya besi di dalam tubuh manusia dikendalikan pada fase absorpsi yang mana dalam tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan unsur besi sehingga hal ini dapat dilihat mereka yang sering mendapatkan transfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe (Soemirat, 1994).

Dalam upaya melakukan antisipasi pencegahan suatu kasus terjadinya keracunan logam yang lebih luas, perlu dilakukan pengamatan kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan yang menurun baik udara, air maupun makanan yang selalu digunakan penduduk setiap hari perlu diteliti. Bilamana suatu kawasan lingkungan yang mulai dipergunakan sebagai kawasan industri, maka perlu dipikirkan relokasi pemindahan penduduk ke daerah lain yang lebih bersih.

Disamping relokasi penduduk atau pengamatan atau monitor ini dilakukan secara berkala atau lebih sering disebut dengan *sampling*, dilakukan untuk lebih memudahkan dalam memantau lingkungan di daerah industri tersebut.

2.2.4 Dampak Besi Terhadap Manusia

Keracunan Fe dapat menyebabkan permeabilitas dinding pembuluh darah kapiler meningkat sehingga plasma darah merembes keluar. Akibatnya, volume darah menurun dan penyempitan jaringan. Keracunan Fe lebih sering dialami oleh anak-anak, terjadi karena banyak unsur-unsur yang mengandung Fe baik berupa obat-obatan maupun vitamin diberikan kepada anak-anak. Gejala yang sering terjadi muntah, sakit perut dan diare.

2.2.5 Unsur Mangan (Mn)

Mangan dalam unsur periodik termasuk ke dalam golongan VIIB yang mana mangan memiliki nomor atom 25 dan masa atom relatif sebesar 54,94. Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan.

2.2.6 Dampak Mangan Terhadap Manusia

- a) Bersifat toksis pada alat pernafasan
- b) Menyebabkan kerusakan pada hati

2.3 Analisa Sebaran Polutan di Udara

2.3.1 Angin

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Angin disebabkan oleh perbedaan tekanan atmosfer antara tempat yang satu dengan tempat yang lain. Udara bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah.

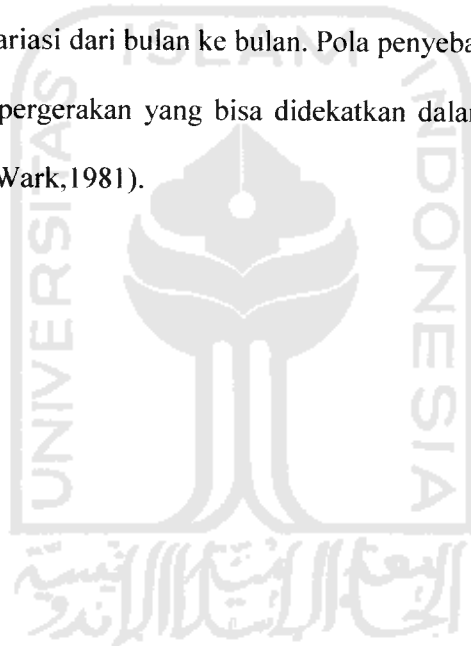
Kecepatan angin sangat penting dalam penentuan jarak transport, kecepatan zat pencemar melintasi atmosfer dan berkontribusi pada laju difusi zat pencemar. Apabila kecepatan angin makin besar, maka makin besar pula laju difusi zat pencemar tersebut. Sedangkan arah angin sangat menentukan jejak zat pencemaran dan daerah tujuan dari akumulasi zat pencemar.

Pengaruh kedua dari kecepatan angin yaitu percampuran bergolak, ditunjukkan oleh ukuran gelembung tersebut bergerak dalam arah angin. Angin yang lebih kuat lebih bersifat fluktuasi gerakan yang tidak teratur sehingga udara

tercemar lebih cepat tercampur dengan udara disekelilingnya dan menjadi lebih tipis. Pada angin lemah golongan lebih kecil dan kadar pencemaran tetap tinggi.

