

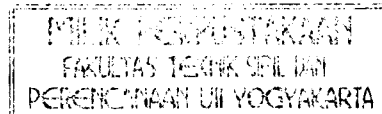
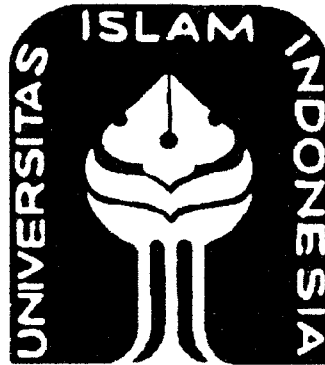
TA/TL/2005/037

**TUGAS AKHIR**

PERPUSTAKAAN FTSP UI	
HADIAN/REMI	
TGL. TERIMA :	27 Mei 2006
NO. JUDUL :	001984
NO. INV. :	5200001984001
NO. JUDUL :	

**EVALUASI LOKASI TITIK SAMPLING DEBU JATUH  
TERHADAP LOKASI CEROBONG  
di PT KRAKATAU STEEL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar S1 Teknik Lingkungan**



Oleh :

**Nama : IKA OKTIANI CHOERUNNISA**  
**NIM : 00 513 005**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2005**




**TUGAS AKHIR**  
**EVALUASI LOKASI TITIK SAMPLING DEBU**  
**JATUH TERHADAP LOKASI CEROBONG**  
**di PT. KRAKATAU STEEL**


**Nama : IKA OKTIANI CHOERUNNISA**  
**No. Mhs : 00 513 005**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**DR. Ir. Ret. Nat Agus Taftazani**  
**Dosen Pembimbing I**

  
\_\_\_\_\_  
Tanggal : 05/Sept/05

**Luqman Hakim ST., Msi**  
**Dosen Pembimbing II**

  
\_\_\_\_\_  
Tanggal : 20/9/05



*Kupersembahkan karya ini teruntuk  
Ayahku Drs. H. Basuki M. Ag  
Ibuku Hj. Ikhsaniyah  
Dan Adikku Rani Oktiani Nur Faoziah*

*Kita hidup dari apa yang kita dapatkan  
Kita bahagia dari apa yang kita berikan  
(Kahlil Gibran - Sang Nabi)*





THE  
LIBRARY OF THE  
MICHIGAN STATE UNIVERSITY  
EAST LANSING, MICHIGAN 48824  
U.S.A.

## KATA PENGANTAR



Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penyusun bersyukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan yang diharapkan, amien.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dalam menempuh jenjang sarjana. Laporan ini berjudul EVALUASI TITIK SAMPLING DEBU JATUH TERHADAP LOKASI CEROBONG di PT. KRAKATAU STEEL. Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Luthfi Hasan, Rektor Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Ir. H. Kasam, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan UII
3. Bapak DR. Ir. Ret. Nat Agus Taftazani, selaku Dosen Pembimbing 1
4. Bapak Luqman Hakim, ST., M.Si, selaku Dosen Pembimbing 2
5. Bapak Andik Yulianto, ST dan Eko Siswoyo, ST selaku Koordinator Tugas Akhir
6. Seluruh Dosen dan Karyawan di lingkungan FTSP UII, khususnya pada Jurusan Teknik Lingkungan
7. PT Krakatau Steel, yang telah mengizinkan penyusun untuk melakukan penelitian
8. Staf Divisi PT Krakatau Steel, Pak Bachrudin dan Pak Subiyarman selaku pembimbing lapangan (*keep on smile* ya pak, biar pusing yang penting ketawa), Ibu Eka, Pak Soedarjoto, Pak Nandang (thanks AAS-nya pak), Pak Nur Basuki, Ibu Esti, Pak Amin, Pak Yusuf, Mas Sinung dan Mas Didin (Makasih udah bantu muter-muter sampling), Pak Yadi (Makasih udah bawa qta-qta muter kawasan), para staf lainnya yang tidak dapat disebutkan satu

- persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, Zona B-08 dan A-03 yang telah mengantarkanku pergi dan pulang kantor
9. Ayahku Drs.H. Basuki. M.Ag dan Ibu Hj. Ikhsaniyah serta adikku Rani Oktiani Nur Fauziah si calon dokter yang telah memberikan semangat, doa restu, bantuan moral dan materiil (Maturnuwun banget.....)
  10. Rekan-rekan praktikan pada divisi K3LH, Oci dan Titin (thanks ya udah banyak bantu, meski sering kabur.....he..he)
  11. Fajar "Japra"+ Ical . Ni2d+Desy UI, thanks guys udah nengokin aku pas TA, kalian datang disaat dibutuhkan.....
  12. Kak Adi, Mbak Iis, Sheva (makasih udah boleh ikut numpang tidur), Bapak-Ibu Kurdi, Kakek-Nenek, Mak Sari dan Sari yang udah bawa cerita sendiri....
  13. *My best friend* Astri Chaerina (*birong*) dan Dian Susanti, *thanks for your support to me, and everything you gived to me, thanks for your help, guys you always in my heart.....*
  14. Achenk"Aldy" (kapan main lagi.....), Sani"Zaenal" (thanks titipannya), Adi, Adek, Dudi (Ayo kamu bisa), Rio. Sari. Endah, Kartini (makasih udah boleh ngeganggu ngerjain), Aulia (makasih udah sering dianter...), Noni (kapan ngopi lagi), Peggy, Asti (Jualan yuk...), Datuk (*no comment*), Irma (chayo) Yayasan "pak dhe", Arif (Chayoo), Ponda (meski ekonomi, yang nyampe tujuan kok), *Enviro Community* 2000, Fikri (makasih atas semuanya yaa), Mba Novi, Anri, Bahrin, Cika, Nana (temen-temen seperjuangan), Fachri, Hakim, Rini, Edo, Fadly (All friend in enviro'00), Iden Arc'00 (jalan yuk), *Enviro Community* 2001-2004, Ms Panji (thanks for support), Ms Adi (thanks udah mbantuin mbikin peta),
  15. H 5427 VF + H 6564 YS yang udah setia nganter kmana aku pergi.
  16. Temen-temen kosku Diana arch'00 (Maju terus pantang Diana mundur), Erna Tkimia'00 (ngegosip apa minum ronde??), Astuti Tindustri'01 (Tut, nyari majalah mutiara yuk..), Amel T.elektro'01 (kapan nyari *Software* lagi), Demi Tinformatika'02 (Ojo seneng nesu tho...), Mba Erna (ke Bringharjo yuk), MeRRy si Meriot (Kimia'02), Ayu Teksti!'01 (ngrujuk yuk), Ida Kimia'02

(sassy girl). Makasih udah memberi warna-warni pada hidupku, aku belajar banyak dari kalian....

17. Bapak - Ibu Budi Tri S, makasih kos-kosan + mesin cucinya....., mba Yem (makasih camilannya)
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu baik moril maupun materiil, supportnya makasih banget ya!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

**PENYUSUN**

Ika Oktavia Choerunnisa

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Halaman Persembahan.....	ii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar .....	x
Kata Pengantar.....	xi
Abstrak.....	xii
Abstrack.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pencemaran Udara.....	4
2.2 Partikulat.....	9
2.2.1 Jenis Partikulat.....	10
2.2.2 Dampak Partikulat terhadap Lingkungan.....	11
2.2.3 Unsur Besi.....	13
2.2.4 Dampak Besi terhadap Manusia.....	14
2.2.5 Unsur Mangan.....	15
2.2.6 Dampak Mangan terhadap Manusia.....	15
2.3 Analisa Sebaran Polutan di Udara.....	15
2.3.1 Angin.....	15
2.3.2 Karakteristik Kepulan.....	19
2.3.3 Pengukuran Kualitas Udara.....	21
2.4 Penetapan Lokasi Pemantauan.....	22



2.4.1 Penetapan Lokasi Pemantauan Emisi.....	23
2.4.2 Penetapan Lokasi Pemantauan Kondisi Meteorologi.....	23
2.4.3 Penetapan Lokasi Pemantauan Ambien.....	24
2.5 Baku Mutu.....	25
2.6 Gambaran Wilayah Penelitian.....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi Penelitian.....	34
3.2 Waktu Penelitian.....	34
3.3 Parameter Penelitian.....	34
3.4 Prosedur Penelitian.....	35
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	36
3.5.1 Analisa Pengumpulan Data.....	36
3.5.2 Bahan dan Alat yang Digunakan.....	36
3.5.3 Perhitungan Data di Lapangan.....	37
3.6 Analisa Data.....	42
3.6.1 Kandungan Partikel Debu.....	42
3.6.2 Distribusi Normal/Gauss.....	42
3.6.3 Kecepatan Angin pada Ketinggian Cerobong.....	44
3.6.4 Tinggi Semburan.....	44
3.6.5 Tinggi Efektif Cerobong.....	45
<b>BAB IV HASIL PEMBAHASAN</b>	
4.1 Kondisi Meteorologi.....	46
4.1.1 Kondisi Meteorologi.....	46
4.1.2 Kondisi Meteorologi Saat Sampling.....	54
4.2 Letak Geografis Titik Sampling Debu Jatuh.....	57
4.3 Letak Geografis Cerobong.....	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA .....	81
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin.....	17
Tabel 2.2 KEP-02/MENKLH/1988 atau KEP-03/MENKLH/1991 tentang Baku Mutu Udara Ambien.....	26
Tabel 2.3 PP Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara...	29
Tabel 3.1 Koefisien Dispersi Gauss.....	43
Tabel 3.2 Nilai Eksponen.....	44
Tabel 4.1 Data Angin dan Kelembapan 2002-2005.....	46
Tabel 4.2 Arah Angin Rata-rata Musim Kemarau 2002-2005.....	47
Tabel 4.3 Arah Angin Rata-rata Musim Penghujan 2002-2005.....	47
Tabel 4.4 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2002.....	48
Tabel 4.5 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2002.....	49
Tabel 4.6 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2002.....	50
Tabel 4.7 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2002.....	51
Tabel 4.8 Letak Geografis Titik Sampling Debu Jatuh.....	57
Tabel 4.9 Komposisi Fe dan Mn.....	60
Tabel 4.10 Komposisi Debu Jatuh Fe dan Mn.....	62
Tabel 4.11 Letak Geografis Cerobong.....	64
Tabel 4.12 Jarak Antar Cerobong PT. Krakatau Steel.....	65
Tabel 4.13 Jarak Cerobong Dengan Titik Terluar PT Krakatau Steel.....	65
Tabel 4.14 Jarak Cerobong terhadap Garis Bujur Timur dan Lintang Selatan....	66
Tabel 4.15 Penentuan <i>Downwind</i> dan <i>Crosswind</i> .....	67
Tabel 4.16 Cerobong A.....	69
Tabel 4.17 Cerobong B.....	70
Tabel 4.18 Cerobong C.....	71
Tabel 4.19 Cerobong D.....	72
Tabel 4.20 Cerobong E.....	73
Tabel 4.21 Cerobong F.....	74
Tabel 4.22 Cerobong G.....	75
Tabel 4.23 Lokasi Titik sampling terhadap cerobong.....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Pemaparan Kontaminan di Udara.....	5
Gambar 2.2 Penggolongan Pencemar Udara Menurut Wujud Kimia.....	6
Gambar 2.3 Variasi Frekuensi pada Titik Koordinat.....	18
Gambar 2.4 Sistem Koordinat Dispersi dari suatu Stack.....	19
Gambar 2.5 Skema produksi pabrik PT. Krakatau Steel.....	34
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian.....	36
Gambar 3.3 Prosedur Kerja preparasi Sampel.....	42
Gambar 4.1 Variasi Frekuensi pada koordinat tahun 2002 .....	52
Gambar 4.2 Variasi Frekuensi pada koordinat tahun 2003 .....	52
Gambar 4.3 Variasi Frekuensi pada koordinat tahun 2004 .....	52
Gambar 4.4 Variasi Frekuensi pada koordinat tahun 2005 .....	52
Gambar 4.5 Peta Titik Sampling Debu Jatuh.....	53
Gambar 4.6 Korelasi Kelembapan Tahun 2002-2005.....	54
Gambar 4.7 Korelasi Kecepatan Angin Rata-rata Tahun 2002-2005.....	54
Gambar 4.8 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $g/m^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $g/m^3$ ) dari cerobong A terhadap titik sampling .....	69
Gambar 4.9 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $g/m^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $g/m^3$ ) dari cerobong B terhadap titik sampling .....	70
Gambar 4.10 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $g/m^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $g/m^3$ ) dari cerobong C terhadap titik sampling .....	71
Gambar 4.11 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $g/m^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $g/m^3$ ) dari cerobong D terhadap titik sampling .....	72

Gambar 4.12 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dari cerobong E terhadap titik sampling .....	73
Gambar 4.13 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dari cerobong F terhadap titik sampling .....	74
Gambar 4.14 Perbandingan Berat Debu Jatuh ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) hasil perhitungan matematika dengan hasil pengukuran ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dari cerobong G terhadap titik sampling .....	75

## ABSTRAK

PT. Krakatau Steel sebagai industri baja terbesar di Asia Tenggara yang mempunyai tujuh pabrik utama, memiliki kecenderungan untuk menghasilkan bahan-bahan pencemar ke lingkungan sekitar, salah satunya debu jatuh.

Bertambahnya jumlah penduduk, kondisi transportasi dan vegetasi di lingkungan sekitar pabrik mempengaruhi perubahan distribusi dan arah sebaran debu jatuh membuat diperlukannya evaluasi titik pantau debu jatuh, dengan memperhatikan hal-hal diatas dan kondisi awal kota Cilegon pada saat PT Krakatau Steel berdiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui frekuensi arah dan kecepatan angin terhadap sebaran debu jatuh yang dikeluarkan dari cerobong PT. Krakatau Steel dan mengevaluasi titik lokasi sampling terhadap lokasi cerobong PT. Krakatau Steel.

Metode penelitian ini meliputi pengambilan sampel debu jatuh pada 50 titik sampling kemudian diambil 15 sampel dari 3 kawasan meliputi perkotaan, perkampungan dan industri yang berat debunya melebihi baku mutu sebesar 20 ton/km<sup>2</sup>/bulan pada kawasan industri dan 10 ton/km<sup>2</sup>/bulan pada kawasan pemukiman, sesuai PP No 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Dimana sampel tersebut akan dianalisa dengan spektrometri untuk unsur Mn total dan titrimetri untuk unsur Fe total. Pengumpulan data meteorologi meliputi arah angin, kecepatan angin dan kelembapan, yang digunakan untuk penentuan *overlay* arah dan jarak titik sampling serta untuk pembuktian sebaran debu jatuh terhadap arah angin, juga menggunakan rumus distribusi Gauss untuk penentuan arah dan jarak sebaran.

Hasil penelitian menunjukkan frekuensi arah angin pada tahun 2002 cenderung dari 180° - 0°, tahun 2003 dari 225° - 0°, tahun 2004 dari 270° - 90° dan tahun 2005 dari 22,5° - 45°. Kecepatan rata-rata berkisar antara 2,1 m/s – 2,6 m/s pada tahun 2002 - 2005. Hasil pengukuran didapat berat debu dari masing-masing cerobong yaitu 3,65 g/m<sup>3</sup> dari cerobong A; 59,66 g/m<sup>3</sup> dari cerobong B; 13,37 g/m<sup>3</sup> dari cerobong C; 91,65 g/m<sup>3</sup> cerobong D; 78,16 g/m<sup>3</sup> pada cerobong E; 24,56 g/m<sup>3</sup> pada cerobong F dan 7,59 g/m<sup>3</sup> pada cerobong G. Dengan dilakukannya perhitungan matematika menggunakan rumus distribusi Gauss, didapat hasil yang akan dibandingkan dengan berat debu hasil pengukuran diatas. Sehingga didapatkan delapan titik sampling yang perlu dipertimbangkan untuk dipindah atau tetap yaitu nomor 1, 7, 40, 41, 46, 16, 2 dan 6, dua titik sampling yang perlu dipindah yaitu nomor 8 dan 47, dan lima titik sampling yang tetap dipergunakan yaitu nomor 3, 42, 13, 4 dan 5.

Kata kunci :

Cerobong, frekuensi, arah angin, kecepatan angin, debu jatuh, distribusi Gauss

## ABSTRACT

PT Krakatau Steel as the biggest steel industry in Southeast Asia having seven main factories, has an inclination to produce pollutant materials to environment surrounding, one of them is falling dust.

The amount of increasing population, transportation condition and vegetation surround the factories affect distribution change and direction of falling dust spread, by watching at those matters above and the early condition of Cilegon city when PT Krakatau Steel exist. The present study has purpose at knowing the direction frequency and the wind velocity to the falling dust spread produced through PT Krakatau Steel stacks and to evaluate sampling location point toward the cerobong location of PT Krakatau Steel.

A method in the study comprised taking of falling dust sample in 50 sampling points then it was taken 15 samples from 3 areas consisted of urban, village and industry having dust weight more than the quality standard as big as 20 ton/km<sup>2</sup>/month in industrial area and 10 ton/km<sup>2</sup>/month in settlement area, according to the Governmental Regulation No. 41 of 1999 on Control of the Air Pollution. The sample then analyzed with a spectrometry for its total Mn substance and titrimetry for its total Fe substance. Collecting of meteorology data comprises wind direction, wind velocity and humidity that will be used to determination of overlay direction and distance of sampling point and also authentication of the falling dust spread to the wind direction by using the Gauss distribution formula to determine the direction and distance of spread.

Results of the study showed the frequency of wind direction in 2002 tended from 180° – 0°, in 2003 from 225° – 0°, in 2004 from 270° – 90° and in 2005 from 22,5° – 45°. The average velocity ranged between 2,1 m/s – 2,6 m/s in 2002 – 2005. From the measurement outputs it was obtained the weight of dust from each stacks that is 3,65 g/m<sup>3</sup> from stack A; 59,66 g/m<sup>3</sup> from stack B; 13,37 g/m<sup>3</sup> from stack C; 91,65 g/m<sup>3</sup> from stack D; 78,16 g/m<sup>3</sup> from stack E; 24,56 g/m<sup>3</sup> from stack F and 7,59 g/m<sup>3</sup> from stack G. By doing mathematical calculation using the Gauss distribution formula, it was obtained results that will be compared with the dust weight obtained from the above measurement. Then we got eight sampling points that needed to be considered to be altered or permanent that is number 1, 7, 40, 41, 46, 16, 2 and 6, two sampling points needed to be altered are number 8 and 47, and five sampling points that are still used are numbers 3, 42, 13, 4 and 5.

Keywords:

Stack, frequency, wind direction, wind velocity, falling dust, Gauss distribution

# BAB I PENDAHULUAN

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan makhluk hidup di bumi ini, namun seiring dengan meningkatnya pembangunan fisik kota, pusat-pusat industri serta bertambahnya alat transportasi maka kualitas udara telah mengalami perubahan. Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar ke dalam udara.

PT. Krakatau Steel merupakan salah satu industri baja yang memproduksi di kota Cilegon memiliki komitmen untuk menjaga kualitas udara agar tidak semakin tercemar, ini dibuktikan dengan adanya *monitoring* kualitas udara secara berkala. Permasalahan debu jatuh di PT. Krakatau Steel cukup mendapat perhatian khusus, hal ini dikarenakan kuantitas atau jumlah dari debu jatuh yang ditimbulkan cukup banyak sehingga diperlukan *monitoring* tiap bulannya.

Dalam *monitoringnya* PT. Krakatau Steel membagi daerah sebaran debu jatuh menjadi 3 kawasan, yaitu kawasan industri memiliki 27 titik sampling, kawasan perkampungan memiliki 12 titik sampling dan kawasan perkotaan memiliki 11 titik sampling.

Dampak debu jatuh akan berpengaruh pada manusia jika polutan partikel atau debu jatuh masuk ke dalam tubuh manusia melalui sistem pernapasan. Faktor yang paling berpengaruh terhadap sistem pernafasan terutama adalah dimensi partikel, karena dimensi partikel yang menentukan seberapa jauh partikel masuk



ke dalam sistem pernafasan. Debu jatuh juga berpengaruh terhadap tanaman terutama karena bentuk debunya, dimana jika debu tersebut bergabung dengan uap air/hujan akan membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun sehingga proses fotosintesis dari tanaman akan terganggu.

Selain itu bertambahnya jumlah penduduk, kondisi transportasi dan vegetasi di lingkungan sekitar pabrik membuat diperlukan evaluasi titik pantau debu jatuh, dengan memperhatikan hal-hal diatas dan kondisi awal kota Cilegon pada saat PT. Krakatau Steel berdiri. Dengan menggunakan parameter Fe dan Mn yang merupakan kandungan terbesar pada buangan dari sumber polutan (cerobong).

