

TA/ TL/ 2004/ 0008

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/ BELI	
TGL. TERIMA :	21 Desember 2004
NO. JUDUL :	001351
NO. INV. :	1100010451001
NO. INDUK :	

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### “ Distribusi SO<sub>2</sub> , NO<sub>2</sub> , dan TSP Udara *Ambient* Pada Beberapa Lokasi di Kawasan PT. Krakatau Steel “

*Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian  
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan*



R  
628-51  
wid  
D

x, m, sib : 28 cm  
lokasi udara & sanitasi

*Disusun Oleh :*

Nama : Nikko Widityawan  
N.I.M : 99 513 015  
Fakultas/Jurusan : FTSP / T.Lingkungan

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2004**

# TUGAS AKHIR

**“ Distribusi SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan TSP Udara Ambient  
Pada Beberapa Lokasi di Kawasan PT. Krakatau Steel “.**

Nama : Nikko Widityawan

No.Mhs. : 99 513 015

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Dr. Ir. Agus Taftazani**

**Dosen Pembimbing I**



**Tanggal :** 9/7/04

**Luqman Hakim S.T., M.Si.**

**Dosen Pembimbing II**



**Tanggal :** 10/7/04

**Yulia Hendra , S.T.**

**Dosen Pembimbing III**



**Tanggal :** 10/7/04

*Motto:*

*"Gritiklah sedikit ilmu Walupun ilmu tersebut berasal dari*

*Mulut Seekor Hewan....."*

*"Sufersembangkan karya sederhananya ini kepada Keluarga Suciinta*

*Syahanda F. Sadi Mutakhir dan Stunda Sy. Suciinta, serta kepada*

*Mba' Widanti dan "Lille" Winda..... "*

## ABSTRAKS

### “ Distribusi $SO_2$ , $NO_2$ , dan TSP Udara *Ambient* Pada Beberapa Lokasi di Kawasan PT. Krakatau Steel “

Pencemaran udara saat ini, terutama pada kota-kota besar ataupun daerah-daerah industri di Indonesia mulai dirasakan menjadi masalah yang cukup memprihatinkan. Dengan aktivitas produksi yang cukup tinggi, PT. Krakatau Steel sebagai salah satu kawasan industri baja terpadu terbesar di Asia Tenggara, yang di dalamnya terdapat tujuh buah pabrik utama yang terintegrasi, memiliki kecenderungan untuk menghasilkan bahan-bahan pencemar bagi lingkungan sekitar, dalam hal ini khususnya adalah bahan-bahan pencemar yang dilepaskan ke udara sekitar (udara *ambient*). Telah dilakukan pengukuran kadar  $SO_2$ ,  $NO_2$ , dan TSP (*Total Suspended Particulate*) udara *ambient* pada lima lokasi di kawasan PT. Krakatau Steel pada bulan Februari 2004. Data konsentrasi  $SO_2$ ,  $NO_2$ , dan TSP hasil pengukuran Februari 2004 kemudian dibandingkan dengan konsentrasi teoritis  $SO_2$ ,  $NO_2$ , dan TSP dari persamaan Gauss dan dibandingkan pula dengan data pengukuran sebelumnya, Oktober 2003. Pengambilan sampel udara dilakukan pada lima lokasi *sampling* yang biasa dijadikan titik *sampling* oleh divisi K3LH PT. Krakatau Steel. Sampel udara untuk pengukuran partikel debu diambil dengan alat *High Volume Sampler*, sedangkan  $NO_2$  dan  $SO_2$  menggunakan *Gas Sampler* dengan impinger yang berisi larutan absorben. Hasil dari penelitian kali ini menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata konsentrasi  $SO_2$  dan  $NO_2$  teoritis dan pengukuran di lapangan pada saat penelitian Februari 2004 lebih besar nilainya dibandingkan dengan konsentrasi pada periode Oktober 2003. Dari hasil tersebut, dapat diduga bahwa untuk menganalisa sebaran konsentrasi udara *ambient* sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi, data-data emisi cerobong yang akurat, serta kemungkinan adanya pengaruh bangunan. Hasil pengukuran konsentrasi  $SO_2$  dan  $NO_2$  di lapangan pada saat penelitian menunjukkan hasil masih berada dibawah standar Baku Mutu Udara *Ambient* (BMUA) menurut PP.No.41 Tahun 1999, Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Konsentrasi  $SO_2$  tertinggi setelah dikonversikan ke dalam waktu standar (24 jam) diperoleh hasil sebesar  $23,21161 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada titik 1 (area per-empatan WS), lebih rendah dari baku mutu yaitu sebesar  $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sedangkan untuk konsentrasi  $NO_2$  tertinggi setelah dikonversikan ke dalam waktu standar (24 jam) diperoleh hasil sebesar  $23,45221 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada titik 4 (area MH DR), lebih rendah dari baku mutu yaitu sebesar  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hasil pengukuran terhadap konsentrasi debu *ambient* / TSP di beberapa titik lokasi *sampling* pada saat penelitian, melebihi nilai baku mutu yaitu sebesar  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , namun kondisi tersebut tidaklah sepenuhnya dipengaruhi oleh faktor emisi, melainkan hasil dari aktivitas di sekitar lokasi *sampling* serta berasal dari debu permukaan tanah.