Data angin biasanya disajikan dalam bentuk *windrose* (mawar angin) yang menggambarkan arah, kecepatan dan banyaknya persentase angin pada kurun waktu tertentu.

Perkiraan yang akurat mengenai penyebaran partikulat di atmosfer memerlukan pengetahuan petunjuk mengenai frekuensi distribusi angin dan kecepatan angin. Tipe ini memberikan informasi yang penting dari kota ke kota dan sangat bervariasi dari bulan ke bulan. Pola penyebaran karakteristik dari udara lokal memiliki pergerakan yang bisa didekatkan dalam bentuk tabel atau dalam bentuk grafik. (Wark,1981).

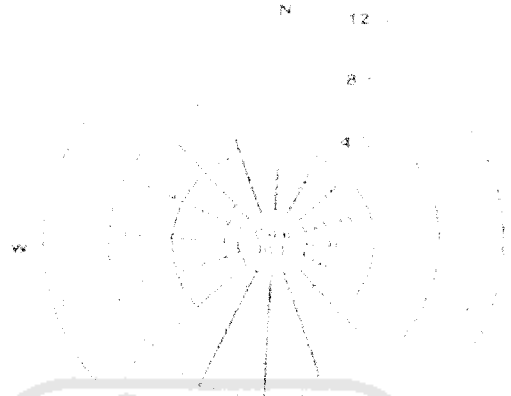


Tabel 2.1 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin

Arah	Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin					Total
	1-3	4-7	8-12	13-18	19-24	
N	3	4	8	4		19
NNE	4	10	3	2		19
NE	8	8	2	2		20
ENE	4	4	7	3		18
E	2	4	3	2		11
ESE	3	3	2	2		10
SE	12	10	15	5		42
SSE	6	17	20	5		48
S	16	24	24	6		70
SSW	7	31	17	3		58
SW	6	48	35	7		96
WSW	5	16	17	7		45
W	6	24	14	6		50
WNW	5	15	14	12		46
NW	4	4	18	28	4	58
NNW	2	8	18	9		37
Calm	73					
TOTAL	164	231	220	101	4	720

Tabel 2.1 merupakan daftar pendekatan kecepatan angin dan petunjuk dalam daerah perkotaan yang diamati dalam interval jam untuk periode 1 bulan/30 hari. Data tersebut biasanya melaporkan 8 petunjuk primer dan 8 petunjuk

sekunder dalam kompas. Jenis kecepatan angin dibagi menjadi beberapa jarak, ini ditunjukkan pada tabel di atas. (Wark,1981).

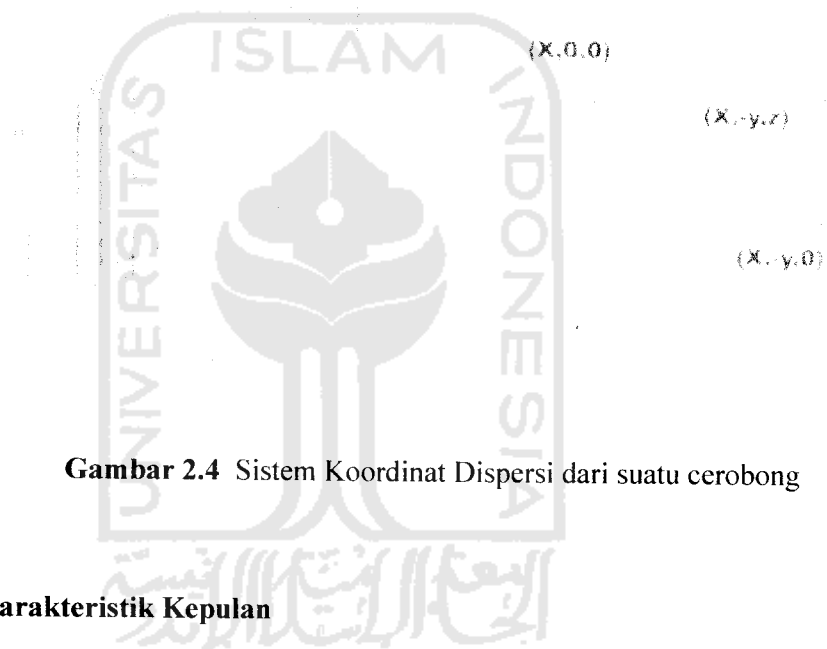


Gambar 2.3 Variasi Frekuensi pada titik koordinat (Wark, 1981)