### **1.2. Rumusan Masalah**

- a. Apakah titik pantau debu yang telah ditetapkan dan dijadikan sebagai titik monitoring debu jatuh di PT. Krakatau Steel masih relevan untuk kondisi sekarang ini ?
- b. Apakah faktor arah angin, kecepatan dan kelembapan berpengaruh terhadap arah dan jarak sebaran debu jatuh ?

### **1.3 Batasan Masalah**

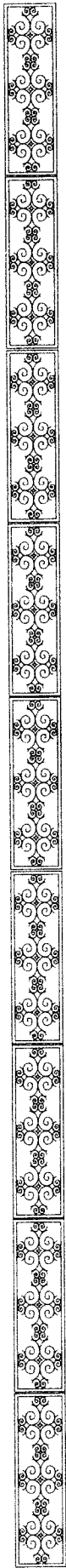
Penelitian ini hanya dibatasi pada arah dan jarak sebaran debu jatuh.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

- a. Meneliti frekuensi arah dan kecepatan angin terhadap sebaran debu jatuh yang dikeluarkan dari cerobong PT. Krakatau Steel.
- b. Mengevaluasi titik lokasi sampling terhadap lokasi cerobong PT. Krakatau Steel.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam menentukan kebijakan pemantauan lingkungan di PT. Krakatau Steel.
- b. Bagi peneliti, penelitian ini merupakan refleksi dari penerapan ilmu yang didapat di bangku kuliah dan juga untuk menambah pengalaman peneliti dalam menghadapi suatu permasalahan pencemaran lingkungan.
- c. Memberikan motivasi kepada peneliti yang lain yang tertarik guna mengadakan penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan hasil yang diperoleh khususnya tentang *dust fall* (debu jatuh).



# BAB 2

# TINJAUAN PUSTAKA

## **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)

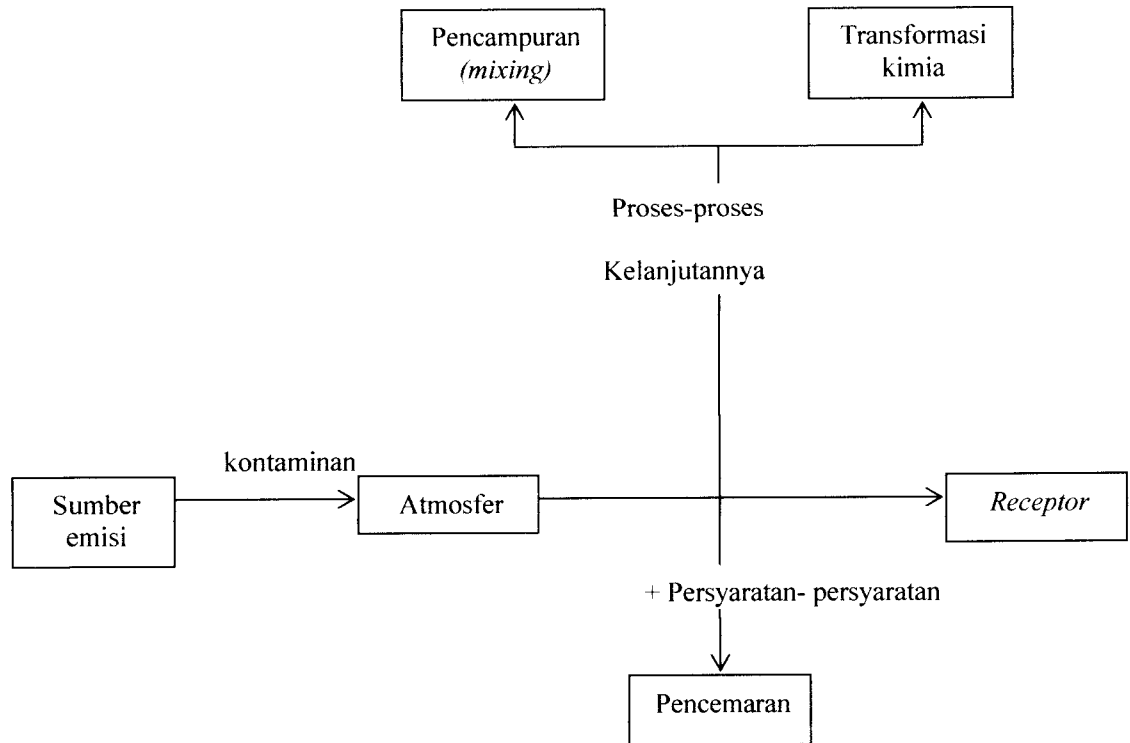
Sedangkan berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah : “Masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia 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

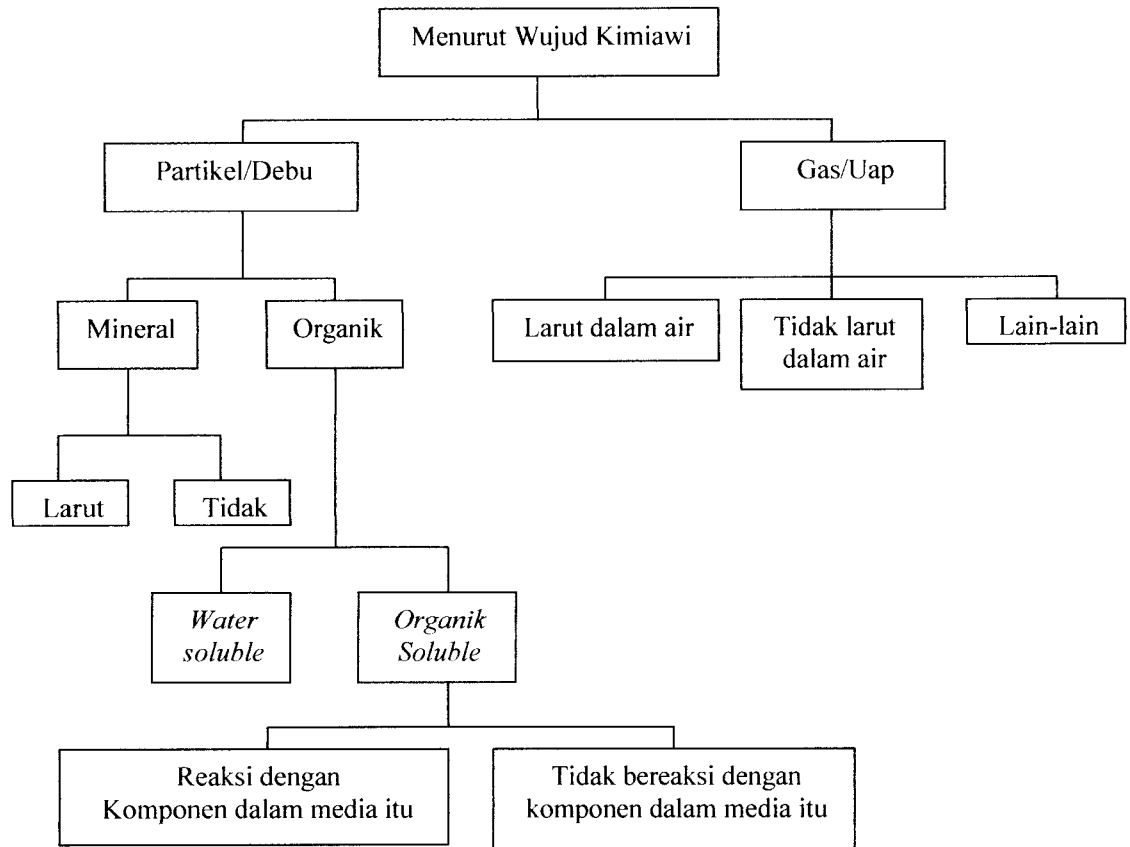
2. Atmosfer

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 di udara 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  $H_2O$  dan karbondioksida ( $CO_2$ ). 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<sub>x</sub>) 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 ( $\text{SiO}_2$ )
- c) Debu alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- d) Oksida-oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  atau  $\text{Fe}_2\text{O}_4$ )

## 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  $8 \times 10^{-5}$  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  $\mu\text{m}$  hingga 10  $\mu\text{m}$ .
- 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 CO<sub>2</sub> 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 pencampuran 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 golakan 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).

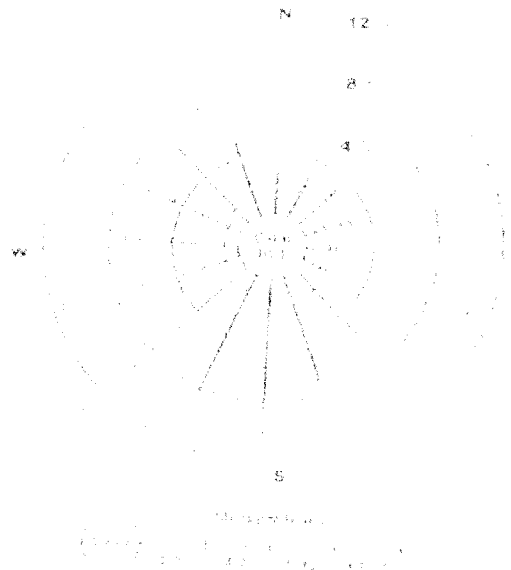


**Tabel 2.1 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin**

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					
<b>TOTAL</b>	<b>164</b>	<b>231</b>	<b>220</b>	<b>101</b>	<b>4</b>	<b>720</b>

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).

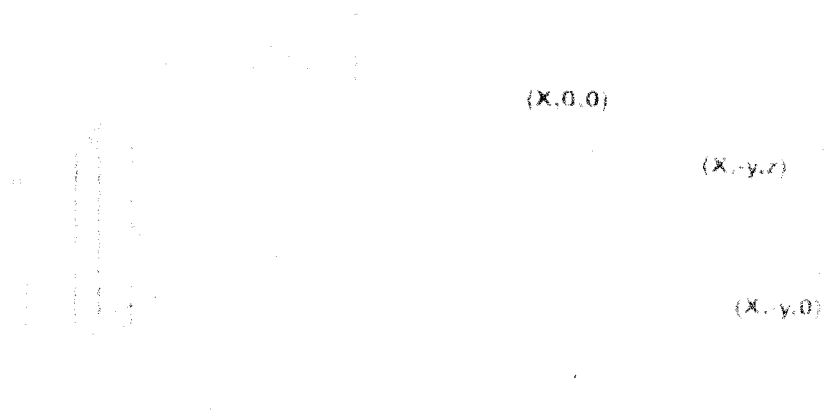


**Gambar 2.3** Variasi Frekuensi pada titik koordinat (Wark, 1981)

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  $30^\circ$  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 <sub>2</sub> )	24 Jam	200 µg/m <sup>3</sup> (0.10 ppm)	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	Karbon monoksida (CO)	8 Jam	22600 µg/m <sup>3</sup> (20 ppm)	NDIR	NDIR Analyzer
3	Oksida Nitrogen (NO <sub>x</sub> )	24 Jam	92.50 µg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm)	Saltzman	Spektrofotometer
4	Oksidan (O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> )	1 Jam	200 µg/m <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5	Debu (TSP)	24 Jam	0.26 mg/m <sup>3</sup>	Gravimetri	Hi-Vol
6	Timah Hitam (Pb)	24 Jam	0.06 mg/m <sup>3</sup>	Gravimetri Ekstraktif	Hi-Vol AAS
7	Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	30 menit	42 µg/m <sup>3</sup> (0.03 ppm)	Mercurithiocyanate	Spektrofotometer
8	Amonia (NH <sub>3</sub> )	24 Jam	1360 µg/m <sup>3</sup> (2 ppm)	Nessler	Spektrofotometer
9	Hidrokarbon (HC)	3 Jam	160 µg/m <sup>3</sup> (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 H<sub>2</sub>S tidak berlaku untuk daerah yang mengandung H<sub>2</sub>S 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 <sub>2</sub> )	1 jam 24 jam 1 tahun	900 µg/Nm <sup>3</sup> 365 µg/Nm <sup>3</sup> 60 µg/Nm <sup>3</sup>	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	Karbon monoksida (CO)	1 jam 24 jam	30000 µg/Nm <sup>3</sup> 10000 µg/Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer
3	Oksida Nitrogen (NO <sub>x</sub> )	1 jam 24 jam 1 tahun	400 µg/Nm <sup>3</sup> 150 µg/Nm <sup>3</sup> 100 µg/Nm <sup>3</sup>	Salzman	Spektrofotometer
4	Oksidan (O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> )	1 jam 1 tahun	235 µg/Nm <sup>3</sup> 235 µg/Nm <sup>3</sup>	Chemiluminoscent	Spektrofotometer
5	Hidrokarbon (HC)	3 jam	160 µg/Nm <sup>3</sup>	Flame ionization	Gas Chromatograph
6	PM 10 (partikel <10 µm)	24 jam	150 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetri	Hi-Vol
7	PM 2,5 (partikel <2,5 µm)	24 jam 1 tahun	65 µg/Nm <sup>3</sup> 15 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetri	Hi-Vol
8	Debu (TSP)	24 jam 1 tahun	230 µg/Nm <sup>3</sup> 90 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetri	Hi-Vol
9	Timah Hitam (Pb)	24 jam 1 tahun	2 µg/Nm <sup>3</sup> 1 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetri Ekstraktif Pengabuan	Hi-Vol AAS
10	Debu Jatuh ( <i>dust fall</i> )	30 hari	10 ton/km <sup>2</sup> /bln (pemukiman) 20 ton/km <sup>2</sup> /bln (industri)	Gravimetri	Cannister
11	Total Flourida (sebagai F)	24 jam 90 hari	3 µg/Nm <sup>3</sup> 0,5 µg/Nm <sup>3</sup>		
12	Indeks F	30 hari	40 µg/Nm <sup>3</sup> 1 µg/Nm <sup>3</sup>		
13	Klorin & Klorin dioksida	24 jam	150 µg/Nm <sup>3</sup>		
14	Indeks Sulfat	30 hari	1 mg SO <sub>3</sub> /100cm <sup>3</sup>		

## 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  $\pm 270$  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 ( $\text{CH}_4$ ) sebagai bahan baku proses *steel making*, pabrik ini menghasilkan besi spon (Fe) dari *iron ore pellet* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

*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  $1600^\circ\text{C}$  -  $1660^\circ\text{C}$  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)

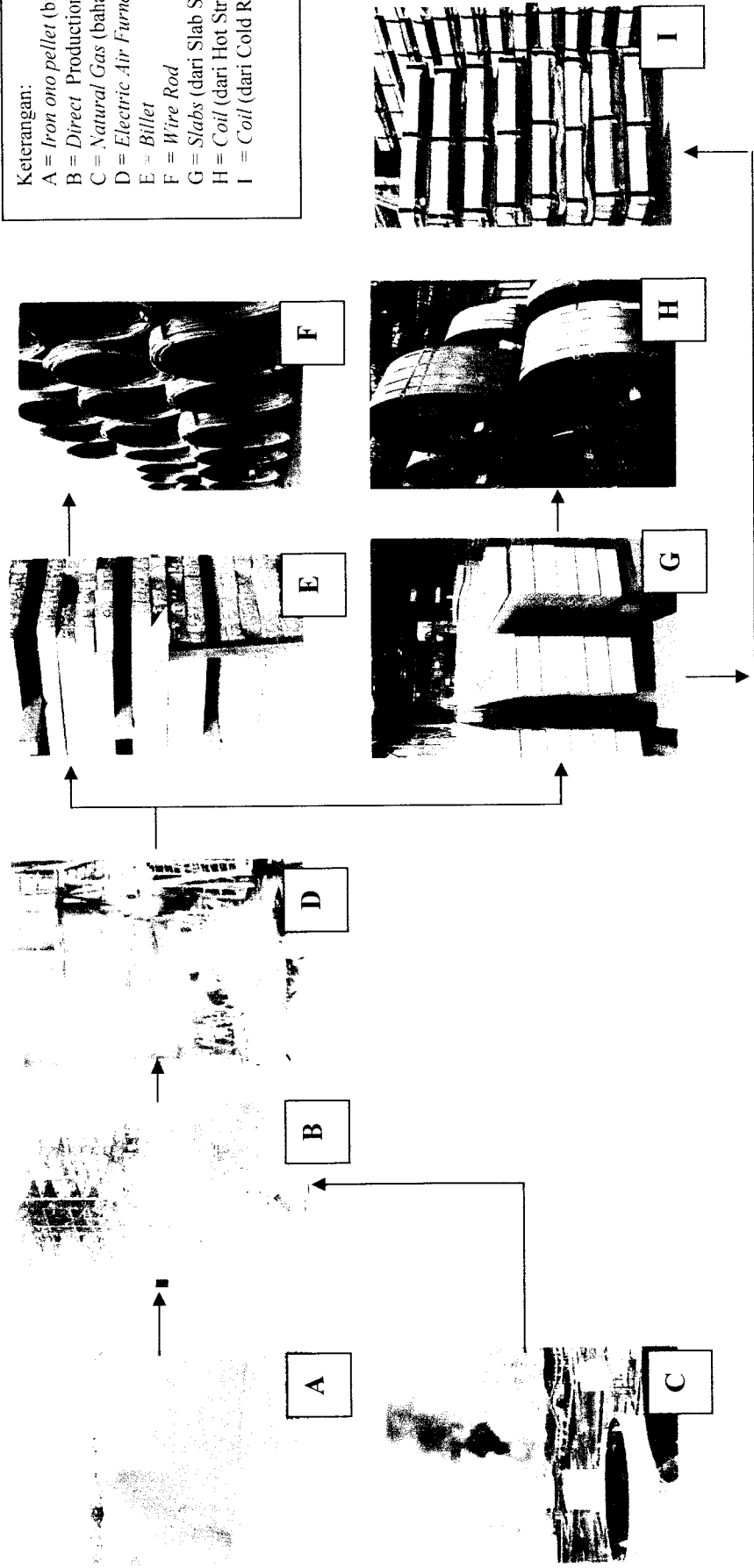
Selanjutnya dilakukan proses rolling, dimana terjadi di Pabrik Batang Kawat (*Wire Rod Mill*), baja lembaran panas (*Hot Strip Mill*) dan baja lembaran dingin (*Cold Rolling Mill*).

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

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Industri Krakatau Cilegon, Banten, Indonesia, yang menempati areal seluas  $\pm$  270 Ha. Dimana lokasi penelitian ditentukan berdasarkan hasil sampling debu jatuh yang akan diambil titik yang mempunyai konsentrasi melebihi baku mutu, pengukuran dicerobong dan perhitungan matematis, yaitu pada kawasan PT. Krakatau Steel sebanyak delapan titik, pada kawasan Industri KIEC (*Krakatau Industrial Estate Company*) sebanyak dua titik dan pada kawasan perkampungan sebanyak lima titik. Dapat dilihat pada tabel 4.12

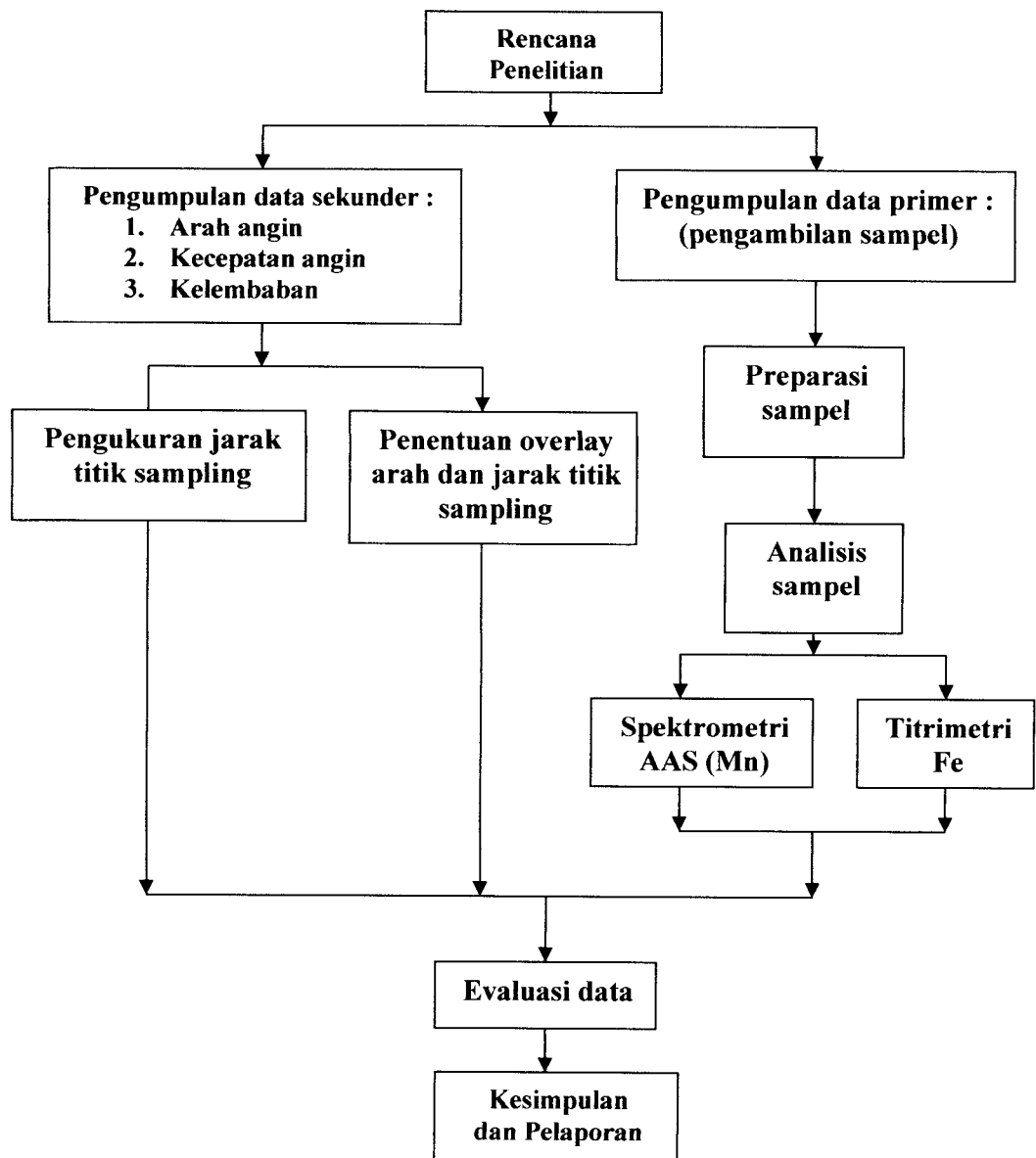
#### **3.2 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Februari – Juni 2005, yang diteruskan dengan pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan tugas akhir.