**Kata kunci :**  $SO_2$ ,  $NO_2$ , *Total Suspended Particulate (TSP)*, BMUA.

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam, shalawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW. Penyusun bersyukur kepada Allah SWT, karena berkat taufik dan hidayah-Nya lah penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan apa yang diharapkan.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu prasyarat kelulusan didalam menempuh jenjang sarjana. Laporan ini berisi tentang analisa distribusi sebaran kualitas udara ambient pada kawasan PT. Krakatau Steel, Cilegon-Banten. Pada kesempatan kali ini, penyusun ingin mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Kasam, M.T., selaku kepala jurusan teknik lingkungan UII.
3. Bapak Dr.Ir. Agus Taftazani, selaku dosen pembimbing 1.
4. Bapak Luqman Hakim, S.T., M.Si, selaku dosen pembimbing 2.
5. Ibu Yulia Hendra, S.T., selaku dosen pembimbing 3..
6. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan FTSP, khususnya pada Jurusan Teknik Lingkungan.
7. PT. Krakatau Steel, yang telah mengizinkan penyusun untuk melakukan penelitian kali ini.
8. Staf divisi K3LH PT. Krakatau Steel, Pak Subiyarman dan Pak Bachrudin selaku pembimbing lapangan, Ibu Eka, Pak Sugi, Pak Nur, Ibu Esti, Pak Nandang, Pak Amin, Pak Yusuf, serta para staf lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan penelitian ini.
9. Ayahanda, Ibunda serta saudara-saudaraku tercinta yang telah memberikan semangat, doa restu serta dorongan moril maupun materiil.

10. Rekan-rekan praktikan pada divisi K3LH, Toni, Agus, Yuni, Nuri, Cucum, Hendi, Ade, Nia, Fajar, Ical.
11. Para staf Camp Tiyasan, "Extrimist" Ahmad (Semangat!!), Meidy "Djenggoth" (nge-Fens..?!), Firman "Andre" (kapan kita kemana?), Mas Anam, Gatot (thanks komputernya), Adi "Oyo" (ada info baru..?!), Fandi & Ulu "arch00", dan kepada rekan-rekan Envirolitikum 99ers lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
12. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah turut banyak membantu, baik secara moril maupun materiil.

***" Semoga Allah SWT membalas atas segala amal dan budi baik yang telah diberikan kepada penulis.....".***

Penyusun menyadari bahwa apa yang disajikan pada laporan Tugas Akhir kali ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya kritik, saran dan masukan yang membangun akan sangat diterima dengan lapang dada, demi penyempurnaan pada karya berikutnya. Besar harapan, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Amien .....