Dari gambar di atas menunjukkan bentuk grafik dari data pada Tabel 2.1. variasi frekuensi pada titik koordinat memperlihatkan arah angin sebanding dengan panjang jari-jari lingkaran tersebut. Distribusi kecepatan angin menunjukkan panjang bagian dari jari-jari. Hasil yang diperoleh dari diameter menunjukkan persentase waktu yang tenang pada saat pengamatan. Segmen pertama menunjukkan persentase waktu 0 – 3 mil/jam, segmen selanjutnya menunjukkan 4 – 7 mi/jam, dan seterusnya. (Wark,1981)

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

karenanya dalam analisa distribusi sebaran polutan diperlukan beberapa informasi data mengenai dimensi cerobong, diantaranya mengenai data dari ketinggian cerobong, diameter cerobong, suhu cerobong dan kecepatan keluaran cerobong. Berikut ini adalah gambar sistem koordinat dispersi dari suatu cerobong.



Gambar 2.4 Sistem Koordinat Dispersi dari suatu cerobong

2.3.2 Karakteristik Kepulan

Bentuk keputan asap dari cerobong ditentukan oleh struktur turbulensi. Dengan menggunakan stabilitas atmosfer untuk menyatakan turbulensi memungkinkan pengklasifikasian karakteristik pola keputan menjadi lima tipe dasar, yaitu : (Nauli, 2005)

a) *Looping*

Terjadi jika gradien suhu berada diatas standar dan udara sangat turbulen. Ini dapat terjadi selama musim panas yang tidak berawan dimana matahari sangat terik.

b) *Coning*

Terjadi jika gradien suhu berada dibawah standar. Bentuk asapnya seperti kerucut (*cone*) dan penyebarannya lebih lambat dari "looping", tetapi jarak kontak pertama dengan tanah dari sumbernya akan lebih jauh. Ini sering terjadi pada malam hari dengan kecepatan angin sedang.

c) *Fanning*

Terjadi jika gradien suhu positif. Asap tersebar minimum karena udara sangat stabil.

d) *Lofting*

Terjadi jika suhu dibawah asap cenderung menaik, kemudian menurun lagi setelah melewati asap. Ini dapat terjadi pada sore hari karena suhu udara di atas tanah cenderung meningkat.

e) *Fumigation*

Terjadi jika suhu di bawah dan di atas asap sangat berbeda. Suhu di bawah asap cenderung menurun tetapi setelah melewati asap maka suhu cenderung menaik.

f) *Trapping*

Terjadi jika gradien suhu berubah-ubah. Dari tanah sampai ketinggian tertentu, suhu menaik kemudian turun dan naik lagi.

2.3.3 Pengukuran Kualitas Udara

Pengukuran kualitas udara didesain untuk mengukur semua jenis kontaminan udara, dibuat tanpa membedakan antara kontaminan alami yang ada dan hasil dari aktivitas manusia. Pengukuran kualitas udara terbagi menjadi tiga, yaitu (Siallagan, 1999) :

1. *Pengukuran Emisi*, disebut *sampling cerobong* jika sumber tetap yang dianalisis. Sampel diambil melalui suatu lubang atau *vent* pada cerobong untuk analisis di tempat. Tujuannya untuk :
 - a. Mengetahui dipenuhi atau tidaknya peraturan emisi pencemar udara yang ada oleh suatu sumber stasioner tertentu.
 - b. Mengukur tingkat emisi berdasarkan laju produksi industri yang ada (kesetimbangan proses dan emisi), sebagai data yang diperlukan oleh industri itu sendiri dalam mengevaluasi jalannya proses industri.
 - c. Mengevaluasi keefektifan metode pengendalian dan peralatan pengendali pencemar udara yang dipasang.
2. *Pengukuran Meteorologi*, pengukuran faktor-faktor meteorologi yang bertujuan untuk mendukung pengukuran kualitas udara ambien meliputi :
 - a. Kecepatan angin
 - b. Arah angin
 - c. Kelembaban
 - d. Temperatur/*lapse rate*
 - e. Dll yang diperhitungkan untuk mengetahui bagaimana polutan berpindah dari sumber ke penerima.