#### **3.3 Parameter yang diteliti**

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah persentase berat Fe dan Mn didalam debu, dimana unsur Fe dianggap sebagai unsur yang paling dominan diikuti oleh Mn, data arah angin, kecepatan angin dan kelembapan. Dapat dilihat pada tabel 4.11

### 3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

### **3.5 Metode Pengumpulan Data**

#### **3.5.1 Analisa Pengumpulan Data**

##### **a) Data Primer**

Didapat dari hasil penentuan kualitas udara di lapangan, yaitu :

1. Data hasil pengujian debu meliputi kawasan perkotaan, perkampungan dan industri
2. Konsentrasi parameter Fe dan Mn dari tiap-tiap titik pantau.
3. Pengukuran jarak antara lokasi sampling dengan cerobong
4. Pengukuran laju emisi pada tiap-tiap cerobong

##### **b) Data Sekunder**

1. Data hasil monitoring pada periode sebelumnya dari bulan Mei tahun 2004
2. Data meteorologi (arah angin, kecepatan angin, dan kelembaban) selama tiga tahun terakhir.
3. Peta lokasi meliputi lokasi penempatan titik sampling dan cerobong
4. Data dimensi cerobong meliputi tinggi cerobong, kecepatan udara yang dikeluarkan, diameter cerobong dan suhu cerobong.

#### **3.5.2 Bahan dan Alat yang digunakan**

##### **1. Bahan yang digunakan :**

- a. Aquadest
- b. HCl
- c. Cairan Kupri Sulfat
- d. Larutan absorben

2. Alat yang digunakan :

- a. GPS (*Global Positioning System*)
- b. HVS (*High Volume Sampler*)
- c. LVS (*Lead Volume Sampler*)
- d. Saringan Sartorius
- e. *Vacuum pump*
- f. Botol semprot
- g. Pinset
- h. Kertas Saring
- i. Spectrophotometer
- j. *AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometer)*
- k. Labu Ukur
- l. Gelas *Dustfall*
- m. Oven
- n. Desikator
- o. Cawan
- p. Pipet
- q. Timbangan Sartorius

**3.5.3 Perhitungan Data dilapangan**

1. Pengumpulan data debu jatuh dilapangan
  - a) Masukkan cairan cupri sulfat kedalam gelas sampel debu (untuk mencegah gelas debu berjamur)

- b) Masukkan gelas sampel debu kedalam sekat yang ada diatas tiang debu jatuh dimana ketinggian tiang (minimal) 2.5 m.
- c) Tinggalkan selama tiga puluh hari. Setelah tiga puluh hari, ambil gelas sampel debu dan uji analisa di laboratorium

## 2. Prosedur Analisa Debu Jatuh

- a) Panaskan kertas saring dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit
- b) Dinginkan dalam desikator selama 15 menit
- c) Timbang kertas saring (misal bobot = a)
- d) Pasang kertas saring dalam saringan sartorius dan pasang gelas tempat air
- e) Bersihkan corong dan gelas sampel debu sampai bersih dengan karet dan semprot dengan aquadest
- f) Tuangkan debu + air kedalam gelas tempat air. Semprot sisa-sisa debu yang masih tertinggal didalam gelas sampai bersih
- g) Matikan pompa vakum, ambil kertas saring dan masukkan kedalam oven. Panaskan sampai  $105^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit
- h) Dinginkan kertas saring + debu kedalam desikator selama 15 menit. Timbang kertas saring + debu (misal b gram)
- i) Filter yang telah berisi debu ini akan digunakan untuk destruksi, dimana hasil dari destruksi akan digunakan untuk titrasi Fe dan analisa AAS untuk Mn.

## 3. Destruksi Debu Jatuh

- a) Sampel (kertas filter yang berisi debu) dimasukkan kedalam beker gelas 250 ml

- b) Tambah 20 ml HCl pekat, panaskan
- a) Setelah berubah warna dioksidasi 4-6 tetes H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- b) Kisatkan, kemudian diturunkan dan didinginkan
- c) Tambah dengan HCl 15 ml dan Bides 50 ml, didihkan
- d) Saring dengan kertas saring whatman 40 didalam labu ukur 250 ml
- e) Cuci filter dengan HCl 1:10 panas 3 kali
- f) Cuci dengan bides panas 3 kali
- g) Cuci dengan air dingin
- h) Terakan dengan aquades pada labu ukur 250 ml.
- i) Sampel siap di titrasi

#### 4. Titrasi Fe

- a) 50 ml sampel dari hasil destruksi ditambah 25 ml HCl 1,19 dan 25 ml bides, panaskan
- b) Tambah dengan SnCl<sub>2</sub> sampai bening, dinginkan
- c) Tambah 10 ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 1,71 N; 15 ml HgCl<sub>2</sub> 1.5 N dan 1 ml diphenylamine indikator
- d) Titrasi dengan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,1007 N sampai warnanya berubah menjadi ungu

$$\text{Fe total} = \frac{(\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)(\text{N})(\text{BM Fe})}{\text{mg Sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

Keterangan :

ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = ml titrasi

N = 0,1007

BM Fe = 56

$$\text{mg Sampel} = \frac{100\text{ml}}{250\text{ml}} \times \text{berat debu} \dots\dots\dots(\text{III.2})$$

### 5. Analisa Mn

- a) 25 ml sampel dari hasil destruksi dimasukkan ke gelas ukur
- b) Dianalisa dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*)

$$\left( \frac{\text{ppmMn}}{(\text{beratdebu} \cdot 4000)} \right) 100\% \dots\dots\dots(\text{III.3})$$

Dimana = ppm Mn adalah hasil dari AAS

### 6. Analisa Si

- a) Timbang cawan kosong
- b) Kertas saring whatman 40 yang digunakan untuk menyaring hasil dari destruksi dimasukkan ke cawan yang telah ditimbang beratnya.
- c) Masukkan kertas saring dan cawan ke dalam *furnace* selama 1 jam
- d) Keluarkan cawan, kemudian masukkan ke desikator selama 30 menit
- e) Timbang cawan yang berisi kertas saring.
- f) Hitung selisih berat cawan isi dikurangi berat cawan kosong

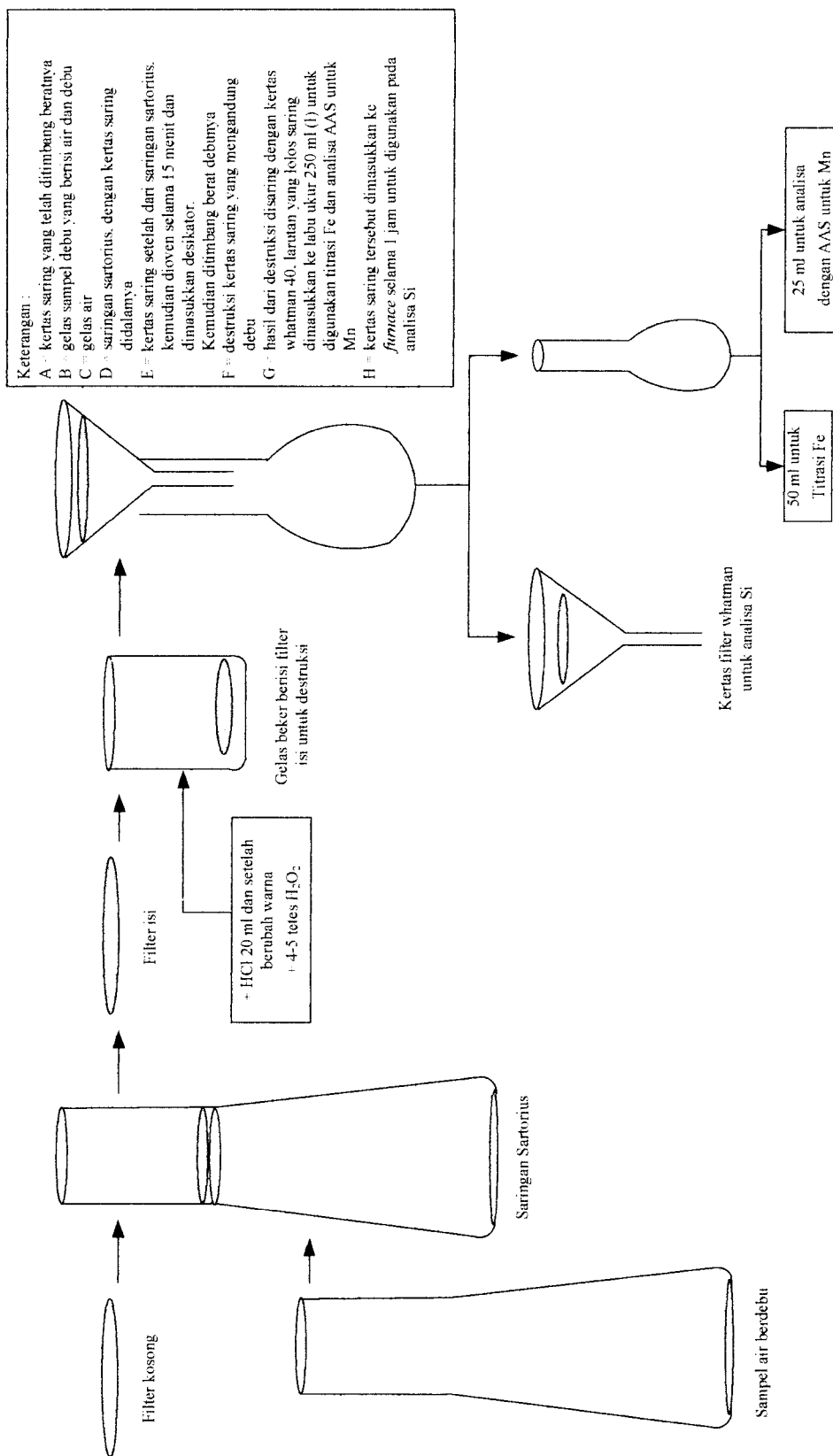
$$\text{Berat isi} = \text{berat cawan isi} - \text{berat cawan kosong} \dots\dots\dots(\text{III.4})$$

$$\text{Si total} = (\text{isi/berat debu}) 100\% \dots\dots\dots(\text{III.5})$$

Untuk skema prosedur kerja preparasi sampel dapat dilihat pada Gambar

3.3 berikut ini :





Gambar 3.3 Prosedur Kerja Preparasi Sampel

### 3.6 Analisa Data

#### 3.6.1 Kandungan Partikel Debu

$$\text{Kandungan partikel debu} = \frac{1,273xW}{D^2} x \frac{30}{N} x 10^4 \text{ ton/km}^2/\text{bulan} \dots \dots \dots \text{(III.6)}$$

Dimana : W = berat timbangan (g)

N = jumlah hari

$D^2$  = luas mulut corong ( $\text{cm}^2$ )

#### 3.6.2 Gauss/Distribusi Normal

$$C_{(x,y,0,H)} = \left[ \frac{Q}{2.\pi.\Delta_y.\Delta_z.V} \right] \left[ \exp - \left( \frac{y^2}{2.\Delta_y^2} \right) \right] \left[ \exp \left\{ \frac{-(z-H)^2}{2.\Delta_z^2} \right\} + \exp \left\{ \frac{-(z+H)^2}{2.\Delta_z^2} \right\} \right] \dots \dots \dots \text{(III.7)}$$

(Perkins, 1974)

Dimana

$C_{(x,y,0,H)}$  = Konsentrasi ( $\text{g/m}^3$ )

Q = Laju emisi polutan ( $\text{g/s}$ )

$\Delta_y, \Delta_z$  = Koefisien dispersi Gauss (m)

V = Kecepatan angin ( $\text{m/s}$ )

H = Ketinggian efektif cerobong (m)

exp = Exponential,  $e^{\wedge}$ , dimana  $e = 2,7182$

$$Q = (1/4) x 3,14 x D^2 x Vs \dots \dots \dots \text{(III.8)}$$

Dimana Q = Debit emisi ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

D = Diameter Cerobong (m)

V = Kecepatan emisi ( $\text{m/s}$ )

$$\Delta y = A \cdot X^{0.894} \dots\dots\dots(III.9)$$

$$\Delta x = C \cdot X^d + F \dots\dots\dots(III.10)$$

Dimana :  $\Delta y$  = Koefisien dispersi horizontal

$\Delta x$  = Koefisien dispersi vertikal

X = Jarak horizontal titik sampling terhadap cerobong

$$E = K (Q/1000) \dots\dots\dots(III.11)$$

Dimana : E = Emisi ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

K = Konsentrasi ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

Q = Debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

1000 = Konversi

Untuk menentukan nilai A, C, d dan F, digunakan tabel koefisien dispersi Gauss sebagai berikut :

**Tabel 3.1 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

### 3.6.3 Kecepatan Angin pada Ketinggian Cerobong (U)

$$u = u_i \left( \frac{Z}{Z_i} \right)^P \dots\dots\dots(III.12)$$

- Dimana :
- u = kecepatan angin pada Z (m/s)
  - u<sub>i</sub> = kecepatan angin pada Z<sub>i</sub> (m/s)
  - Z; Z<sub>i</sub> = elevasi (m)
  - P = eksponen (didapat dari tabel)

**Tabel 3.2 Nilai Eksponen**

Stability Class	Rural p	Urban p
A = <i>Very Unstable</i>	0.007	0.15
B = <i>Moderately Unstable</i>	0.007	0.15
C = <i>Slightly Unstable</i>	0.10	0.20
D = <i>Neutral</i>	0.15	0.25
E = <i>Moderately Stable</i>	0.35	0.30
F = <i>Very Stable</i>	0.55	0.30

### 3.6.4 Tinggi Semburan (ΔH)

$$\Delta H = \left( \frac{V_s \cdot D}{U} \right) \left[ 1,5 + (2,68 \cdot 10^{-3} \cdot P) \right] \left[ \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right) D \right] \dots\dots\dots(III.13)$$

- Dimana :
- V<sub>s</sub> = kecepatan udara keluar dari cerobong (m/s)
  - D = diameter cerobong (m)
  - u = kecepatan angin (m/s)
  - P = tekanan udara (kPa)
  - T<sub>s</sub> = suhu cerobong (K)

$T_a$  = suhu udara (K)

$10^{-3}$  = merupakan koversi dari satuan milibar ke dalam satuan atm

### 3.6.5 Tinggi Effektiv Cerobong

$$H = \Delta H + H_{\text{cerobong}} \dots \dots \dots (III.14)$$

Dimana  $\Delta H$  = tinggi semburan (m)

$H_{\text{cerobong}}$  = tinggi cerobong (m)



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kondisi Meteorologi

##### 4.1.1 Kondisi Meteorologi

Iklim Kota Cilegon dipengaruhi oleh iklim laut yang panas dan kering disertai dengan angin. Hal ini bisa dilihat pada tabel berikut ini

**Tabel 4.1 Data Angin dan Kelembapan Udara 2002 - 2005**

TAHUN BULAN	2002				
	RH (%)	ANGIN			
		Kec. Rata (m/s)	Arah Terbnyk* (°)	Kec. Terbsr (m/s)	Arah* (°)
JANUARI	85	3	270	12	270
FEBRUARI	85	3	270	24	280
MARET	83	2	360	12	180
APRIL	86	2	360	12	260
MEI	84	2	360	17	280
JUNI	82	1	360	9	10
JULI	82	2	360	12	360
AGUSTUS	77	2	360	12	360
SEPTEMBER	75	2	360	12	360
OKTOBER	73	3	360	2	260
NOVEMBER	77	3	360	18	180
DESEMBER	82	2	360	20	210
Rata-rata	80,92	2,25	345	13,5	250,8
TAHUN BULAN	2003				
	RH (%)	ANGIN			
		Kec. Rata (m/s)	Arah Terbnyk* (°)	Kec. Terbsr (m/s)	Arah* (°)
JANUARI	77	4	270	22	270
FEBRUARI	86	3	270	20	240
MARET	84	2	360	18	280
APRIL	82	2	360	20	60
MEI	82	2	360	12	360
JUNI	79	2	90	14	90
JULI	77	1	360	10	360
AGUSTUS	76	2	360	14	360
SEPTEMBER	77	2	360	20	270
OKTOBER	79	2	360	10	360
NOVEMBER	80	2	360	10	270
DESEMBER	85	3	270	15	220
Rata-rata	80,3	2,1	315	15,4	261,7

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Serang Jawa Barat, 2002-2003

\* Titik Nol = Arah Utara

TAHUN BULAN	2004				
	RH (%)	ANGIN			
		Kec. Rata (m/s)	Arah Terbnyk° (*)	Kec. Terbsr (m/s)	Arah° (*)
JANUARI	86	2	270	10	270
FEBRUARI	85	2	270	15	270
MARET	83	3	270	20	270
APRIL	83	2	360	12	270
MEI	82	2	360	12	45
JUNI	78	2	90	10	70
JULI	82	2	360	10	360
AGUSTUS	78	2	360	15	70
SEPTEMBER	80	3	360	14	20
OKTOBER	76	2	360	12	40
NOVEMBER	82	2	360	15	360
DESEMBER	84	2	270	12	220
Rata-rata	91,6	2,2	307,5	13,1	188,8

TAHUN BULAN	2004				
	RH (%)	ANGIN			
		Kec. Rata (m/s)	Arah Terbnyk° (*)	Kec. Terbsr (m/s)	Arah° (*)
JANUARI	86	2	270	10	270
FEBRUARI	85	2	270	15	270
MARET	83	3	270	20	270
APRIL	83	2	360	12	270
MEI	82	2	360	12	45
Rata-rata	83,8	2,6	324	14,4	247

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Serang Jawa Barat. 2004-2005

\* Titik Nol = Arah Utara

**Tabel 4.2 Arah Angin Rata-rata Musim Kemarau 2002-2005**

BULAN	ARAH			
	2002	2003	2004	2005
MARET	180	280	270	270
APRIL	260	60	270	270
MEI	280	360	45	65
JUNI	10	90	70	
JULI	360	360	360	
AGUSTUS	360	360	70	
RATA-RATA	241,67	251,67	180,83	201,67

**Tabel 4.3 Arah Angin Rata-rata Musim Penghujan 2002-2005**

BULAN	ARAH			
	2002	2003	2004	2005
SEPTEMBER	360	270	20	
OKTOBER	260	360	40	
NOVEMBER	180	270	360	
DESEMBER	210	220	220	
JANUARI	270	270	270	360
FEBRUARI	280	240	270	270
RATA-RATA	260	271,67	196,67	315

Dari Tabel 4.1 arah angin 2002 – 2005, dibuatlah daftar pendekatan kecepatan angin dan petunjuk yang diamati dalam interval bulanan. Data tersebut menunjukkan 8 petunjuk primer dan 8 petunjuk sekunder dalam kompas, yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 - 4.7 berikut ini :



Tabel 4.3 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2002

Arah	Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin												Total	%	
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des			
0							1	1	1					3	25
0 - 22,5						1								1	8,3
22,5 - 45														0	
45 - 67,5														0	
67,5 - 90														0	
90														0	
90 - 112,5														0	
112,5 - 135														0	
135 - 157,5														0	
157,5 - 180														0	
180			1										1	2	16,6
180 - 202,5														0	
202,5 - 225													1	1	8,3
225 - 247,5														0	
247,5 - 270				1									1	2	16,6
270	1													1	8,3
270 - 292,5		1			1									2	16,6
292,5 - 315														0	
315 - 337,5														0	
Calm														0	
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	