Jogjakarta, 15 Juni 2004  
Penyusun,

(Nikko Widityawan)

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAKS</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat .....	3
1.5. Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Tinjauan Terhadap Bahan Pencemar Udara.....	7
2.3. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Manusia .....	14
2.4. Metode <i>Sampling</i> dan Analisa Kontaminan Di Udara .....	16
2.4.1. Analisa Gas .....	16
2.4.2. Analisa Debu .....	19
2.5. Baku Mutu Udara <i>Ambient</i> .....	19
2.6. Analisa Distribusi Sebaran Polutan di Udara.....	21
2.6.1. Aspek Meteorologi.....	21
2.6.2. Aspek Sumber Pencemar .....	22
2.6.3. Distribusi Sebaran Model Gauss .....	25
2.6.4. Konversi Hasil Pengukuran Dengan Rumus Canter .....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
3.1. Lokasi Penelitian .....	31
3.1.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian .....	31
3.1.2. Unit-Unit Produksi PT.Krakatau Steel.....	33
3.1.3. Lokasi <i>Sampling</i> Penelitian .....	35
3.2. Obyek Penelitian .....	37
3.3. Metode Pengumpulan Data .....	37
3.4. Metode <i>Sampling</i> dan Analisa Laboratorium .....	38
3.4.1. Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) .....	38
3.4.1.1. Prinsip Pengukuran .....	38
3.4.1.2. Alat dan Bahan .....	39
3.4.1.3. Pembuatan Reagen .....	40
3.4.1.4. Cara Kerja .....	42
3.4.2. Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) .....	45
3.4.2.1. Prinsip Pengukuran .....	45

3.4.2.2. Alat dan Bahan.....	45
3.4.2.3. Pembuatan Reagen.....	46
3.4.2.4. Cara Kerja .....	48
3.4.3. Partikel Debu/ <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) .....	49
3.4.3.1. Prinsip Pengukuran .....	49
3.4.3.2. Alat dan Bahan.....	49
3.4.3.3. Cara Kerja .....	50
3.4.3.4. Perhitungan Kadar Debu <i>Ambient</i> .....	51
3.5. Pengukuran Data Meteorologi Lapangan .....	51
3.5.1. Arah Angin.....	51
3.5.2. Kecepatan Angin.....	51
3.5.3. Temperatur Udara <i>Ambient</i> .....	52
3.5.4. Tekanan Udara .....	52
3.5.5. Kondisi Cuaca .....	52
3.6. Metode Analisa Data.....	53
3.6.1. Perhitungan Debit Emisi <i>Stack</i> .....	53
3.6.2. Perhitungan Konsentrasi Emisi <i>Stack</i> .....	53
3.6.3. Perhitungan Kondisi Meteorologi.....	54
3.6.4. Perhitungan Distribusi Sebaran.....	54
3.6.4.1. Perhitungan Model Gauss .....	54
3.6.4.2. Perhitungan Koefisien Dispersi .....	54
3.6.4.3. Perhitungan Tinggi Efektif <i>Stack</i> .....	55
3.6.5. Perbandingan Dengan Analisa Statistik.....	55
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>57</b>
4.1. Jarak Antara Titik <i>Sampling</i> Dengan Tiap <i>Stack</i> .....	57
4.2. Data Dimensi <i>Stack</i> .....	58
4.3. Kurva Kalibrasi Standar dan Berat Awal <i>Filter</i> .....	59
4.3.1. Kurva Kalibrasi Standar SO <sub>2</sub> .....	59
4.3.2. Kurva Kalibrasi Standar NO <sub>2</sub> .....	60
4.3.3. Berat Awal <i>Filter</i> .....	61
4.4. Data Kondisi Meteorologi di Lapangan.....	62
4.5. Data Hasil <i>Sampling</i> Konsentrasi SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , dan TSP <i>Ambient</i> .....	63
4.5.1. Absorban SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> dan Berat Akhir <i>Filter</i> .....	63
4.5.2. Perhitungan Konsentrasi SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , dan TSP .....	64
4.6. Hasil Perhitungan Konsentrasi Teoritis Pada Saat Penelitian - (Februari 2004) Melalui Persamaan Gauss.....	70
4.6.1. Perhitungan Konsentrasi Emisi Dari Tiap <i>Stack</i> .....	70
4.6.2. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 1 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Selasa/17 Februari 2004) .....	71
4.6.3. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 2 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Rabu/18 Februari 2004).....	74
4.6.4. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 3 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Rabu/18 Februari 2004).....	76
4.6.5. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 4 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Senin/1 Maret 2004) .....	78