3. *Pengukuran Kualitas Udara Ambien*, dilakukan dengan berbagai alat pantau. Hampir semua bukti dampak kesehatan karena polusi udara berdasarkan pada korelasi efek ini dengan kualitas udara ambien terukur. Sampling udara ambien harus dilakukan pada kekerapan dan jangka waktu yang didasarkan pada pengaruh kesehatan yang mungkin timbul terhadap manusia yang terpapar, yang memberi gambaran paparan kronis, akut dan episodik.

Tujuannya untuk :

- a. Mengetahui tingkat pencemaran udara yang ada disuatu daerah dengan mengacu pada ketentuan dan peraturan yang berlaku.
- b. Menyediakan pengumpulan data (*base*) yang diperlukan dalam evaluasi pengaruh pencemaran dan pertimbangan perencanaannya.
- c. Mengamati kecenderungan tingkat pencemaran yang ada didaerah pengendalian pencemaran udara tertentu.
- d. Mengaktifkan dan menentukan prosedur pengendalian darurat guna mencegah timbulnya episode pencemaran udara.

2.4 Penetapan Lokasi Pemantauan

Titik-titik pemantauan ditempatkan sesuai maksud dan tujuan pengamatan suatu sumber pencemar tertentu, umumnya konfigurasi titik sebagai berikut :

- a. Titik sumber
- b. Daerah dampak
- c. Daerah referensi
- d. Pengaruh sumber lain

Titik-titik pengukuran yang dipilih diupayakan sedapat mungkin mengacu konfigurasi tersebut, kecuali pengukuran emisi tidak dilakukan.

2.4.1 Penetapan Lokasi Pemantauan Emisi

- a. Ditentukan berdasarkan lokasi proses seperti yang tercantum pada baku mutu emisi
- b. Ditentukan berdasarkan situasi lapangan sebagai hasil modifikasi proses produksi

2.4.2 Penetapan Lokasi Pemantauan Kondisi Meteorologi

Penetapan lokasi pemantauan meteorologi di sekitar industri dilakukan dengan pertimbangan (Siallagan, 1999) :

- a. Berlokasi pada salah satu lokasi pemantauan kualitas udara ambien.
- b. Untuk lokasi peralatan yang relatif dekat dengan bangunan/pohon tertinggi berlaku ketentuan :
 - a) Minimal 2,5 kali tinggi penghisap alat pemantauan kualitas udara ambien yang membentuk sudut 30° terhadap bangunan/pohon tertinggi
 - b) Minimal 2 meter lebih tinggi daripada bangunan/pohon tertinggi di sekitarnya
 - c) Tinggi lokasi penghisap alat pemantauan kualitas udara ambien minimal 3 meter
 - d) Tinggi lokasi peralatan pemantauan kondisi meteorologi minimal 10 meter.

- c. Untuk lokasi peralatan yang relatif jauh dengan bangunan/pohon tertinggi (jarak peralatan terhadap bangunan/pohon minimal 10 kali tinggi bangunan/pohon) berlaku ketentuan :
- a) Minimal 2,5 kali tinggi penghisap alat pemantauan kualitas udara ambien
 - b) Tinggi lokasi penghisap alat pemantauan kualitas udara ambien minimal 3 meter
 - c) Tinggi lokasi peralatan pemantauan kondisi meteorologi minimal 10 meter.