Tabel 4.4 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2003

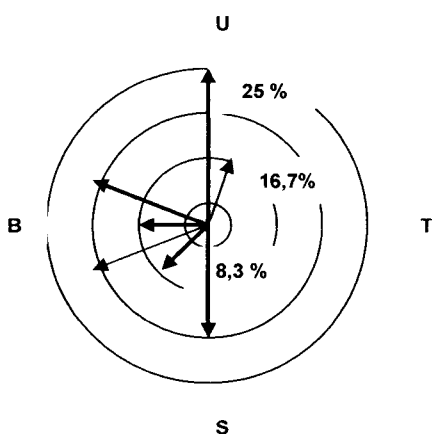
Arah	Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin												Total	%	
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Jun	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des			
0					1		1	1		1				4	33,33
0 - 22,5														0	
22,5 - 45														0	
45 - 67,5				1										1	8,3
67,5 - 90														0	
90						1								1	8,3
90 - 112,5														0	
112,5 - 135														0	
135 - 157,5														0	
157,5 - 180														0	
180														0	
180 - 202,5														0	
202,5 - 225														0	
225 - 247,5												1		1	8,3
247,5 - 270		1												1	8,3
270	1													0	
270 - 292,5												1		3	25
292,5 - 315			1											1	8,3
315 - 337,5														0	
Calm														0	
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	

Tabel 4.5 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2004

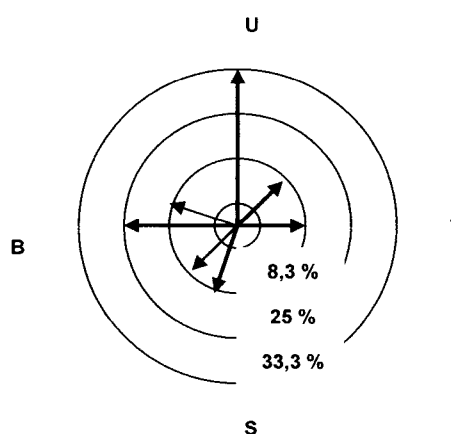
Arah	Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin												Total	%	
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des			
0							1						1	2	16,6
0 - 22,5									1					1	8,3
22,5 - 45					1					1				2	16,6
45 - 67,5														0	
67,5 - 90						1								2	16,6
90														0	
90 - 112,5														0	
112,5 - 135														0	
135 - 157,5														0	
157,5 - 180														0	
180														0	
180 - 202,5														0	
202,5 - 225														0	
225 - 247,5												1		1	8,3
247,5 - 270														0	
270	1	1	1	1										0	
270 - 292,5														4	33,3
292,5 - 315														0	
315 - 337,5														0	
Calm														0	
<b>TOTAL</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

**Tabel 4.6 Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin tahun 2005**

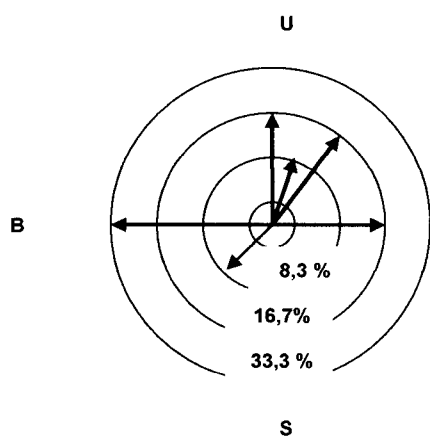
Arah	Frekuensi Pendekatan Kecepatan Angin						Total	%
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Total		
0						0		
0 - 22,5						0		
22,5 - 45					1	1	20	
45 - 67,5						0		
67,5 - 90						0		
90						0		
90 - 112,5						0		
112,5 - 135						0		
135 - 157,5						0		
157,5 - 180						0		
180						0		
180 - 202,5						0		
202,5 - 225						0		
225 - 247,5						0		
247,5 - 270						0		
270	1	1	1	1		4	80	
270 - 292,5						0		
292,5 - 315						0		
315 - 337,5						0		
Calm								
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12</b>		



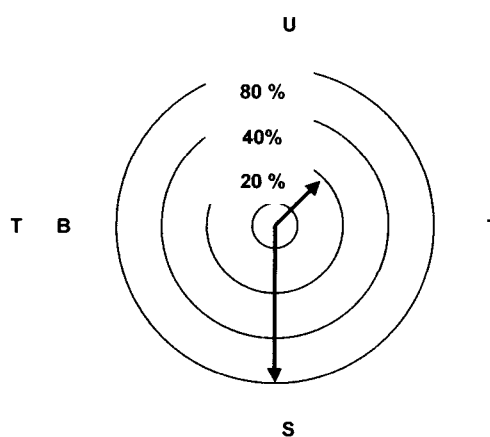
Gb 4.1 Variasi Frekuensi pada Koordinat tahun 2002



Gb 4.2 Variasi Frekuensi pada Koordinat tahun 2003



Gb 4.3 Variasi Frekuensi pada Koordinat tahun 2004



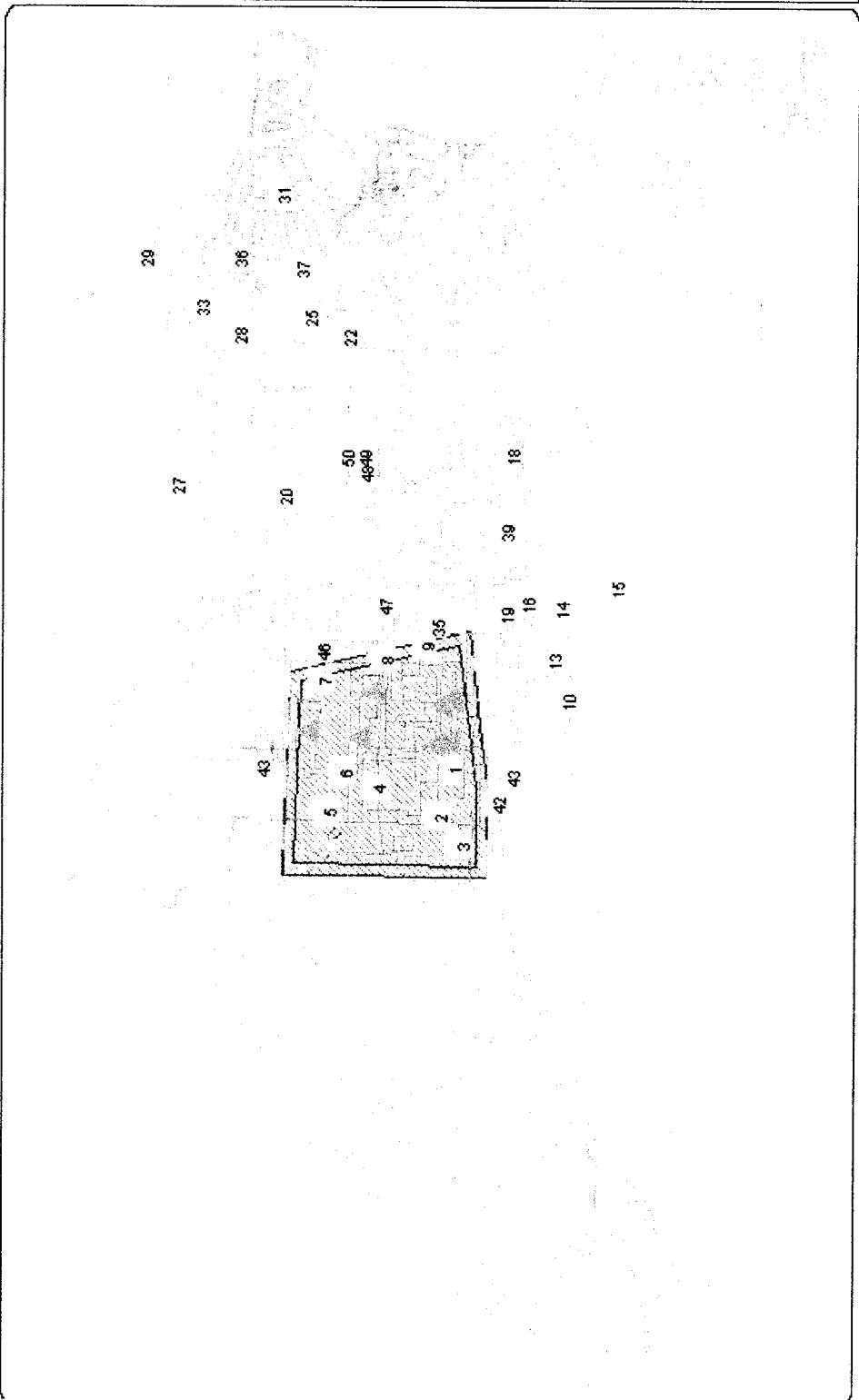
Gb 4.4 Variasi Frekuensi pada Koordinat tahun 2005

Keterangan :

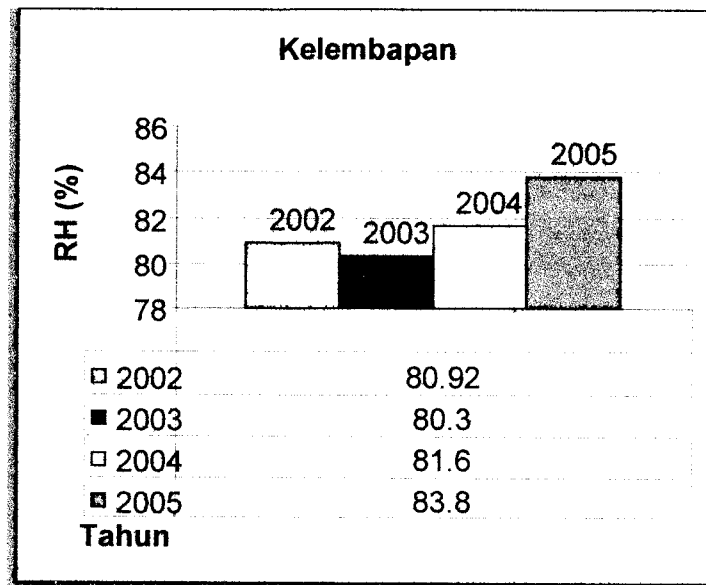
U = 0°      S = 180°      T = 90°      B = 270°

Pada tahun 2002 arah angin cenderung dari 180° - 0°, tahun 2003 dari 225° - 0°, tahun 2004 dari 270° - 90° dan tahun 2005 dari 22,5° - 45°. Dari Gambar 4.1 - 4.4 diatas, arah angin dan frekuensi (%) banyak ke arah 270° - 0°. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4. 5 yang merupakan peta lokasi titik sampling PT. Krakatau Steel berikut ini :

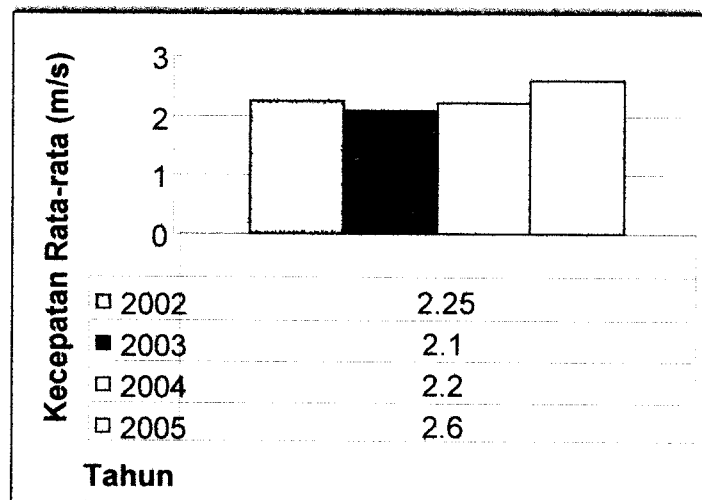
<b>PETALOKASI TITIK SAMPLING BARU DEBU JATUH PT. KRAKATAU STEEL</b>	
Legenda:	
Titik Sampling Baru	
Cerobong	
Jalan	
Kawasan PT. Krakatau Steel	
Kawasan Pabrik	
<b>Tugas Akhir</b> Ika Oktiani Choerunnisa	
Dosen Pembimbing: 1. DR. Ir. Rer.Nat. Agus Taftazani 2. Luqman Hakim, S.T., M.si,	
Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta 2005	



Dari Tabel 4.1 diatas didapatkan grafik untuk RH dan kecepatan rata-rata sebagai berikut:



**Gambar 4.6 Korelasi Kelembapan Udara dengan Tahun**



**Gambar 4.7 Korelasi Kecepatan Rata-rata dengan Tahun**

Kondisi temperatur pada tahun 2002, 2003 dan 2004 mengalami perubahan yang tidak jauh perbedaannya. Dimana pada tahun 2002 Kelembapan (%) = 80,92 ; 2003 = 80,3 % ,2004 = 81,6% dan 2005 = 83,8 %. Kecepatan rata-

rata yang cenderung konstan dari 2,25 m/s; 2,1 m/s; 2,2 m/s dan 2,6 m/s pada tahun 2002, 2003, 2004 dan 2005. Kecepatan terbesar yang juga cenderung sama dari 13,5 m/s ; 15,4 m/s; 13,1 m/s dan 14,4 m/s dengan arah ke 250,8° ; 261,7°, 188,8° dan 247°. Hal ini disebabkan karena posisi PT. Krakatau Steel yang berdekatan dengan Selat Sunda. Data ini diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Serang, dimana merupakan lokasi BMG terdekat dengan PT. Krakatau Steel

Hal ini didasarkan dari KEP-205/BAPEDAL/1996 tentang pengambilan arah angin merupakan data sekunder dari stasiun meteorologi terdekat atau data pengukuran langsung di lapangan yang digolongkan dalam satuan waktu untuk satu arah tertentu atau arah angin pada tiap periode tertentu yaitu harian, bulanan, tahunan.

#### **4.1.2 Kondisi Meteorologi Saat Sampling**

Sampling dilakukan pada akhir bulan atau dihitung tiga puluh hari dari tanggal pengambilan dan peletakan gelas debu jatuh dengan bulan pengambilan Maret-April 2005. Dimana kondisi saat sampling cuaca cerah dan cenderung panas. Selain itu juga dilakukan pembuktian untuk pengukuran titik terluar dari PT. Krakatau Steel, ini dilakukan guna mengetahui luasan dari PT. Krakatau Steel itu sendiri dan untuk mengetahui radius sebaran polutan dari cerobong-cerobong yang ada, serta dilakukan pengukuran jarak letak titik sampling debu jatuh terhadap cerobong, dengan GPS (*Global Positioning System*) yang akan digunakan sebagai jarak *Downwind* dan *Crosswind*, dapat dilihat pada Tabel 4.15.



#### 4.2 Letak Geografis Titik Sampling Debu Jatuh

Setelah melakukan sampling pada akhir bulan guna mengambil gelas debu jatuh sekaligus melakukan pengukuran geografis dengan menggunakan GPS Garmin seri V, yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi aktual titik sampling debu jatuh yang ada pada setiap kawasan meliputi industri, perkampungan dan perkotaan berdasarkan kondisi titik-titik cerobong pada kawasan pabrik PT Krakatau Steel.

**Tabel 4.8 Letak Geografis Titik Sampling Debu Jatuh**

Titik sampling	S (x)	E (y)	Keterangan
1	06°00.463	105°59.992	Tidak terhalang pepohonan
2	06°00.395	105°59.783	Terhalang pepohonan
3	06°00.490	105°59.655	Tidak terhalang pepohonan
4	06°00.127	105°59.900	Tidak terhalang pepohonan, dekat jalan raya
5	05°59.924	105°59.807	Tidak terhalang pepohonan
6	05°59.982	105°59.969	Tidak terhalang pepohonan
7	05°59.889	106°00.378	Tidak terhalang pepohonan
8	06°00.167	106°00.457	Tidak terhalang pepohonan
9	06°00.437	106°00.443	Tidak terhalang pepohonan
10	06°00.963	106°00.271	Tidak terhalang pepohonan
11	06°01.382	106°00.311	Terhalang pepohonan, dekat jalan raya
12	06°01.400	106°00.587	Terhalang pepohonan
13	06°00.893	106°00.455	Terhalang pepohonan
14	06°00.934	106°00.689	Terhalang pepohonan
15	06°01.167	106°00.788	Terhalang pepohonan
16	06°00.766	106°00.717	Terhalang pepohonan

17	06°00.701	106°01.029	Tidak terhalang pepohonan
18	06°00.701	106°01.356	Tidak terhalang pepohonan
19	06°00.690	106°00.670	Tidak terhalang pepohonan
20	05°59.719	106°00.196	Terhalang pepohonan, dekat jalan raya
21	05°59.733	105°59.045	Tidak terhalang pepohonan
22	05°59.990	106°00.886	Tidak terhalang pepohonan
23	-	-	Tidak ada tiang sampling
24	05°59.806	106°10.970	Tidak terhalang pepohonan
25	05°59.685	106°02.627	Tidak terhalang pepohonan
26	05°59.445	106°02.458	Tidak terhalang pepohonan
27	05°59.245	106°01.241	Terhalang pepohonan
28	05°59.514	106°01.888	Terhalang pepohonan, dekat jalan raya
29	05°59.110	106°02.231	Tidak terhalang pepohonan
30	05°59.479	106°02.907	Terhalang pepohonan
31	05°59.689	106°02.511	Tidak terhalang pepohonan
32	06°05.257	106°07.424	Tidak terhalang pepohonan
33	06°59.338	106°02.024	Terhalang pepohonan
34	06°01.121	105°58.038	Tidak terhalang pepohonan
35	06°00.380	106°00.595	Tidak terhalang pepohonan
36	05°59.513	106°02.223	Terhalang pepohonan
37	05°59.777	106°00.595	Tidak terhalang pepohonan
38	06°06.538	106°00.749	Tidak terhalang pepohonan
39	06°00.703	106°01.028	Tidak terhalang pepohonan
40	06°00.435	106°00.442	Terhalang pepohonan
41	06°00.711	105°59.943	Tidak terhalang pepohonan, tapi dekat jalan raya
42	06°00.658	105°59.841	Tidak terhalang pepohonan
43	05°59.735	105°59.042	Tidak terhalang pepohonan
44	05°59.766	106°06.568	Tidak terhalang pepohonan
45	05°59.867	106°00.507	Tidak terhalang pepohonan

46	06°00.193	106°00.733	Tidak terhalang pepohonan
47	06°00.152	106°00.704	Tidak terhalang pepohonan
48	06°00.131	106°01.116	Tidak terhalang pepohonan
49	06°00.066	106°01.288	Terhalang pepohonan
50	05°59.985	106°01.346	Terhalang pepohonan

Sumber: Data Pengukuran Primer

Kondisi titik sampling debu jatuh (*dust fall collector*) pada umumnya dalam keadaan yang kurang terawat dan rata-rata sudah tidak memenuhi persyaratan dalam penempatannya. Hal ini terlihat dari kondisi *dust fall collector* yang berada di perkampungan dimana banyak yang terhalang pepohonan dan kadang-kadang gelas debu jatuhnya ada yang hilang. Juga ada beberapa yang terhalang oleh pepohonan, hal ini dapat mengakibatkan berkurang/bertambahnya konsentrasi unsur-unsur yang akan dianalisa di laboratorium, yang berakibat kurang akuratnya penganalisaan

Dari ke-49 titik sampling tersebut diambil lima belas sampel yang kemudian dianalisa komposisi kimianya seperti Fe, Mn, Si, Cu, Zn, Cr, Pb, Ni dan Co, yaitu delapan titik dari lokasi terdalam PT. Krakatau Steel, dua titik dari PT. KIEC dan lima titik dari perkampungan. Hal ini dilakukan karena titik-titik tersebut selalu terdeteksi unsur Fe dan Mn berkadar besar dalam beberapa bulan terakhir, sehingga dapat diambil komposisi Fe dan Mn yang dibagi menurut lokasinya pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut ini :