4.6.6. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 5 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Selasa/2 Maret 2004) .....	80
4.7. Hasil Perhitungan Konsentrasi Teoritis Pada Periode - Oktober 2003 Melalui Persamaan Gauss .....	82
4.7.1. Perhitungan Konsentrasi Emisi Dari Tiap <i>Stack</i> .....	82
4.7.2. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 1 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Jum'at/17 Oktober 2003).....	82
4.7.3. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 2 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Jum'at/17 Oktober 2003).....	85
4.7.4. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 3 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Jum'at/17 Oktober 2003).....	86
4.7.5. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 4 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Jum'at/17 Oktober 2003).....	87
4.7.6. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 5 dengan - Tiap <i>Stack</i> (Jum'at/17 Oktober 2003).....	88
4.8. Konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> <i>Ambient</i> (Oktober 2003) .....	89
4.9. Konversi Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> dengan Rumus Canter .....	89
4.9.1. Konversi Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> Pada Saat Penelitian .....	89
4.9.2. Konversi Konsentrasi Teoritis Pada Saat Penelitian.....	90
4.9.3. Konversi Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> (Periode Oktober 2003).....	91
4.9.4. Konversi Konsentrasi Teoritis (Periode Oktober 2003) .....	91
4.10. Perbandingan Konsentrasi Teoritis dengan Konsentrasi Lapangan.....	92
4.10.1. Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> Teoritis - dengan Konsentrasi Lapangan (Februari 2004) .....	92
4.10.2. Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> Teoritis - dengan Konsentrasi Lapangan (Oktober 2003) .....	94
4.11. Analisa Statistik Perbandingan Konsentrasi Teoritis - Lapangan.....	96
4.11.1. Analisa Statistik Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> - Teoritis dengan Konsentrasi Lapangan (Februari 2004).....	96
4.11.2. Analisa Statistik Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> - Teoritis dengan Konsentrasi Lapangan (Oktober 2003) .....	100
4.12. Perbandingan Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> Pada Saat Penelitian- dengan Baku Mutu .....	104
4.12.1. Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> dengan Baku Mutu .....	104
4.12.2. Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> dengan Baku Mutu.....	105
4.12.3. Perbandingan Konsentrasi TSP dengan Baku Mutu.....	106
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>108</b>
5.1. Kesimpulan .....	108
5.2. Saran.....	110