2.4.3 Penetapan Lokasi Pemantauan Ambien

- a. Pertimbangan dalam menetapkan lokasi pemantauan ambien meliputi .
(Siallagan, 1999) :
- a) Arah angin
 - b) Tata guna lahan
 - c) Tinggi cerobong
 - d) Luas sebaran bahan pencemar
- b. Titik lokasi pemantauan pada :
- a) Titik nilai ekstrim
 - b) Pada kawasan pemukiman
 - c) Kawasan kehidupan makhluk hidup lainnya
 - d) Pada tempat-tempat spesifik seperti rumah sakit, benda purbakala, dll
- Penetapan titik pemantauan dengan nilai ekstrim dilakukan dengan model dispersi atau pengamatan lapangan.

- e) Pada arah angin dominan, titik pemantauan kualitas udara ambien minimum 2 titik dengan menggunakan pada daerah pemukiman atau tempat-tempat sensitif. Data arah angin dapat merupakan data sekunder dari stasiun meteorologi terdekat atau data pengukuran langsung di lapangan yang dapat digolongkan dalam satuan sepanjang waktu untuk satu arah tertentu atau arah angin pada tiap periode tertentu yaitu harian, bulanan, tahunan (KEP-205/BAPEDAL/1996)

2.5 BAKU MUTU

1. KEP-02/MENKLH/1988 atau KEP-03/MENKLH/1991 tentang Baku Mutu Udara Ambien. (Siallagan, 1999)

“Udara ambien adalah udara emisi bercampur dengan udara lingkungan yang karena faktor meteorologi akan mengalami transportasi dan transformasi. Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke udara dan/atau berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.”

Baku mutu udara ambien adalah batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di udara, namun tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh-tumbuhan dan atau benda.

Tabel 2.2 KEP-02/MENKLH/1988 atau KEP-03/MENKLH/1991 tentang

Baku Mutu Udara Ambien

No	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN	BAKU MUTU	METODE ANALISIS	PERALATAN *)
1	Sulfur dioksida (SO ₂)	24 Jam	200 µg/m ³ (0.10 ppm)	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	Karbon monoksida (CO)	8 Jam	22600 µg/m ³ (20 ppm)	NDIR	NDIR Analyzer
3	Oksida Nitrogen (NO _x)	24 Jam	92.50 µg/m ³ (0.05 ppm)	Saltzman	Spektrofotometer
4	Oksidan (O ₂ , O ₃)	1 Jam	200 µg/m ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5	Debu (TSP)	24 Jam	0.26 mg/m ³	Gravimetri	Hi-Vol
6	Timah Hitam (Pb)	24 Jam	0.06 mg/m ³	Gravimetri Ekstraktif	Hi-Vol AAS
7	Hidrogen sulfida (H ₂ S)	30 menit	42 µg/m ³ (0.03 ppm)	Mercurythiocyanate	Spektrofotometer
8	Amonia (NH ₃)	24 Jam	1360 µg/m ³ (2 ppm)	Nessler	Spektrofotometer
9	Hidrokarbon (HC)	3 Jam	160 µg/m ³ (0.24 ppm)	Flame ionization	Gas Chromatograph

Keterangan :

- ✓ Yang dimaksud dengan "waktu pengukuran" adalah waktu perataan (*average time*) dan untuk pengukuran tiap jam dilakukan perhitungan secara "Rata-rata geometrik".
- ✓ Standar H₂S tidak berlaku untuk daerah yang mengandung H₂S secara alami.
- ✓ *) = yang dianjurkan
- ✓ NIDR = Non-Dispersive Infrared
- ✓ Hi-Vol = High Volume Sampling Method
- ✓ AAS = Atomic Absorption Spectrofotometer

2. KEP-13/MENLH/3/1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak
Baku mutu emisi sumber tidak bergerak adalah batasan maksimum emisi yang diperbolehkan dimasukkan ke dalam lingkungan. Emisi adalah makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain yang dihasilkan dari kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke mutu udara ambien. Batas maksimum adalah kadar tertinggi yang masih diperbolehkan di buang ke udara ambien.