#### 4.4 Analisa Data

Tabel 4.9 Komposisi Kimia Debu Jatuh Bulan Maret Tahun 2005

Bulan	Titik sampling	Berat debu (g/m <sup>2</sup> )	Si Total (%)	Fe Total (%)	Mn(%)	Cu(%)	Zn(%)	Cr(%)	Pb(%)	Ni(%)	Co(%)	
Maret	1	0,4566	5,32	46,93	0,15	1,857	0,0056	0,0155	0,031	0,008	0,001	
	2	0,834	7,91	17,74	0,419	1,084	0,0968	0,029	0,063	0,009	0	
	3	0,2202	7,45	78,78	0,393	3,617	0,0669	0,292	0,016	0,17	0	
	4	0,1585	13,31	43,58	0,342	4,85	0,213	0,023	0,049	0,011	0	
	5	0,052	20	70,49	0,298	7,725	0,12	0,128	0	0,072	0	
	6	0,2042	26,35	33,83	0,283	3,749	0,0588	0,018	0,013	0,001	0,001	
	7	0,0811	20,84	12,17	0,284	6,456	0,213	0,06	0	0	0	
	8	0,1816	10,68	9,32	0,124	4,712	0,0895	0,052	0	0	0	
	13	0,0647	11,13	30,51	0,178	8,2	0,147	0,074	0	0	0	
	16	0,239	14,23	5,89	0,104	2,226	0,046	0,023	0,013	0,009	0	
	40	0,1297	20,12	11,96	0,185	5,44	0,121	0,077	0	0	0,002	
	41	0,1531	21,36	15,56	0,387	5,098	0,077	0	0,03	0	0	
	42	0,3259	31,48	15,98	0,255	2,522	0,054	0	0,02	0,002	0,002	
	46	1,3582	3,06	7,06	0,0188	0,675	0,018	0,006	0,006	0,007	0	0
	47	0,3675	14,56	22,25	0,093	2,451	0,059	0,006	0,006	0,04	0,013	0,005

Sumber: Data Primer 2005

**Tabel 4.10 Komposisi Kimia Debu Jatuh Bulan April Tahun 2005**

Bulan	Titik sampling	Berat debu (g/m <sup>3</sup> )	Si Total (%)	Fe Total (%)	Mn(%)	Cu(%)	Zn(%)	Cr(%)	Pb(%)	Ni(%)	Co(%)
April	1	0,934	6,07	30,34	0,155	0,965	0,049	0,013	0,028	0,0043	0,0027
	2	1,3216	8,23	11,52	0,372	0,697	0,076	0,045	0,048	0,0165	0
	3	0,5062	10,45	7,52	0,45	1,69	0,079	0,058	0,024	0,0395	0
	4	0,2613	11,75	35,06	0,297	3,194	0,327	0,0173	0,087	0,0172	0
	5	0,09	23,56	92,42	0,392	6,164	0,336	0,216	0,086	0,1194	0
	6	0,5838	0,62	8,21	0,084	1,15	0,051	0,004	0,015	0,0004	0
	7	0,3128	15,66	15,77	0,276	2,672	0,093	0,0364	0	0,0304	0
	8	0,6474	6,81	27	0,109	1,392	0,092	0,023	0,033	0,0127	0
	13	0,3206	42,11	7,92	0,248	2,257	0,084	0,008	0,021	0,0008	0
	16	0,1267	34,18	12,24	0,134	4,629	0,144	0,07	0,004	0	0
	40	0,0936	35,47	3,01	0,16	5,175	0,174	0,063	0	0	0
	41	0,1067	27,65	35,67	0,246	6,664	0,149	0,034	0,052	0,014	0
	42	0,2894	35,76	14,13	0,189	2,782	0,08	0,027	0,034	0,0112	0
	46	0,8559	2,65	9,39	0,049	1,056	0,037	0,006	0,016	0,004	0
47	3,1564	5,65	3,66	0,022	0,296	0,162	0,004	0,013	0,004	0,0019	

Sumber : Data Primer 2005

Dari Tabel 4.9 komposisi kimia debu jatuh, dibuat pengelompokan berdasarkan lokasi titik sampling debu jatuh yaitu yang berada di dalam kawasan PT Krakatau Steel, di kawasan industri KIEC (*Krakatau Industrial Estate Company*) dan di kawasan perkampungan, seperti terdapat pada Tabel 4.10 berikut ini :

**Tabel 4.10 Komposisi Fe dan Mn**

Maret

KS			INDUSTRI KIEC			PERKAMPUNGAN		
Titik sampling	Fe (%)	Mn (%)	Titik sampling	Fe (%)	Mn (%)	Titik sampling	Fe (%)	Mn (%)
1	46,93	0,15	46	7,06	0,0188	13	30,15	0,178
2	17,74	0,419	47	22,215	0,093	16	5,89	0,104
3	78,78	0,393				40	11,96	0,185
4	43,58	0,342				41	15,56	0,387
5	70,49	0,298				42	15,98	0,255
6	33,83	0,283						
7	12,17	0,284						
8	9,32	0,124						
<b>X</b>	<b>39,105</b>	<b>0,286625</b>		<b>14,6375</b>	<b>0,0559</b>		<b>15,908</b>	<b>0,2218</b>

April

KS			INDUSTRI KIEC			PERKAMPUNGAN		
Titik sampling	Fe (%)	Mn (%)	Titik sampling	Fe (%)	Mn (%)	Titik sampling	Fe (%)	Mn (%)
1	30,34	0,155	46	9,39	0,049	13	7,92	0,248
2	11,52	0,372	47	3,66	0,022	16	12,24	0,134
3	7,52	0,45				40	3,01	0,16
4	3,06	297				41	35,67	0,246
5	92,42	0,392				42	14,13	0,189
6	8,21	0,084						
7	15,77	0,276						
8	27	0,109						
<b>X</b>	<b>28,48</b>	<b>37,35475</b>		<b>6,525</b>	<b>0,0355</b>		<b>14,594</b>	<b>0,1954</b>

Sumber : Data Primer 2005

Berdasarkan pada tabel yang diatas, dapat diketahui bahwa komposisi debu pada beberapa lokasi titik sampling, berada diatas nilai standar baku mutu yaitu untuk lingkungan industri 20 ton/Km<sup>2</sup>/bulan dan 10 ton/Km<sup>2</sup>/bulan untuk perkampungan, berdasarkan PP Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara

Faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi Fe dan Mn pada beberapa titik sampling lebih besar dari standar baku mutu adalah :

1. Adanya kegiatan masyarakat yaitu penghancuran limbah dari PT. Krakatau Steel yang digunakan untuk *home industry*. Dimana pada *sludge* ada unsur Fe-nya. Hal ini terjadi pada titik sampling no 13.
2. Titik sampling berada dipinggir jalan dengan aktifitas yang cukup tinggi, yaitu sering dilewati truk-truk dari pelabuhan Krakatau Bandar Samudra atau dari pengangkutan *Raw Material (pellet)* dari *conveyor*. Dari titik sampling no 41 dan 42 ini dapat dianalisa bahwa tingginya konsentrasi bukan sepenuhnya dari kegiatan proses produksi, melainkan dari debu jalan akibat aktifitas lingkungan sekitar lokasi *sampling*.
3. Titik sampling 47 dan 46, berlokasi dekat dengan pabrik yang memproduksi *briket* dimana bahan dasarnya merupakan hasil sampingan dari PT. Krakatau Steel sehingga pada saat angin bertiup kearah barat debu akan berkumpul kearah titik sampling 46 dan 47, yang menyebabkan konsentrasi Fe pada titik tersebut tinggi.

Karena faktor-faktor tersebut maka dibuatlah perbandingan antara berat debu jatuh hasil dari perhitungan matematis dengan hasil pengukuran terhadap

tiap-tiap cerobong. Hal ini dimaksudkan untuk melihat perbedaan antara perhitungan matematika dengan pengukuran sebenarnya. Apabila ada ketidaksesuaian yang cukup besar maka titik sampling tersebut harus dipindah, dengan tidak mengabaikan faktor angin.

### 4.3 Letak Geografis Cerobong

Pengukuran letak geografis cerobong dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual dari cerobong. Kemudian akan diambil jarak ke sisi terluar dari PT. Krakatau Steel yang akan digunakan untuk analisa konsentrasi dari emisi cerobong. Penetapan letak geografis cerobong, jarak antar cerobong, jarak cerobong dengan titik terluar dan titik koordinat cerobong dibantu dengan GPS (*Global Positioning System*) dan *software mapping GPS*. Jarak antara titik sampling dengan masing-masing cerobong diperoleh dengan cara menentukan koordinat dari tiap lokasi sampling serta kordinat dari tiap cerobong, dimana dapat dilihat pada Tabel 4.11 – 4.15 berikut ini :

**Tabel 4.11 Letak Geografis Cerobong**

CEROBONG	Selatan	Timur
A	06°00.424	106°00.262
B	06°00.420	106°00.265
C	06°00.382	106°00.098
D	06°00.458	106°00.098
E	06°00.052	106°00.117
F	06°00.111	106°00.313
G	05°59.826	106°00.144

*Sumber: Data Pengukuran Primer 2005*



Tabel 4.12 Jarak antar cerobong PT. Krakatau Steel

CEROBONG	A (km)	B (km)	C (km)	D (km)	E (km)	F (km)	G (km)
A	0	0,425	0,615	1,093	1,103	1,18	1,04
B	0,425	0	0,81	0,739	0,742	0,753	0,615
C	0,615	0,81	0	0,583	0,586	0,798	1,286
D	1,093	0,739	0,583	0	0,0085	0,317	0,317
E	1,103	0,742	0,586	0,009	0	0,319	1,59
F	1,18	0,753	0,798	0,317	0,319	0	0,459
G	1,04	0,615	1,286	0,317	1,59	0,459	0

Sumber: Data Pengukuran Primer 2005

Tabel 4.13 Jarak Cerobong dengan titik terluar PT. Krakatau Steel

CEROBONG	Utara (km)	Timur (km)	Selatan (km)	Barat (km)
A	0,517	0,666	0,749	0,894
B	0,531	0,647	0,366	0,835
C	0,63	0,292	0,806	1,164
D	1,201	0,484	0,246	0,826
E	1,207	0,483	0,246	0,821
F	1,28	0,8	0,222	0,888
G	0,114	0,772	1,812	1,546

Sumber: Data Pengukuran Primer 2005

**Tabel 4.14 Jarak Cerobong terhadap Garis Bujur Timur dan Lintang**

**Selatan (km)**

<b>CEROBONG</b>	<b>X (km)</b>	<b>Y (km)</b>
<b>A</b>	0,571	0,222
<b>B</b>	0,489	0,792
<b>C</b>	0,21	0,098
<b>D</b>	0,858	0,198
<b>E</b>	0,715	0,179
<b>F</b>	0,483	0,784
<b>G</b>	0,28	0,323

*Sumber: Data Pengukuran Primer 2005*

Dari koordinat selanjutnya dapat diketahui jarak antara lokasi sampling dengan tiap-tiap cerobong yaitu jarak *downwind* dan *crosswind*, seperti pada Tabel 4.15 yang akan digunakan pada persamaan II.7 untuk perbandingan antara hasil matematis dengan hasil pengukuran.

Tabel 4.15 Penentuan *Downwind* (X) dan *Crosswind* (Y)

Cerobong	Titik 1		Titik 2		Titik 3		Titik 4		Titik 5		Titik 6	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
A	625	1200	968	458	1220	695	899	1255	927	338	723	225
B	320	98	898	210	1130	114	766	132	811	927	721	856
C	370	696	592	549	564	855	698	988	565	232	369	110
D	1172	79	758	111	815,9	62,8	730	962	975	542	751	457
E	1161	95	759	93	815,9	203	740	1021	861	534	752	447
F	450	83	899	209	1130	119	767	131	811	911	721	853
G	375	1522	815	1025	909	1231	789	1560	628	319	453	425

Cerobong	Titik 7		Titik 8		Titik 13		Titik 16		Titik 40		Titik 41	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
A	611	348	679	225	269	1453	569	1052	785	852	786	841
B	721	831	557	332	476	917	891	551	879	1031	878	1025
C	525	575	365	781	709	1684	1081	1547	556	933	557	921
D	1386	532	775	913	728	822	1130	635	245	479	885	461
E	654	452	1398	811	797	925	1130	937	894	487	890	470
F	722	832	556	331	478	916	809	552	878	398	877	312
G	768	215	822	1243	674	1996	1013	1856	1420	2151	1419	1953

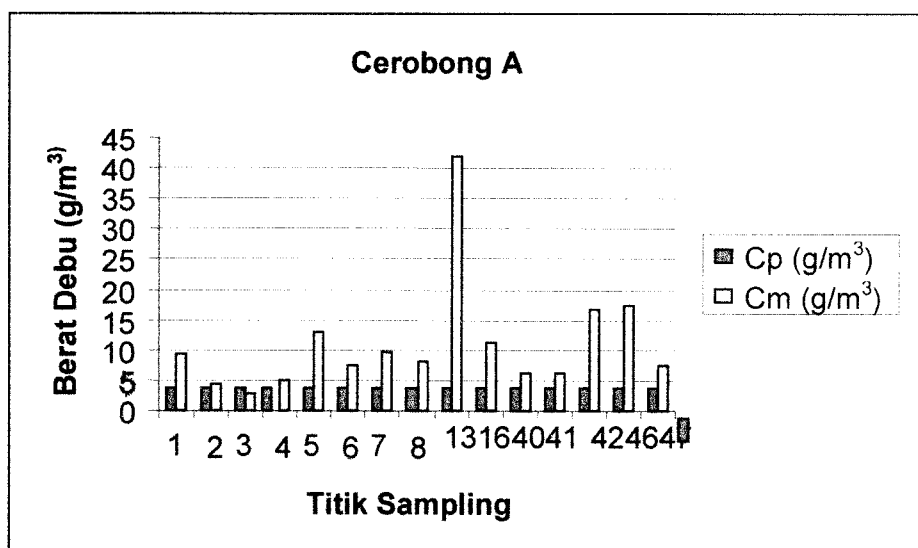
Cerobong	Titik 42		Titik 46		Titik 47	
	X	Y	X	Y	X	Y
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
A	452	1685	443	420	719	77.3
B	711	466	483	1004	819	494
C	425	759	710	294	1082	174
D	780	728	731	1072	1130	576
E	777	727	798	394	1130	435
F	710	465	478	982	810	491
G	965	2105	676	106	1009	583

Sumber: Data Pengukuran Primer 2005

Selanjutnya hasil perhitungan dari persamaan II.7 tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.16 – Tabel 4.22 dan pada Gambar 4.8 – Gambar 4.14, dimana dilakukan perbandingan antara satu sebagai berikut :

Tabel 4.16 Cerobong A

Tinggi Cerobong (m)	Titik sampling	X (m)	Y (m)	Cm ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	Cp ( $\text{g}/\text{m}^3$ )
25	1	625	1200	9,36	3,65
	2	968	458	4,305	3,65
	3	1219,9	695,2	2,85	3,65
	4	899	1255	4,906	3,65
	5	926,9	338	12,962	3,65
	6	723	255	7,23	3,65
	7	611	348	9,75	3,65
	8	679	225	8,086	3,65
	13	476	1456	41,783	3,65
	16	569	1052	11,0596	3,65
	40	785	852	6,25	3,65
	41	786	841	6,23	3,65
	42	452	1685	16,607	3,65
	46	443	420	17,303	3,65
47	716	77.3	11,06	3,65	

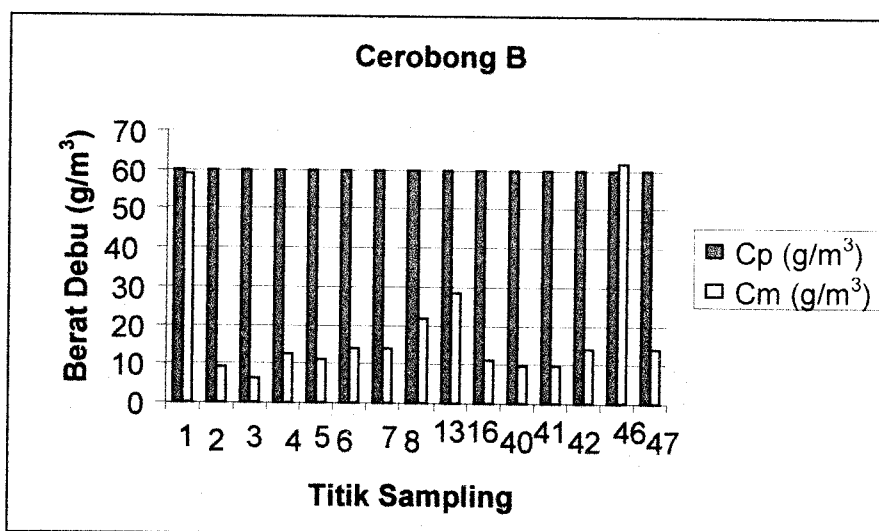


**Gambar 4.8 Perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematika ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dengan hasil pengukuran ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dari cerobong A terhadap titik sampling<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ika Oktiani Choerunnisa, 00513005, Teknik Lingkungan FTSP UH  
DR. Ir. Agus Taftazani, Luqman Hakim, ST, MSi

Tabel 4.16 Cerobong B

Tinggi Cerobong (m)	Titik sampling	X (m)	Y (m)	Cm ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	Cp ( $\text{g}/\text{m}^3$ )
38	1	320	98	58,91	59,66
	2	898	210	9,32	59,66
	3	1129,8	114,3	6,18	59,66
	4	766	132	12,38	59,66
	5	811,1	927	11,179	59,66
	6	721	856	13,797	59,66
	7	721	831	13,797	59,66
	8	557	332	21,88	59,66
	13	476	917	28,246	59,66
	16	819	551	10,983	59,66
	40	879	1031	9,68	59,66
	41	878	1025	9,7	59,66
	42	711	466	14,145	59,66
	46	483	1004	61,977	59,66
	47	819	494	13,7973	59,66

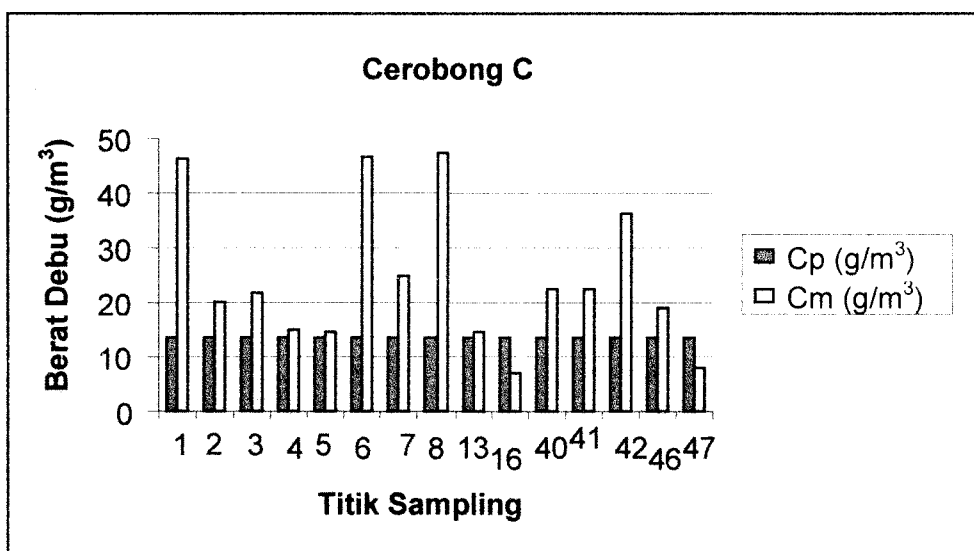


**Gambar 4.9 Perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematika ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dengan hasil pengukuran ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dari cerobong B terhadap titik sampling<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> Ika Oktiani Choerunnisa, 00513005, Teknik Lingkungan FTSP UH  
DR. Ir. Agus Taftazani, Luqman Hakim, ST, MSi

Tabel 4.18 Cerobong C

Tinggi Cerobong (m)	Titik sampling	X (m)	Y (m)	Cm ( $\text{g/m}^3$ )	Cp ( $\text{g/m}^3$ )
38	1	370	696	46,17	13,37
	2	592	549	19,96	13,37
	3	564,9	698	21,706	13,37
	4	698	988	14,87	13,37
	5	565	232	14,44	13,37
	6	369	110	46,45	13,37
	7	525	575	24,74	13,37
	8	365	781	47,355	13,37
	13	709,7	1684	14,44	13,37
	16	1081,5	1547	6,804	13,37
	40	556	933	22,33	13,37
	41	557	921	22,56	13,37
	42	425	759	36,08	13,37
	46	710	294	18,921	13,37
	47	1082	174	7,815	13,37