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL 2.1.</b>	<b>Pengaruh SO<sub>2</sub> Terhadap Manusia.....</b>	<b>9</b>
<b>TABEL 2.1.</b>	<b>Komponen Partikel dan Bentuk Umum yang Terdapat di Udara.....</b>	<b>12</b>
<b>TABEL 2.3.</b>	<b>Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Manusia.....</b>	<b>15</b>
<b>TABEL 2.4.</b>	<b>Baku Mutu Udara <i>Ambient</i> Nasional .....</b>	<b>20</b>
<b>TABEL 2.5.</b>	<b>Kategori Kelas Stabilitas Atmosfer.....</b>	<b>22</b>
<b>TABEL 2.6.</b>	<b>Koefisien Dispersi Gauss .....</b>	<b>28</b>
<b>TABEL 2.7.</b>	<b>Nilai Eksponen p .....</b>	<b>30</b>
<b>TABEL 3.1.</b>	<b>Obyek Penelitian .....</b>	<b>37</b>
<b>TABEL 4.1.</b>	<b>Data Koordinat Titik <i>Sampling</i> dan <i>Stack</i>.....</b>	<b>57</b>
<b>TABEL 4.2.</b>	<b>Jarak <i>Downwind</i> dan <i>Crosswind</i> Antara Titik <i>Sampling</i> dengan Tiap <i>Stack</i>.....</b>	<b>58</b>
<b>TABEL 4.3.</b>	<b>Data Dimensi <i>Stack</i> .....</b>	<b>59</b>
<b>TABEL 4.4.</b>	<b>Kurva Kalibrasi Standar SO<sub>2</sub>.....</b>	<b>59</b>
<b>TABEL 4.5.</b>	<b>Kurva Kalibrasi Standar NO<sub>2</sub>.....</b>	<b>60</b>
<b>TABEL 4.6.</b>	<b>Berat Awal <i>Filter</i>.....</b>	<b>61</b>
<b>TABEL 4.7.</b>	<b>Data Meteorologi Lapangan .....</b>	<b>62</b>
<b>TABEL 4.8.</b>	<b>Analisa Kelas Stabilitas Atmosfer.....</b>	<b>63</b>
<b>TABEL 4.9.</b>	<b>Hasil Analisa Sampel di Laboratorium .....</b>	<b>64</b>
<b>TABEL 4.10.</b>	<b>Konsentrasi SO<sub>2</sub> <i>Ambient</i> Hasil Pengukuran di Lapangan.....</b>	<b>65</b>
<b>TABEL 4.11.</b>	<b>Konsentrasi NO<sub>2</sub> <i>Ambient</i> Hasil Pengukuran di Lapangan .....</b>	<b>67</b>
<b>TABEL 4.12.</b>	<b>Konsentrasi TSP <i>Ambient</i> Hasil Pengukuran di Lapangan .....</b>	<b>69</b>
<b>TABEL 4.13.</b>	<b>Konsentrasi Emisi <i>Stack</i>.....</b>	<b>70</b>
<b>TABEL 4.14.</b>	<b>Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi <i>Stack</i> – (Titik 1 / Februari 2004).....</b>	<b>71</b>
<b>TABEL 4.15.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 1/Februari 2004).....</b>	<b>73</b>
<b>TABEL 4.16.</b>	<b>Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi <i>Stack</i> – (Titik 2 / Februari 2004).....</b>	<b>74</b>
<b>TABEL 4.17.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 2/Februari 2004).....</b>	<b>75</b>
<b>TABEL 4.18.</b>	<b>Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi <i>Stack</i> – (Titik 3 / Februari 2004).....</b>	<b>76</b>
<b>TABEL 4.19.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 3/Februari 2004).....</b>	<b>77</b>
<b>TABEL 4.20.</b>	<b>Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi <i>Stack</i> – (Titik 4 / Maret 2004).....</b>	<b>78</b>
<b>TABEL 4.21.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 4/Maret 2004).....</b>	<b>79</b>
<b>TABEL 4.22.</b>	<b>Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi <i>Stack</i> – (Titik 5 / Maret 2004).....</b>	<b>80</b>
<b>TABEL 4.23.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 5/Maret 2004).....</b>	<b>81</b>
<b>TABEL 4.24.</b>	<b>Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi <i>Stack</i> (Oktober 2003).....</b>	<b>82</b>
<b>TABEL 4.25.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 1/Oktober 2003) .....</b>	<b>84</b>
<b>TABEL 4.26.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 2/Oktober 2003) .....</b>	<b>85</b>
<b>TABEL 4.27.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 3/Oktober 2003) .....</b>	<b>86</b>
<b>TABEL 4.28.</b>	<b>Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 4/Oktober 2003) .....</b>	<b>87</b>