Baku mutu emisi sumber tidak bergerak untuk jenis kegiatan : Industri besi baja, Industri pulp dan kertas, Pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara, Industri semen dan selain keempat jenis kegiatan tersebut wajib memenuhi ketentuan :

Lampiran A untuk kegiatan yang telah beroperasi sebelum keputusan ini keluar.

Lampiran B untuk semua kegiatan wajib dipenuhi selambat-lambatnya 1 Januari 2000.

3. Surat Edaran Departemen Perindustrian – Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Nomor 655/Bd/IV/1995 Perihal ketentuan Waktu Pengambilan Sampel Kualitas Udara.

Waktu pengambilan sampel udara sebaiknya mengikuti KEP-02/MENKLH/I/1988, bila ditemui kendala teknis di lapangan minimal dilakukan pengambilan sampel udara berikut :

- a. Bagi rencana kegiatan yang akan menyusun studi AMDAL, UKL dan UPL, pengambilan sampel udara ambien dapat dilakukan 1 kali selama 3 jam pada siang hari (pukul 09.00 – 14.00).

b. Bagi kegiatan yang telah berlangsung yang akan menyusun studi AMDAL, UKL dan UPL atau laporan monitoring, pengambilan sampel dilakukan minimal 3 kali dengan lokasi pengambilan yang tetap dan selanjutnya hasil pengukuran dirata-ratakan secara geometrik dengan perincian waktu sebagai berikut :

- pagi : 08.00 – 12.00 : selama 3 jam

- siang/sore : 13.00 – 17.00 : selama 2 jam

- sore/malam : 18.00 – 22.00 : selama 1 jam

4. PP Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Peraturan ini maksudnya sebagai revisi terhadap KEP-02/MENKLH/I/1988.



Tabel 2.3 PP Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

NO	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN	BAKU MUTU	METODE ANALISIS *)	PERALATAN *)
1	Sulfur dioksida (SO ₂)	1 jam 24 jam 1 tahun	900 µg/Nm ³ 365 µg/Nm ³ 60 µg/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	Karbon monoksida (CO)	1 jam 24 jam	30000 µg/Nm ³ 10000 µg/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
3	Oksida Nitrogen (NO _x)	1 jam 24 jam 1 tahun	400 µg/Nm ³ 150 µg/Nm ³ 100 µg/Nm ³	Salzman	Spektrofotometer
4	Oksidan (O ₂ , O ₃)	1 jam 1 tahun	235 µg/Nm ³ 235 µg/Nm ³	Chemiluminoscent	Spektrofotometer
5	Hidrokarbon (HC)	3 jam	160 µg/Nm ³	Flame ionization	Gas Chromatograph
6	PM 10 (partikel <10 µm)	24 jam	150 µg/Nm ³	Gravimetri	Hi-Vol
7	PM 2,5 (partikel <2,5 µm)	24 jam 1 tahun	65 µg/Nm ³ 15 µg/Nm ³	Gravimetri	Hi-Vol
8	Debu (TSP)	24 jam 1 tahun	230 µg/Nm ³ 90 µg/Nm ³	Gravimetri	Hi-Vol
9	Timah Hitam (Pb)	24 jam 1 tahun	2 µg/Nm ³ 1 µg/Nm ³	Gravimetri Ekstraktif Pengabuan	Hi-Vol AAS
10	Debu Jatuh (<i>dust fall</i>)	30 hari	10 ton/km ² /bln (pemukiman) 20 ton/km ² /bln (industri)	Gravimetri	Cannister
11	Total Flourida (sebagai F)	24 jam 90 hari	3 µg/Nm ³ 0,5 µg/Nm ³		
12	Indeks F	30 hari	40 µg/Nm ³ 1 µg/Nm ³		
13	Klorin & Klorin dioksida	24 jam	150 µg/Nm ³		
14	Indeks Sulfat	30 hari	1 mg SO ₃ /100cm ³		