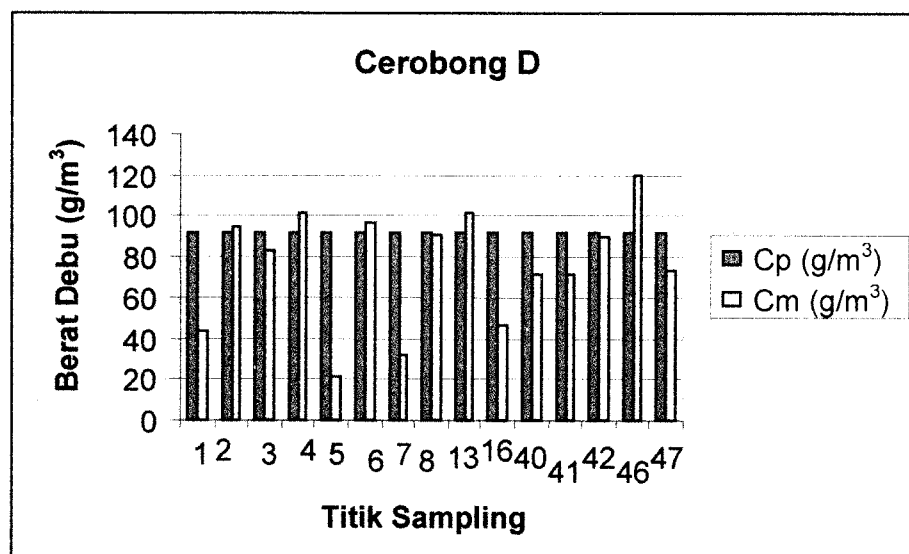


Gambar 4.10 Perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematika ( $\text{g/m}^3$ ) dengan hasil pengukuran ( $\text{g/m}^3$ ) dari cerobong C terhadap titik sampling<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ika Oktiani Choerunnisa, 00513005, Teknik Lingkungan FTSP UII  
DR. Ir. Agus Taftazani, Luqman Hakim, ST, MSI

Tabel 4.19 Cerobong D

Tinggi Cerobong (m)	Titik sampling	X (m)	Y (m)	Cm (g/m <sup>3</sup> )	Cp (g/m <sup>3</sup> )
80	1	1172	79	43,44	91,65
	2	758	111	94,61	91,65
	3	815,9	62,8	82,95	91,65
	4	730	962	101,18	91,65
	5	975	542	21,706	91,65
	6	751	457	96,145	91,65
	7	1386	532	32,17	91,65
	8	775	913	190,65	91,65
	13	728	822	101,024	91,65
	16	1129,8	635	46,376	91,65
	40	245	479	71,14	91,65
	41	885	461	71,66	91,65
	42	780	728	89,83	91,65
	46	731	1072	119,517	91,65
	47	1130	576	73,5724	91,65



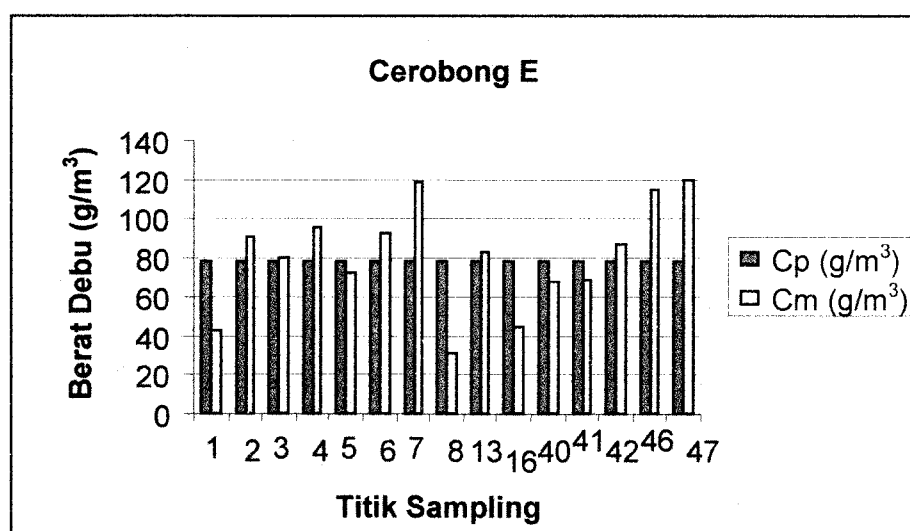
**Gambar 4.11 Perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematika (g/m<sup>3</sup>) dengan hasil pengukuran (g/m<sup>3</sup>) dari cerobong D terhadap titik sampling<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> Ika Oktiani Choerunnisa, 00513005, Teknik Lingkungan FTSP UH  
DR. Ir. Agus Taftazani, Luqman Hakim, ST, MSi



Tabel 4.20 Cerobong E

Tinggi Cerobong (m)	Titik sampling	X (m)	Y (m)	Cm (g/m <sup>3</sup> )	Cp (g/m <sup>3</sup> )
53	1	1161	95	42,63	78,16
	2	759	93	91,008	78,16
	3	815,9	202,8	79,99	78,16
	4	740	1021	95,25	78,16
	5	860,9	534,3	72,679	78,16
	6	752	447	92,52	78,16
	7	654	452	118,58	78,16
	8	1398	811	30,99	78,16
	13	811	925	83,183	78,16
	16	1129,8	937	44,744	78,16
	40	894	487	67,99	78,16
	41	890	470	68,49	78,16
	42	777	727	87,17	78,16
	46	798	394	115,207	78,16
	47	1130	435	119,338	78,16

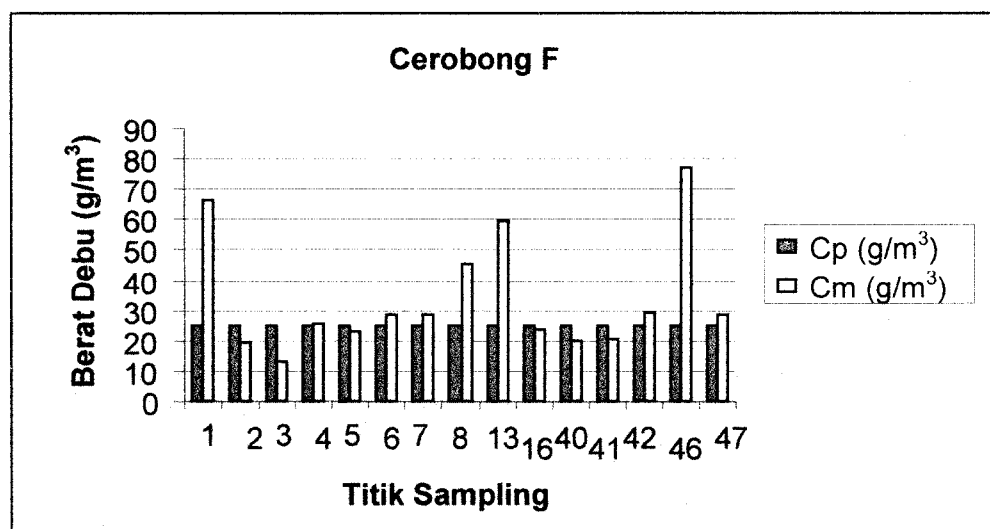


Gambar 4.12 Perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematika (g/m<sup>3</sup>) dengan hasil pengukuran (g/m<sup>3</sup>) dari cerobong E terhadap titik sampling<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Ika Oktiani Choerunnisa, 00513005, Teknik Lingkungan FTSP UII  
DR. Ir. Agus Taftazani, Luqman Hakim, ST, MSi

Tabel 4.21 Cerobong F

Tinggi Cerobong (m)	Titik sampling	X (m)	Y (m)	Cm (g/m <sup>3</sup> )	Cp (g/m <sup>3</sup> )
21	1	450	83	116,14	24,56
	2	899	209	19,32	24,56
	3	1129,8	119,1	12,87	24,56
	4	767	131	25,62	24,56
	5	811,1	910,9	23,189	24,56
	6	721	853	28,59	24,56
	7	722	832	28,52	24,56
	8	556	331	45,407	24,56
	13	477,98	916	59,362	24,56
	16	809,5	490,9	23,278	24,56
	40	878	398	20,15	24,56
	41	877	312	20,19	24,56
	42	710	465	29,39	24,56
	46	478	982	126,737	24,56
	47	810	491	28,74	24,56



Gambar 4.13 Perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematika (g/m<sup>3</sup>) dengan hasil pengukuran (g/m<sup>3</sup>) dari cerobong F terhadap titik sampling<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Ika Oktiani Choerunnisa, 00513005, Teknik Lingkungan FTSP UII  
DR. Ir. Agus Taftazani, Luqman Hakim, ST, MSi

Dilihat dari kondisi data diatas, titik pantau yang telah ada sekarang ini ada yang perlu dipertimbangkan dalam mewakili penyebaran polutan berdasarkan kemampuannya menangkap sebaran debu jatuh dari masing-masing cerobong yaitu pada titik sampling nomor 1, 7, 40, 41, 46, 16, 2 dan 6. Sedangkan titik sampling yang perlu dipindah karena tidak dapat menangkap sebaran debu jatuh adalah titik sampling nomor 8 dan 47. Titik sampling yang perlu dipertahankan/tetap digunakan adalah nomor 4, 5, 3, 13 dan 42, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut ini :

**Tabel 4.23 Lokasi Titik Sampling Terhadap Cerobong**

Crbg	Lokasi titik sampling															
	1	2	3	4	5	6	7	8	13	16	40	41	42	46	47	
<b>A</b>		1	1	1												
<b>B</b>	1													1		
<b>C</b>				1	1				1							
<b>D</b>		1	1	1		1			1				1			
<b>E</b>			1		1				1				1			
<b>F</b>				1	1	1				1	1	1	1			
<b>G</b>					1		1			1						
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	

Hal ini didasarkan pada perbandingan berat debu jatuh hasil perhitungan matematis dengan hasil pengukuran dari cerobong ke titik-titik sampling, namun karena tinggi cerobong dan jarak antar cerobong terhadap titik sampling yang berbeda-beda mengakibatkan perbedaan hasil perhitungan matematis dan hasil pengukuran terhadap titik-titik sampling. Karena arah angin dan kecepatan angin cukup berpengaruh terhadap jarak sebaran. Dilihat dari arah angin yang

cenderung dari arah barat daya, dimana pada arah tersebut hanya dipasang beberapa *dustfall collector*.

Oleh karena itu apabila  $C_m \gg C_p$ , maka titik tersebut perlu dipindah/dipertimbangkan karena kemungkinan ada unsur-unsur yang tidak tertampung pada titik sampling tersebut. Namun apabila  $C_p \gg C_m$ , berarti titik sampling tersebut mewakili penyebaran polutan dari cerobong. Dengan tidak mengabaikan faktor-faktor alasan pemindahan titik sampling terhadap penghalang penyebaran polutan dari cerobong, seperti adanya pohon, bangunan, kegiatan manusia dan tidak terpengaruhnya titik sampling terhadap adanya cerobong.

Dari Tabel 4.16 – 4.22 perlu diketahui bahwa tidak ada korelasi antara berat debu jatuh hasil pengukuran dan hasil perhitungan matematika yang tinggi dengan kadar prosentase Fe dan Mn yang tinggi pula, begitu juga sebaliknya. (Tabel 4.10 ).



# BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Perhitungan secara matematis dengan persamaan Gauss yang dibandingkan dengan data hasil pengukuran, ada titik sampling debu jatuh yang perlu dipertimbangkan untuk tetap dipindah atau tetap digunakan yaitu pada titik sampling nomor 1, 7, 40, 41, 46, 16, 2 dan 6.
2. Titik sampling yang tetap dipergunakan adalah titik sampling nomor 3, 42, 13, 4 dan 5, dan yang perlu dipindah karena tidak dapat menangkap sebaran debu jatuh yaitu titik sampling nomor 8 dan 47.
3. Frekuensi arah angin tahun 2002 cenderung dari  $180^{\circ}$  -  $0^{\circ}$ , tahun 2003 dari  $225^{\circ}$  -  $0^{\circ}$ , tahun 2004 dari  $270^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  dan tahun 2005 dari  $22,5^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ . Kecepatan rata-rata berkisar antara 2,1 m/s - 2,6 m/s pada tahun 2002 - 2005. Kecepatan terbesar yang juga cenderung sama tiap tahun yaitu dari 13,5 m/s ; 15,4 m/s; 13,1 m/s dan 14,4 m/s dengan arah angin ke  $250,8^{\circ}$  ;  $261,7^{\circ}$ ,  $188,8^{\circ}$  dan  $247^{\circ}$
4. Pengaruh kecepatan angin dan arah angin terhadap jarak sebaran debu jatuh dilihat dari berat debu yang terkandung didalamnya dimana ada perbedaan pada berat debu hasil pengukuran dan berat debu hasil perhitungan matematika, hal ini dipengaruhi oleh kelembapan dimana faktor tersebut tidak diperhitungkan pada berat debu hasil perhitungan.

5. Hasil pengukuran didapat berat debu dari masing-masing cerobong yaitu 3,65 g/m<sup>3</sup> dari cerobong A; 59,66 g/m<sup>3</sup> dari cerobong B; 13,37 g/m<sup>3</sup> dari cerobong C; 91,65 g/m<sup>3</sup> cerobong D; 78,16 g/m<sup>3</sup> pada cerobong E; 24,56 g/m<sup>3</sup> pada cerobong F dan 7,59 g/m<sup>3</sup> pada cerobong G.

## 5.2 Saran

1. Dalam melakukan penelitian hendaknya menggunakan data meteorologi dengan stasiun yang terdekat dengan pabrik, ini disebabkan karena jarak dari stasiun pemantauan (Badan Meteorologi dan Geofisika) jauh dari lokasi pabrik berkisar 25 km. Sehingga didapat hasil yang kurang akurat.
2. Data-data yang digunakan sebaiknya menggunakan data debu emisi hasil pengukuran disesuaikan dengan waktu sampling, atau apabila tidak memungkinkan digunakan data rata-rata.
3. Untuk menghindari kesalahan yang tidak diinginkan, sebaiknya menggunakan sampel pembanding, yaitu pada daerah yang diteliti dipasang dua buah *dust fall collector* dengan hasil penentuan dari keduanya tidak boleh melebihi 10 %
4. Penempatan *dust fall collector* harus memenuhi persyaratan bebas gangguan langsung dari cerobong dan jika titik sampling dilakukan didaerah pemukiman, alat harus ditempatkan pada lokasi yang tidak tertutup oleh bangunan maupun vegetasi yang dapat mengganggu hasil analisa.
5. Pengambilan sampel sebaiknya memenuhi PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, dengan memenuhi waktu pengambilan selama 30 hari tidak kurang/lebih, karena dapat mempengaruhi komposisi unsur yang ada didalamnya.

6. Perlakuan sampel agar segera dilakukan secepatnya agar tidak terjadi kontaminasi dengan unsur-unsur lain yang bisa disebabkan oleh faktor transportasi atau perlakuan saat akan dianalisa.
7. Memperbaiki proses agar bahan yang akan diproses terisolasi dari lingkungan. Yaitu dengan diusahakan dijalankan secara tertutup sehingga kalau ada emisi gas atau partikulat bisa dilokalisir untuk selanjutnya dialirkan ke unit pengolahan gas buang
8. Melakukan penambahan area penghijauan dengan tidak mengabaikan posisi titik sampling, yaitu dengan tidak menanam pohon didekatnya.
9. Perlunya perhatian untuk pengamanan pada *dust fall collector* dari gangguan masyarakat. Dimana tiang debu jatuh disalah artikan untuk pemasangan tenda warung. Hal ini akan sangat berpengaruh pada komposisi unsur-unsur yang ada didalamnya.

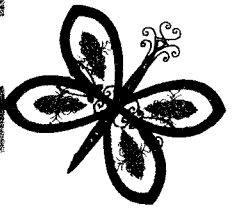








**DAFTAR PUSTAKA**

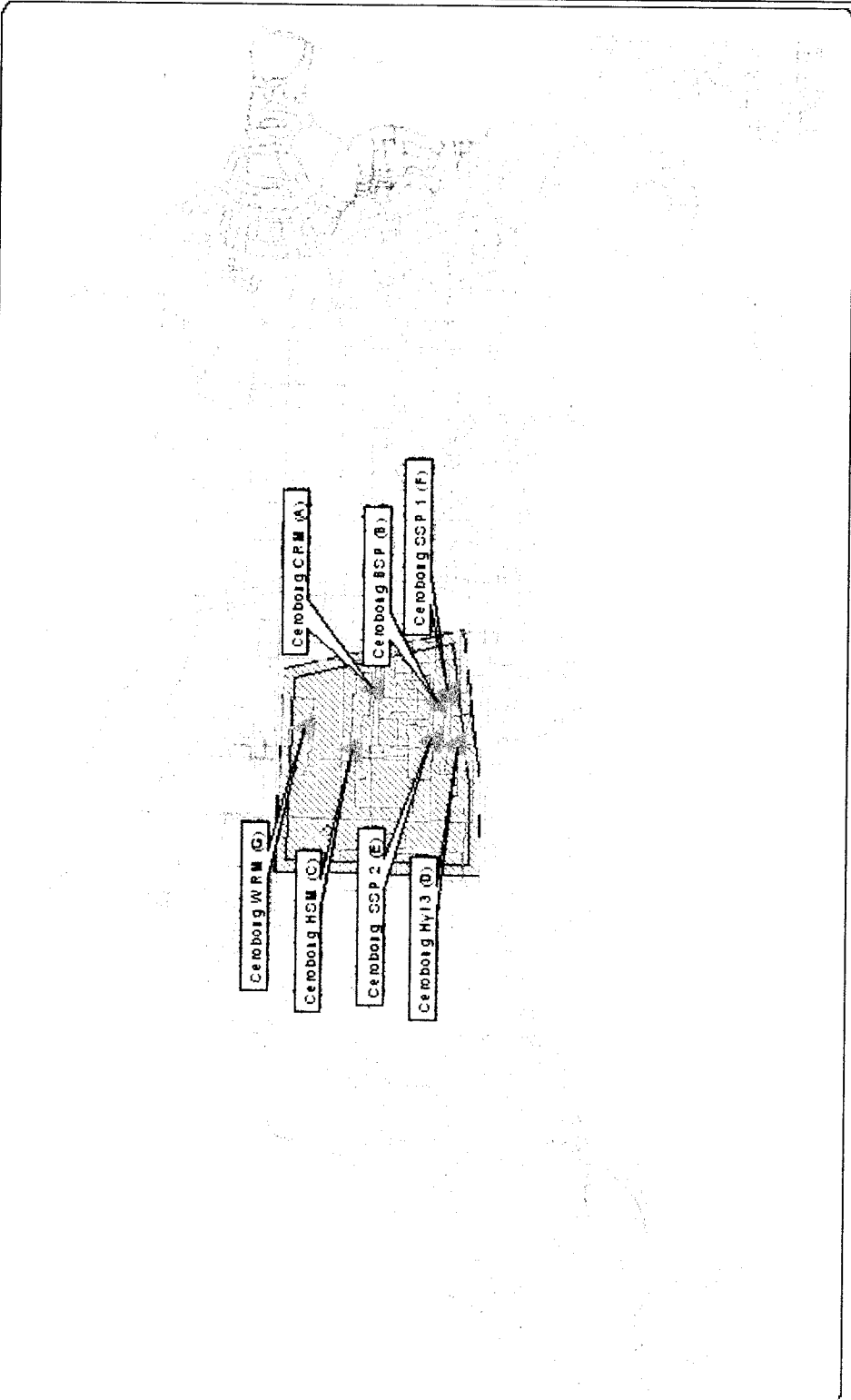
- Anonim, 1999, *Peraturan Pemerintah RI No 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*.
- Anonim, 2004, *Data-data Dokumen Divisi K3LH PT Krakatau Steel*, Cilegon, Banten
- Anonim, 2005, *Data-data Meteorologi Tahun 2002-2005*, Badan Meteorologi dan Geofisika, Serang, Banten.
- Beychok, M.R, <http://www.air-dispersion.com>, 2005
- Fardiaz, Srikandi., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Faith, W. L., 1959, *Air Pollution Control*, John Willey and Son Inc, New York.
- Godhis, Thad., 1997, *Air Quality, Thrid Edition*, Lewis Publishers, New York.
- Hardiyanto, Agus ; Sasongko, Dwi P, *Buku Teks Pengendalian Pencemaran Udara, Proyek Pengembangan Pusat Studi Lingkungan (PPPSL)*, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Hiskia, Achmad, 1992, *Kimia Unsur dan Radiokimia*, PT Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Kristanto, Philip., 2002, *Ekologi Industri*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Mycock, C. John and Mc Kenna, D. John, 1995, *Air Pollution Control Engineering and Technology*, Lewis Publishers, New York.

- Nauli, Tigor, 28 Februari-4 Maret 2005, *Bahan Seminar Penentuan Titik Sampling Ground Level Concentration Secara Simulasi*, Pusat Informatika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung.
- Nevers, Noel De, 1995, *Air Pollution Engineering*, Mc Graw Hill International Edotions, Singapore.
- Parker, Homer. W, DR, 1977, *Air Pollution*, Prentice-Hall, INC, New Jersey.
- Perkins, Henry, 1974, *Air Pollution*, Mc.Graw Hill, Tokyo
- Ryadi, Slamet, Dr, Skm., 1982, *Pencemaran Udara*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Siallagan, Christina, Ir. M.si dkk, 1999, *Penuntun Praktikum Laboratorium Lingkungan II*, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Soedomo, Moestikahadi, Dr. Ir, M.Sc.,DEA., 2001, *Pencemaran Udara*, ITB, Bandung.
- Soemirat,juli,1994, *Kesehatan Lingkungan*, UGM Press, Yogyakarta.
- Sutrisno, Totok ; Suciastuti, Eni, 2002, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Wardhana, Wisnu Arya., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Wark, Kenneth and Warner. F. C, 1981, *Air Pollution Its Origin and Control, Second Edition*, Harper and Row, New York.