2.6 Gambaran Wilayah Penelitian

PT. Krakatau Steel merupakan salah satu industri baja terbesar di Asia Tenggara. Perusahaan milik negara ini terletak di Kawasan Industri Krakatau, Cilegon – Banten, Indonesia, yang menempati areal seluas ± 270 Ha. Mempunyai tujuh buah pabrik yang mempunyai hasil produksi yang berbeda-beda, antara lain yaitu pabrik besi spon (*Direct Reduction Plant*), pabrik slab baja (*Slab Steel Plant*) yang mempunyai dua pabrik dengan hasil produksi yang sama namun beda kuantitasnya, pabrik baja billet (*Billet Steel Plant*), pabrik plat baja canai panas (*Hot Strip Mill*), pabrik batang kawat (*Wire Rod Plant*) dan pabrik plat baja canai dingin (*Cold Rolling Mill*).

Proses produksi baja di Krakatau Steel berlangsung melalui dua tahapan utama, yaitu *Steel making* dan *Iron making*. *Iron making* adalah tahapan pertama pembuatan baja, yaitu pembuatan besi *spons* yang berlangsung di pabrik besi spon (*Direct Reduction Plant*). Disini bahan baku yang disebut *pellet* direduksi secara langsung (*direct reduction*) di dalam reaktor yang menggunakan gas alam (CH_4) sebagai bahan baku proses *steel making*, pabrik ini menghasilkan besi spon (Fe) dari *iron ore pellet* (Fe_2O_3 dan Fe_3O_4).

Steel making adalah proses pembuatan baja, dimana tahap ini terjadi di Pabrik Slab Baja dan Pabrik Billet Baja. Pada kedua pabrik ini, besi *spons* dilebur pada suhu 1600°C - 1660°C didalam *Electric Air Furnace* (tungku busur listrik). Baja cair ini kemudian dituang dalam cetakan *billet* atau *slab*. Bahan baku utama pada pembuatan slab dan billet antara lain :

1. *Scrab* (besi tua), yang dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

- a. *Home Scrab*, yaitu *scrab* yang berasal dari dalam PT Krakatau Steel
 - b. *Local Scrab*, yaitu *scrab* yang berasal dari dalam negeri di luar PT Krakatau Steel
 - c. *Import Scrab*, yaitu *scrab* dari luar negeri
 - d. *Scale*, yaitu sisa-sisa hasil potongan baja billet yang tidak terpakai
2. *Spon* (bijih besi) atau *Direct Reduction Iron/DRIi*, yaitu biji besi yang berasal dari pabrik besi spon.
 3. *Cold Bricket Iron (CBI)*, yaitu debu besi spon yang telah dipres atau *Hot Bricket Iron (HBI)*.
 4. Materi operasi, yang terdiri dari material tambahan seperti materi *Ferro Alloys* seperti FeSi, FeMn, FeV, grafit dan elektroda.
 5. Kapur baker (CaO) yang berfungsi sebagai pembentuk slag (kotoran/residual) atau terak yang tidak diinginkan, mengikat unsur-unsur yang tidak berguna misalnya fosfor (P) dan sulfur (S) dan juga meningkatkan *basity* (daya tahan *refactory* terhadap keadaan asam di dapur)