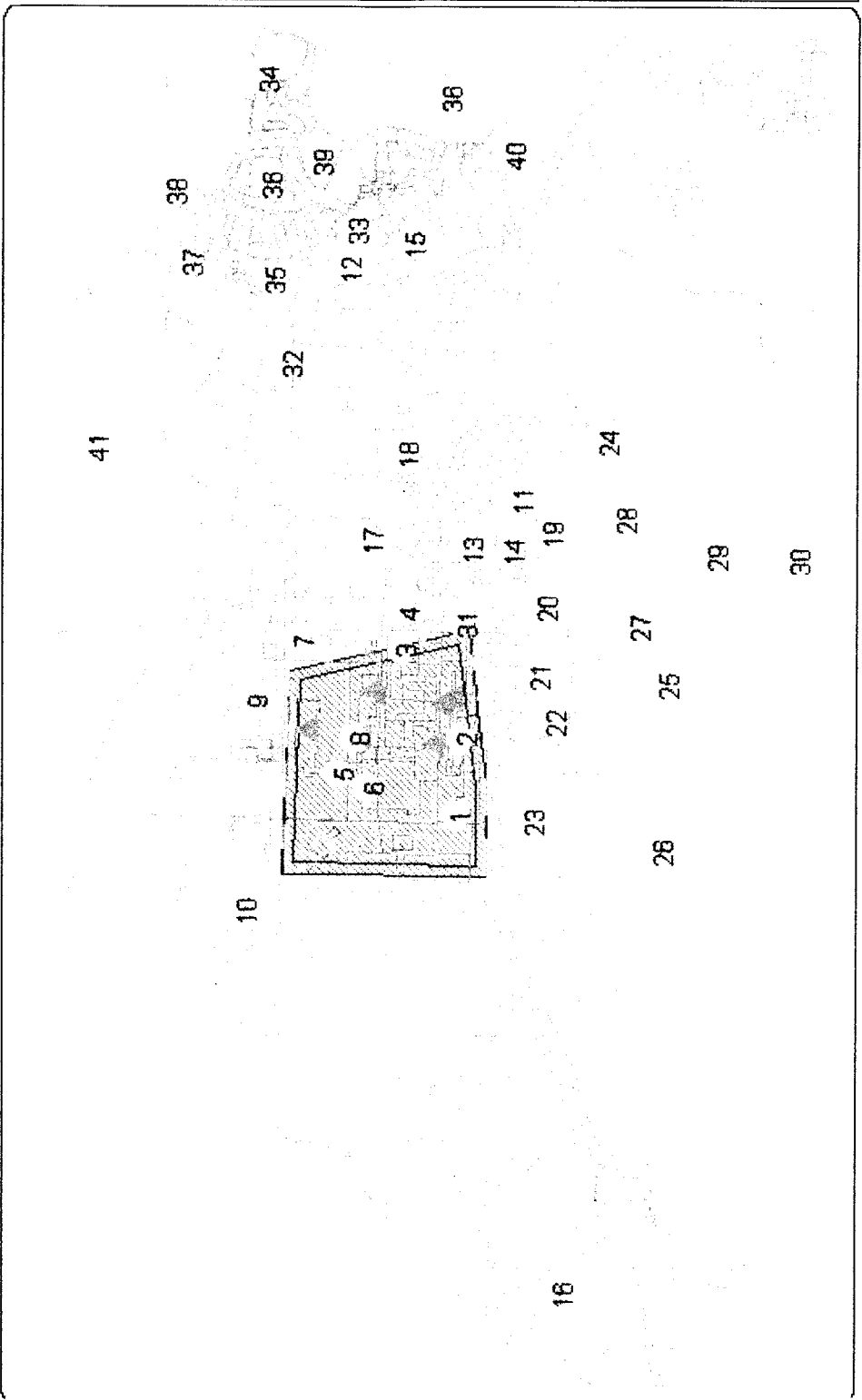
LAMPIRAN



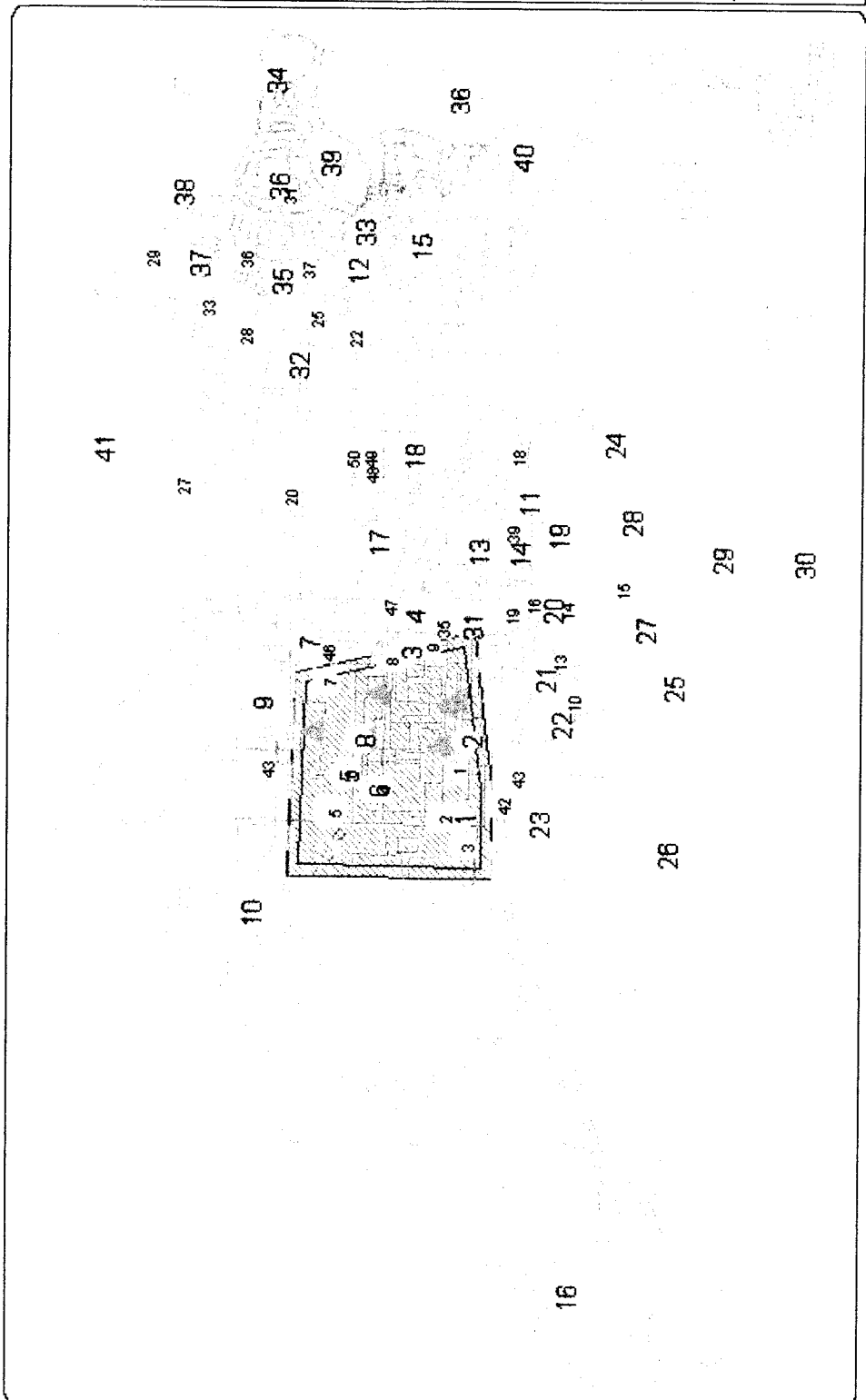
<p>PETA LOKASI CEROBONG PT. KRAKATAU STEEL</p>	
<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Cerobong</li> <li> Jalan</li> <li> Kawasan PT. Krakatau Steel</li> <li> Kawasan Pabrik</li> </ul>	
<p>0 2 Kilometre</p> 	
<p>Tugas Akhir Ika Oktiani Choerunnisa</p>	
<p>Dosen Pembimbing: 1. DR. Ir. Rer.Nat. Agus Taftazani 2. Luqman Hakim, ST., Msi.</p>	
<p>Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta 2005</p>	



PETALOKASI TITIK SAMPLING LAMA DEBU JATUH PT. KRAKATAU STEEL	
Legenda:	
Tugas Akhir Ika Oktiani Choerunnisa	
Dosen Pembimbing: 1. DR. Ir. Rer. Nat. Agus Taftazani 2. Lugman Hakim, ST., Msi,	
Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta 2005	



PETALOKASI TITIK SAMPLING OVERLAY DEBU JATUH PT. KRAKATAU STEEL	
Legenda:	
Titik Sampling Baru	
Titik Sampling Lama	
Cerobong	
Jalan	
Kawasan PT. Krakatau Steel	
Kawasan Pabrik	
0 2 Kilometers	
Tugas Akhir Ika Oktiani Choerunnisa	
Dosen Pembimbing: 1. DR. Ir. Rer.Nat. Agus Taftazani 2. Luqman Hakim, ST., Msi,	
Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta 2005	



### Contoh Perhitungan:

1. Kecepatan Angin pada Ketinggian Cerobong (u)

$$\begin{aligned} u &= u_i \left( \frac{Z}{Z_i} \right)^p \\ &= 2.17 \left( \frac{25}{2.5} \right)^{0.15} \\ &= 3.065 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

2. Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)

$$\begin{aligned} 7. \quad Q &= (0.25 \cdot 3.14 \cdot V_s \cdot D^2) \\ &= (0.25 \cdot 3.14 \cdot 64.8 \cdot 1.4^2) \\ &= 99.701 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

3. Laju Emisi (g/s)

$$\begin{aligned} 8. \quad E &= k (Q/1000) \\ &= 3.6531 (99.701/1000) \\ &= 0.364 \text{ g/s} \end{aligned}$$

4. Tinggi Semburan / ΔH (m)

$$\begin{aligned} \Delta H &= \left( \frac{V_s \cdot D}{U} \right) \left[ 1.5 + (2.68 \cdot 10^{-3} \cdot P) \right] \left[ \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right) D \right] \\ &= \left( \frac{64.8 \cdot 1.4}{3.065} \right) \left( 1.5 + (2.68 \cdot 10^{-3} \cdot 999) \right) \left[ \left( \frac{324.3 - 301}{324.3} \right) 1.4 \right] \\ &= 4.477 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 1. Berat Debu dari Cerobong pada titik 1 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	625	1200	4,477	29,48	21479,6	3531,36	9,358E-06	9,35809
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	320	98	1,466	39,47	11806,3	2172,86	5,91E-05	58,9094
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	370	696	2,022	40,02	4248,13	947,534	0,0000462	46,2198
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	1172	79	46,67	126,7	3760,66	858,196	0,0000434	43,4368
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	1161	95	83,55	136,6	3722,86	851,18	0,0000426	42,6218
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	450	83	52,98	73,98	12069,8	2212,14	0,0000662	66,1599
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	375	1522	14,12	33,12	4248,13	947,534	0,0000223	22,3348

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)  

$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$
- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
- ΔH(m) = ((Vs x D)/U) x (1.5 + (2.68 x 10<sup>-2</sup> x D)) x (((Ts - Ta)/Ts) x D)
- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
- ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0.894</sup>
- ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f  
 X = Jarak Downwind(m)  
 Y = Berat Debu Matematik  

$$Cm = (Q/2^3 \cdot 14 \cdot V \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z) \cdot (\exp(-Y^2/2 \cdot \Delta Y^2)) \cdot (\exp(-(Z - Heff)^2/2 \cdot \Delta Z^2)) + \exp(-Z + Heff)^2/2 \cdot \Delta Z^2)$$
- A, B, C, D, E, F, G = Cerobong



Tabel 2. Berat Debu dari Cerobong pada titik 2 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	968	458	4,477	29,48	31760,1	4850,04	4,305E-06	4,3053
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	898	210	1,466	39,47	29698,7	4593,07	9,321E-06	9,3209
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	592	549	2,022	40,02	20462,8	3395,11	1,996E-05	19,9626
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	758	111	46,67	126,7	25523,1	4061,78	9,461E-05	94,6059
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	759	93	83,55	136,6	25553,2	4065,67	9,101E-05	91,008
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	899	209	52,98	73,98	29728,3	4596,78	1,932E-05	19,3204
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	815	1025	14,12	33,12	27232,3	4281,1	5,624E-06	5,6238

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)
 
$$Q = (0.25 \times 3.14 \times Vs \times D^2)$$
- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
- ΔH(m) = ((Vs x D)/U) x (1.5 + (2.68 x 10<sup>-2</sup> x D)) x (((Ts - Ta)/Ts) x D)
- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
- ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0.894</sup>
- ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f
 
$$X = \text{Jarak Downwind(m)}$$
- Cm = Berat Debu Matematik
 
$$Cm = (Q/2^3 \cdot 14 \cdot V \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z) \cdot (\exp(-Y^2/2 \cdot \Delta Y^2)) \cdot (\exp(-(Z - Heff)^2/2 \cdot \Delta Z^2)) + \exp(-Z + Heff)^2/2 \cdot \Delta Z^2)$$
- A, B, C, D, E, F, G = Cerobong

B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,658	0,1331	766	132	1,466	39,47	25763,8	4092,83	1,238E-05	12,3831
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	698	988	2,022	40,02	23709,1	3825,96	1,487E-05	14,8730
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	730	962	46,67	126,7	20184,4	3357,59	0,0001012	101,175
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	740	1021	83,55	136,6	20215,4	3361,77	0,0000059	0,0000059
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	1130	119,1	52,98	73,98	36466,4	5425,35	0,0000128	12,8784
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	909,3	1231	14,12	33,12	30032,6	4634,91	0,0000463	4,63230

Tabel 3. Berat Debu dari Cerobong pada titik 3 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	1220	695,2	4,477	29,48	39055,6	5735,81	0,0000285	2,8513
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	1130	114,3	1,466	39,47	36466,4	5425,35	0,0000618	6,18467
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	564	854,6	2,022	40,02	26538,2	4192,36	0,0000217	21,7659
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	815,9	62,8	46,67	126,7	27259,2	4284,52	0,0000821	82,1752
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	815,9	202,8	83,55	136,6	27259,2	4284,52	0,0000799	79,9925
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	1130	119,1	52,98	73,98	36466,4	5425,35	0,0000128	12,8784
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	909,3	1231	14,12	33,12	30032,6	4634,91	0,0000463	4,63230

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)  
 $Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$
- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
- ΔH(m) = ((Vs x D)/U) x (1,5 + (2,68 x 10<sup>-2</sup> x D)) x (((Ts - Ta)/(Ts) x D)
- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
- ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0,894</sup>
- ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f  
X = Jarak Downwind(m)  
Y = Berat Debu Matematik  
Cm = (Q/2\*3,14\*V\*ΔY\*ΔZ)\*(exp(-(Y<sup>2</sup>/2\*ΔY<sup>2</sup>))\*(exp(-(Z-Heff)<sup>2</sup>/2\*ΔZ<sup>2</sup>))+exp(-Z+Heff)<sup>2</sup>/2\*ΔZ<sup>2</sup>))  
Y = Jarak Crosswind (m)
- A, B, C, D, E, F, G = Cerobong

Tabel.5 Berat Debu dari Cerobong pada titik 5 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	926,9	338	4,477	29,48	30551,8	4699,81	4,651E-06	4,6505
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	811,1	927	1,466	39,47	27115,7	4266,23	1,118E-05	11,1792
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	564,9	231,8	2,022	40,02	19623,3	3281,65	2,171E-05	21,7063
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	975,3	542,4	46,67	126,7	31974,1	4876,54	6,031E-05	60,3069
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	860,9	534,3	83,55	136,6	28599,4	4454,64	7,268E-05	72,679
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	811,1	910,9	52,98	73,98	27115,7	4266,23	2,319E-05	23,1887
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	627,6	318,7	14,12	33,12	21559,4	3542,01	8,958E-06	8,9575

Keterangan :

1. H = tinggi cerobong (m)
2. D = Diameter cerobong (m)
3. T = Suhu cerobong (°C)
4. Vs = Flow rate (m/s)
5. P = Tekanan (Pa)
6. Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
7. Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
8. u = Kecepatan angin (m/s)
9. Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)
 
$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$
10. Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
11. Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
10. ΔH(m) = ((Vs x D)/U) x (1.5 + (2.68 x 10<sup>-2</sup> x D)) x (((Ts - Ta)/(Ts) x D)
12. H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
13. ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0.894</sup>
14. ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f
 
$$X = \text{Jarak Downwind(m)}$$
15. Cm = Berat Debu Matematik
 
$$Cm = (Q/2*3.14*V*\Delta Y*\Delta Z)*(exp(-(Y^2/2*\Delta Y^2))*(exp(-(Z-Heff)^2*\Delta Z^2)+exp(-(Z+Heff)^2*\Delta Z^2))$$

$$Y = \text{Jarak Crosswind (m)}$$
16. A, B, C, D, E, F, G = Cerobong

Tabel 6. Berat Debu dari Cerobong pada titik 6 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	723	225	4,477	29,48	24466,9	3924,87	7,232E-06	7,2323
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	721	856	1,466	39,47	24406,4	3916,99	1,38E-05	13,7970
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	369	110	2,022	40,02	13410,1	2409,49	4,645E-05	46,4499
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	751	457	46,67	126,7	25312,3	4034,54	9,618E-05	96,1847
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	752	447	83,55	136,6	25342,4	4038,44	9,252E-05	92,5219
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	721	853	52,98	73,98	24406,4	3916,99	2,859E-05	28,5902
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	453	425	14,12	33,12	16108,7	2796,05	1,6E-05	16,0017

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)

$$Q = (0.25 \times 3.14 \times Vs \times D^2)$$

- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)

$$11. \text{Laju Emisi}(E) = K * (\text{Debit}/1000)$$

$$10. \Delta H(m) = ((Vs \times D)/U) \times (1.5 + (2.68 \times 10^{-2} \times D)) \times (((Ts - Ta)/(Ts) \times D)$$

$$12. H \text{ efektif} (m) = H (\text{tinggi cerobong}) + \Delta H$$

$$13. \Delta Y (\text{koefisien dispersi pada titik } Y) = a \times X^{0.894}$$

$$14. \Delta Z (\text{koefisien dispersi pada titik } Z) = c \times X^d + f$$

$$X = \text{Jarak Downwind}(m)$$

- Cm = Berat Debu Matematik

$$Cm = (Q/2^*3.14^*V^*Y^*Z)^*(\exp(-Y^2/2^*\Delta Y^2))^*(\exp(-Z-H\text{eff})^2/2^*\Delta Z^2)+\exp(-Z+H\text{eff})^2/2^*\Delta Z^2))$$

$$Y = \text{Jarak Crosswind} (m)$$

- A, B, C, D, E, F, G = Cerobong

Tabel 7. Berat Debu dari Cerobong pada titik 7 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	611	348	4,477	29,48	210489	3473,81	9,754E-06	9,75417
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	721	831	1,466	39,47	24406,4	3916,99	1,38E-05	13,7970
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	525	575	2,022	40,2	18379,4	3111,83	2,474E-05	24,7397
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	1386	532	46,67	126,7	13831,6	2470,79	0,0000321	32,1926
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	654	452	83,55	136,7	13831,6	2470,79	0,0000118	118,707
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	722	832	52,98	73,78	24436,6	3920,93	2,852E-05	28,5205
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	768	215	14,12	33,12	25823,9	4100,58	6,254E-06	6,25406

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)  

$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$
- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
- $\Delta H(m) = ((Vs \times D)/U) \times (1,5 + (2,68 \times 10^{-2} \times D)) \times (((Ts - Ta)/(Ts) \times D)$
- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
- ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0.894</sup>
- ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f  
X = Jarak Downwind(m)  
Cm = Berat Debu Matematik  

$$Cm = (Q/2^3 \cdot 14^*V^*\Delta Y^*\Delta Z)^*(exp(-(Y^2/2^*\Delta Y^2)))*(exp(-(Z-Heff)^2/2^*\Delta Z^2)+exp(-Z+Heff)^2/2^*\Delta Z^2))$$
Y = Jarak Crosswind (m)
- A, B, C, D, E, F, G = Cerobong

Tabel 8. Berat Debu dari Cerobong pada titik 8 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	679	225	4,477	29,48	23131,3	3750,13	8,086E-06	8,08632
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	557	332	1,466	39,47	19377,8	3248,3	2,188E-05	21,8811
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	365	781	2,022	40,02	13280	2390,52	4,736E-05	47,3551
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	775	913	46,67	126,7	17972	3055,75	0,0000909	90,9228
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	1398	811	83,55	136,6	19346,7	3244,07	0,0000306	30,5928
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	556	331	52,98	73,98	19346,7	3244,07	4,541E-05	45,4076
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	822	1243	14,12	33,12	27441,3	4307,73	5,538E-06	5,53761

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)

$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$

- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)

$$10. \Delta H(m) = ((Vs \times D)/U) \times (1,5 + (2,68 \times 10^{-2} \times D)) \times (((Ts - Ta)/Ts) \times D)$$

- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH

$$13. \Delta Y(\text{koefisien dispersi pada titik } Y) = a \times X^{0,894}$$

$$14. \Delta Z(\text{koefisien dispersi pada titik } Z) = c \times X^d + f$$

X = Jarak Downwind(m)

- Cm = Berat Debu Matematik

$$Cm = (Q/2^*3,14^*V^*\Delta Y^*\Delta Z^*) \times (\exp(-(Y^2/2^*\Delta Y^2)) \times (\exp(-(Z-\text{Heff})^2/2^*\Delta Z^2) + \exp(-Z+\text{Heff})^2/2^*\Delta Z^2))$$

Y = Jarak Crosswind (m)

- A,B,C,D,E,F,G = Cerobong

Tabel.9 Berat Debu dari Cerobong pada titik 13 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	268,8	1453	4,477	29,48	10102,3	1914,65	4,178E-05	41,7832
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	476	917	1,466	39,47	11509	2128,35	2,897E-05	28,9715
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	709	1684	2,022	40,02	21015	3469,27	1,446E-05	14,4602
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	728	822,4	46,67	126,7	22704,5	3693,89	0,0000101	101,675
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	797	925	83,55	136,6	22704,5	3693,89	0,0000832	83,2086
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	478	916	52,98	73,98	11542,1	2133,31	0,0000597	59,3661
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	674	1996	14,12	33,12	27142,6	4259,66	7,851E-06	7,8699

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)

$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$

- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)

$$11. \text{Laju Emisi}(E) = K * (\text{Debit}/1000)$$

$$10. \Delta H(m) = ((Vs \times D)/U) \times (1,5 + (2,68 \times 10^{-2} \times D)) \times (((Ts - Ta)/(Ts) \times D)$$

$$12. H \text{ efektif} (m) = H (\text{tinggi cerobong}) + \Delta H$$

$$13. \Delta Y (\text{koefisien dispersi pada titik } Y) = a \times X^{0,894}$$

$$14. \Delta Z (\text{koefisien dispersi pada titik } Z) = c \times X^d + f$$

$$X = \text{Jarak Downwind}(m)$$

$$15. Cm = \text{Berat Debu Matematik}$$

$$Cm = (Q/2 \times 3,14 \times V \times \Delta Y \times \Delta Z) * (\exp(-Y^2/2 \times \Delta Y^2)) * (\exp(-(Z - Heff)^2/2 \times \Delta Z^2)) + \exp(-Z + Heff)^2/2 \times \Delta Z^2)$$

$$Y = \text{Jarak Crosswind} (m)$$

$$16. A, B, C, D, E, F, G = \text{Cerobong}$$

Tabel 10 Berat Debu dari Cerobong pada titik 16 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	569	1052	4,477	29,48	19750,6	3298,91	1,106E-05	11,0596
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	891	551	1,466	39,47	24406,4	3916,99	1,098E-05	10,9878
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	1081	1547	2,022	40,02	32726,3	4969,4	6,808E-06	6,8083
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	1130	635	46,67	126,7	28810,2	4481,26	4,636E-05	46,3613
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	1130	937	83,55	136,6	22307,3	3641,37	0,0000447	44,7261
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	809	552	52,98	73,98	24345,8	3909,11	2,325E-05	23,2519
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	1013	1856	14,12	33,12	33076,8	5012,54	3,846E-06	3,84620

Keterangan :

1. H = tinggi cerobong (m)
2. D = Diameter cerobong (m)
3. T = Suhu cerobong (°C)
4. Vs = Flow rate (m/s)
5. P = Tekanan (Pa)
6. Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
7. Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
8. u = Kecepatan angin (m/s)
9. Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)
 
$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$
10. Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
11. Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
10. ΔH(m) = ((Vs x D)/U) x (1.5 + (2.68 x 10<sup>-2</sup> x D)) x (((Ts - Ta)/(Ts) x D)
12. H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
13. ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0.894</sup>
14. ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f
 
$$X = \text{Jarak Downwind(m)}$$
15. Cm = Berat Debu Matematik
 
$$Cm = (Q/2*3.14*V*\Delta Z)*(exp(-(Y^2/\Delta Y^2))*(exp(-(Z-Heff)^2/\Delta Z^2))+exp(-Z+Heff)^2/\Delta Z^2))$$

$$Y = \text{Jarak Crosswind (m)}$$
16. A,B,C,D,E,F,G = Cerobong



Tabel 12. Berat Debu dari Cerobong pada titik 41 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	786	841	4,477	29,48	26364,3	4170,06	6,232E-06	6,2315
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	878	1025	1,466	39,47	29106,7	4518,65	9,703E-06	9,7030
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	557	921	2,022	40,02	19377,8	3248,3	2,226E-05	22,2564
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	885	461	46,67	126,7	9264,79	1784,77	0,0007173	71,7365
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	890	470	83,55	136,6	9298,72	1790,08	0,0006849	68,4931
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	877	312	52,98	73,98	29077,1	4514,91	2,019E-05	20,1900
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	1419	1953	14,12	33,12	44707,6	6400,44	2,096E-06	2,0960

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)

$$Q = (0,25 \times 3,14 \times Vs \times D^2)$$

- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)

$$11. \text{Laju Emisi}(E) = K * (\text{Debit}/1000)$$

$$10. \Delta H(m) = (Vs \times D)/U \times (1,5 + (2,68 \times 10^{-2} \times D)) \times ((Ts - Ta)/(Ts) \times D)$$

$$12. H \text{ efektif} (m) = H (\text{tinggi cerobong}) + \Delta H$$

$$13. \Delta Y(\text{koefisien dispersi pada titik } Y) = a \times X^{0,894}$$

$$14. \Delta Z(\text{koefisien dispersi pada titik } Z) = c \times X^d + f$$

$$X = \text{Jarak Downwind}(m)$$

$$15. C_m = \text{Berat Debu Matematik}$$

$$C_m = (Q/2^*3,14^*V^* \Delta Y^* \Delta Z)^*(\exp(-Y^2/2^* \Delta Y^2)) * (\exp(-Z-\text{Heff})^2/2^* \Delta Z^2) + \exp(-Z+\text{Heff})^2/2^* \Delta Z^2)$$

$$Y = \text{Jarak Crosswind} (m)$$

$$16. A, B, C, D, E, F, G = \text{Cerobong}$$

Tabel 13. Berat Debu dari Cerobong pada titik 42 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	V <sub>s</sub>	P	T <sub>a</sub>	T <sub>s</sub>	u	Q	C <sub>p</sub> (g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	C <sub>m</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	C <sub>m</sub> (g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	452	1685	4,477	29,48	16076,9	2791,57	1,661E-05	16,6076
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	711	466	1,466	39,47	24103,5	3877,51	1,415E-05	14,1462
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	425	759	2,022	40,02	15215,6	2669,58	3,608E-05	36,0831
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	916591	20,895	780	728	46,67	126,7	8273,87	1628,18	0,0000898	89,8873
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	777	727	83,55	136,6	8239,46	1622,68	0,0000873	87,2703
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	710	465	52,98	73,98	24073,2	3873,56	7,639E-05	76,3928
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	965	2105	14,12	33,12	31672,1	4839,14	4,158E-06	4,1584

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- V<sub>s</sub> = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- T<sub>a</sub> = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- T<sub>s</sub> = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)  
 $Q = (0,25 \times 3,14 \times V_s \times D^2)$
- K<sub>p</sub> = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
- $\Delta H(m) = (V_s \times D)/U \times (1,5 + (2,68 \times 10^{-2} \times D)) \times (((T_s - T_a)/T_s) \times D)$
- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
- ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0,894</sup>
- ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f  
 X = Jarak Downwind(m)  
 Y = Berat Debu Matematik  
 Z = Jarak Crosswind (m)
- C<sub>m</sub> = Berat Debu Matematik  
 $C_m = (Q/2^3 \cdot 14^3 \cdot V_s \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z) \cdot (\exp(-Y^2/2 \cdot \Delta Y^2)) \cdot (\exp(-Z - Heff)^2/2 \cdot \Delta Z^2) + \exp(-Z + Heff)^2/2 \cdot \Delta Z^2)$
- A, B, C, D, E, F, G = Cerobong

Tabel 14 Berat Debu dari Cerobong pada titik 46 PT Krakatau Steel

Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	442,6	420	4,477	29,48	15777,7	2749,34	1,73E-05	17,3026
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	482,8	1004	1,466	39,47	17052,8	2928,31	2,825E-05	28,2457
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	709,7	294,4	2,022	40,02	24064,1	3872,37	1,444E-05	14,4395
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	730,6	1072	46,67	126,7	24696,7	3954,75	0,000101	101,023
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	798,2	393,9	83,55	136,6	26729,9	4216,91	8,318E-05	83,1827
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	478	981,7	52,98	73,98	16900,6	2907,08	5,936E-05	59,362
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	675,9	106,2	14,12	33,12	23036,9	3737,71	7851E-06	7,8506

Keterangan :

- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)

$$Q = (0.25 \times 3.14 \times Vs \times D^2)$$

- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)

$$11. \text{Laju Emisi}(E) = K * (\text{Debit}/1000)$$

$$10. \Delta H(m) = (Vs \times D)/U \times (1.5 + (2.68 \times 10^{-2} \times D)) \times (((Ts - Ta)/Ts) \times D)$$

$$12. H \text{ efektif} (m) = H (\text{tinggi cerobong}) + \Delta H$$

$$13. \Delta Y(\text{koefisien dispersi pada titik } Y) = a \times X^{0.894}$$

$$14. \Delta Z(\text{koefisien dispersi pada titik } Z) = c \times X^d + f$$

$$X = \text{Jarak Downwind}(m)$$

$$15. Cm = \text{Berat Debu Matematik}$$

$$Cm = (Q/2*3.14*V*\Delta Y*\Delta Z)*(exp(-Y^2/\Delta Y^2))*(exp(-(Z-Heff)^2/\Delta Z^2)+exp(-Z+Heff)^2/\Delta Z^2))$$

$$Y = \text{Jarak Crosswind} (m)$$

$$16. A, B, C, D, E, F, G = \text{Cerobong}$$

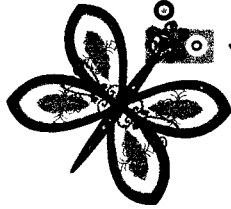
Tabel,15 Berat Debu dari Cerobong pada titik 47 PT Krakatau Steel

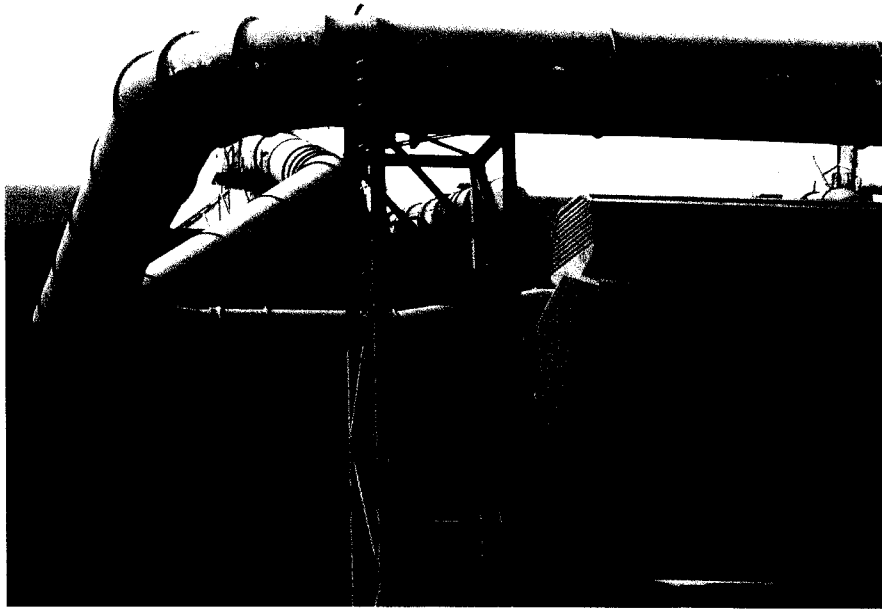
Crbg	H	D	T	Vs	P	Ta	Ts	u	Q	Cp(g/m <sup>3</sup> )	E	x	y	ΔH	Heff	ΔY	ΔZ	Cm(μg/m <sup>3</sup> )	Cm(g/m <sup>3</sup> )
A	25	1,4	120	64,8	999	301	324,3	3,07	99,7	3,6531	0,3642	719,4	77,3	4,477	29,48	24357,9	3910,69	7,297E-06	7,2970
B	38	0,7	120	58	999	301	339	3,26	22,3	5,9658	0,1331	819,2	494,1	1,466	39,47	27357,7	4297,09	1,098E-05	10,983
C	38	0,7	120	80	999	301	339	3,26	30,8	13,365	0,4113	1082	173,8	2,022	40,02	35069,4	5256,14	6,804E-06	6,8038
D	80	2,2	400-600	60	999	301	493	3,65	228	91,6591	20,895	1130	576,2	46,67	126,7	36466,4	5425,35	4,638E-05	46,3762
E	53	2,4	500-600	89,7	999	301	476,5	3,43	406	78,1554	31,699	1130	434,5	83,55	136,6	36466,4	5425,35	4,474E-05	44,7440
F	21	2,3	200	85,9	999	301	391,5	2,99	357	10,5465	3,7621	809,5	490,9	52,98	73,98	27067,9	4260,12	2,328E-05	23,2782
G	19	1,1	220	77,3	999	301	421	2,94	76,1	7,5465	0,5744	1009	582,6	14,12	33,12	32963	4998,53	3,847E-06	3,8470

Keterangan :

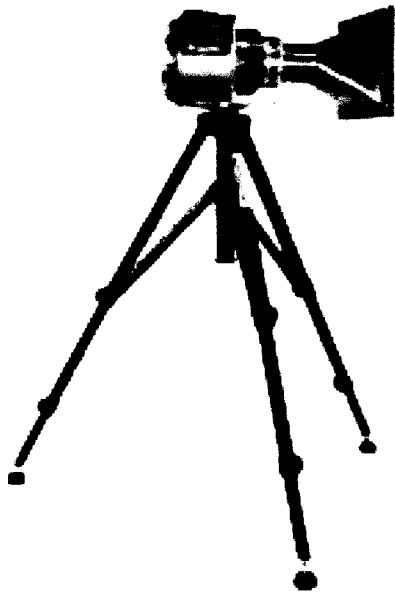
- H = tinggi cerobong (m)
- D = Diameter cerobong (m)
- T = Suhu cerobong (°C)
- Vs = Flow rate (m/s)
- P = Tekanan (Pa)
- Ta = Suhu Udara (°K) = 273+suhu udara (°C)
- Ts = Suhu Cerobong (°C) = 273 + suhu cerobong (°C)
- u = Kecepatan angin (m/s)
- Q = Debit Emisi (m<sup>3</sup>/s)  
 $Q = (0.25 \times 3.14 \times Vs \times D^2)$
- Kp = Berat Debu pengukuran (g/m<sup>3</sup>)
- Laju Emisi(E) = K \* (Debit/1000)
- ΔH(m) = ((Vs x D)/U) x (1.5 + (2.68 x 10<sup>-2</sup> x D)) x (((Ts - Ta)/Ts) x D)
- H efektif (m) = H (tinggi cerobong) + ΔH
- ΔY(koefisien dispersi pada titik Y) = a x X<sup>0.894</sup>
- ΔZ(koefisien dispersi pada titik Z) = c x X<sup>d</sup> + f  
 $X = \text{Jarak Downwind(m)}$
- Cm = Berat Debu Matematik  
 $Cm = (Q/2^*3.14^*V^*ΔY^*ΔZ^*)(exp^-(Y^2/2^*ΔY^2)^*(exp^-(Z-Heff)^2/2^*ΔZ^2)+exp^-(Z+Heff)^2/2^*ΔZ^2))$   
 $Y = \text{Jarak Crosswind (m)}$
- A,B,C,D,E,F,G = Cerobong

# GAMBAR





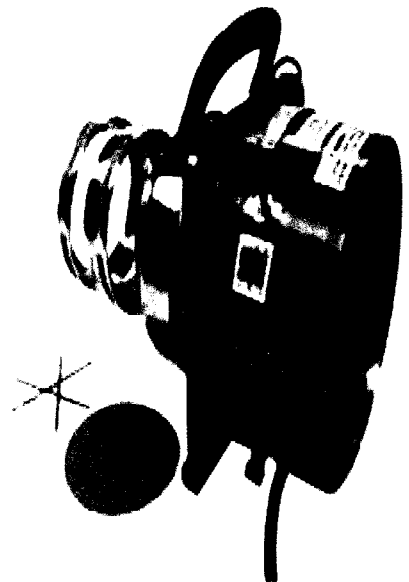
**Conveyor**



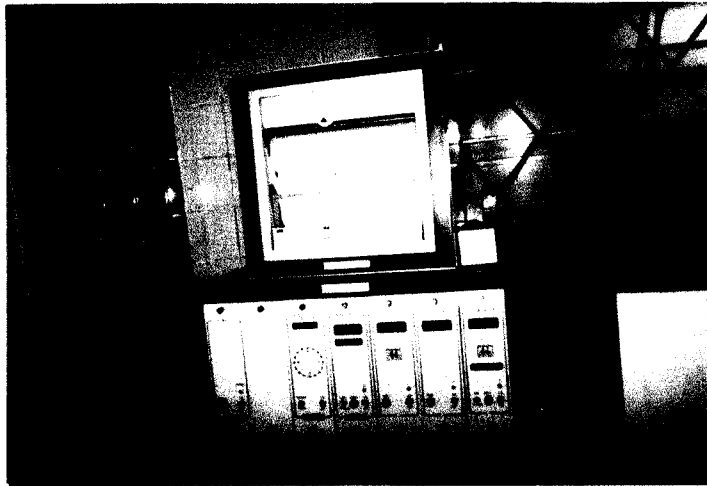
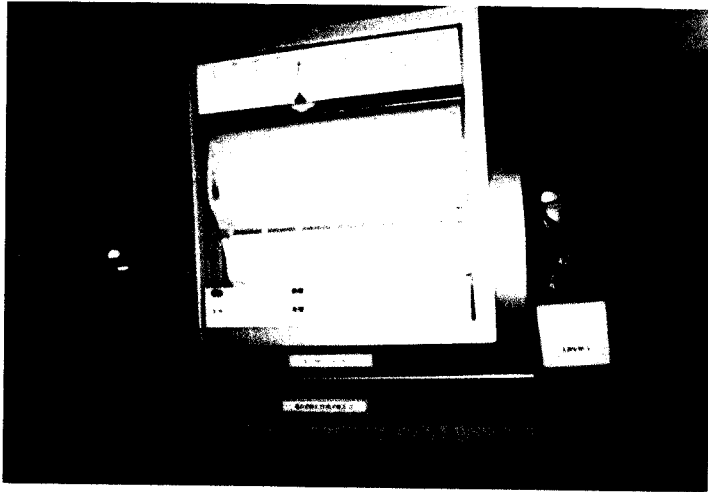
**Staplex**



**Staplex**



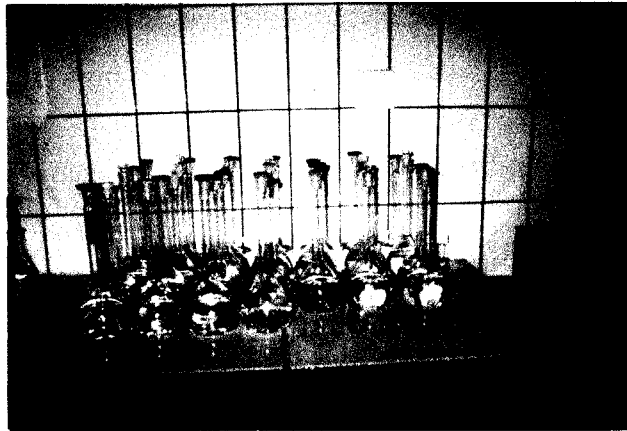
**TFIA Staplex**



**Alat Pencatat Meteorologi**



**Global Positioning System**



**Peralatan Pengujian**