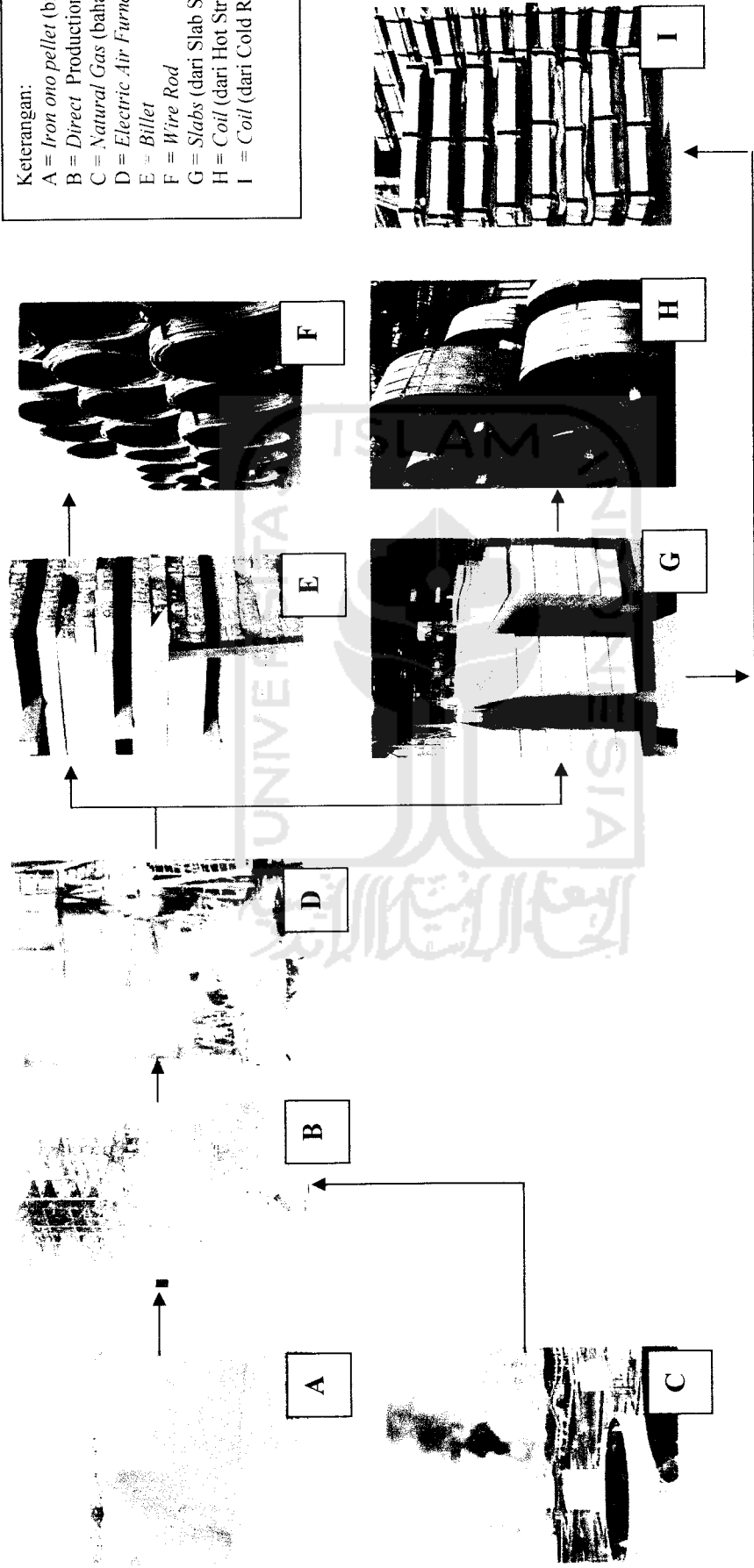
Selanjutnya dilakukan proses rolling, dimana terjadi di Pabrik Batang Kawat (*Wire Rod Mill*), baja lembaran panas (*Hot Strip Mill*) dan baja lembaran dingin (*Cold Rolling Mill*).

Pabrik batang kawat akan menghasilkan batang kawat dari *billet* baja dan pabrik baja lembaran panas akan menghasilkan *coils* (baja lembaran) dari *slab* baja. Dari *coil* ini akan diproses menjadi lembaran yang lebih tipis dengan menggunakan penarikan dan penggilingan di pabrik baja lembaran dingin (*Cold*

Rolling Mill). Untuk urutan produksi dari PT. Krakatau Steel sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.5 sebagai berikut :



Keterangan:
 A = Iron ore pellet (bijih besi)
 B = Direct Production Plant
 C = Natural Gas (bahan bakar)
 D = Electric Air Furnace
 E = Billet
 F = Wire Rod
 G = Slabs (dari Slab Stell Plant)
 H = Coil (dari Hot Strip Mill)
 I = Coil (dari Cold Rolled Mill)



Gambar 2.5 Skema Produksi Pabrik PT. Krakatau Steel