<b>TABEL 4.29.</b> Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 5/Oktober 2003) .....	88
<b>TABEL 4.30.</b> Konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> <i>Ambient</i> (Oktober 2003).....	89
<b>TABEL 4.31.</b> Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> (Februari 2004).....	89
<b>TABEL 4.32.</b> Konversi Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> (Februari 2004).....	90
<b>TABEL 4.33.</b> Konversi Konsentrasi Teoritis (Februari 2004).....	90
<b>TABEL 4.34.</b> Konversi Konsentrasi Udara <i>Ambient</i> (Oktober 2003) .....	91
<b>TABEL 4.35.</b> Konversi Konsentrasi Teoritis (Oktober 2003) .....	91
<b>TABEL 4.36.</b> Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> Teoritis dengan Konsentrasi- SO <sub>2</sub> Pengukuran (Februari 2004).....	92
<b>TABEL 4.37.</b> Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> Teoritis dengan Konsentrasi- NO <sub>2</sub> Pengukuran (Februari 2004) .....	93
<b>TABEL 4.38.</b> Perbandingan Konsentrasi SO <sub>2</sub> Teoritis dengan Konsentrasi- SO <sub>2</sub> Pengukuran (Oktober 2003) .....	94
<b>TABEL 4.39.</b> Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> Teoritis dengan Konsentrasi- NO <sub>2</sub> Pengukuran (Oktober 2003).....	95
<b>TABEL 4.40.</b> Output SPSS Analisa Konsentrasi SO <sub>2</sub> Teoritis- Pengukuran - (Februari 2004) .....	97
<b>TABEL 4.41.</b> Output SPSS Analisa Konsentrasi NO <sub>2</sub> Teoritis- Pengukuran - (Februari 2004) .....	98
<b>TABEL 4.42.</b> Output SPSS Analisa Konsentrasi SO <sub>2</sub> Teoritis- Pengukuran - (Oktober 2003).....	100
<b>TABEL 4.43.</b> Output SPSS Analisa Konsentrasi NO <sub>2</sub> Teoritis- Pengukuran - (Oktober 2003).....	102

## DAFTAR GAMBAR

Gbr. 2.1. Hubungan Antara Diameter Partikel dengan Laju - Pengendapan di Dalam Udara Tidak Bergerak.....	11
Gbr. 2.2. Sistem Koordinat Dispersi dari Suatu <i>Stack</i> .....	23
Gbr. 2.3. Pola Perilaku Semburan Asap.....	24-25
Gbr. 2.4. Koefisien Dispersi Gauss Horizontal ( $S_y$ ).....	26
Gbr. 2.5. Koefisien Dispersi Gauss Vertikal ( $S_z$ ).....	27
Gbr. 3.1. Peta Lokasi <i>Sampling</i> .....	36
Gbr. 3.2. Susunan Peralatan Metode Impinger .....	44
Gbr. 3.3. Diagram Alir Metode Penelitian .....	56
Gbr. 4.1. Kurva Standar $SO_2$ .....	60
Gbr. 4.2. Kurva Standar $NO_2$ .....	61
Gbr. 4.3. Perbandingan Konsentrasi $SO_2$ Teoritis – Pengukuran (Februari 2004) ...	92
Gbr. 4.4. Perbandingan Konsentrasi $NO_2$ Teoritis – Pengukuran (Februari 2004)...	93
Gbr. 4.5. Perbandingan Konsentrasi $SO_2$ Teoritis – Pengukuran (Oktober 2003)....	95
Gbr. 4.6. Perbandingan Konsentrasi $NO_2$ Teoritis – Pengukuran (Oktober 2003)...	95
Gbr. 4.7. Perbandingan Konsentrasi $SO_2$ dengan Baku Mutu .....	104
Gbr. 4.8. Perbandingan Konsentrasi $NO_2$ dengan Baku Mutu.....	105
Gbr. 4.9. Perbandingan Konsentrasi TSP dengan Baku Mutu.....	106

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1** Data-Data Sekunder Penelitian.
- LAMPIRAN 2** Gambar Penentuan Jarak *Downwind* dan *Crosswind*.
- LAMPIRAN 3** Contoh Perhitungan Dengan Menggunakan Excel.
- LAMPIRAN 4** Gambar Peralatan yang Digunakan Pada Saat Penelitian.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kegiatan industri selain menghasilkan barang-barang yang dibutuhkan dan bermanfaat bagi manusia, hampir selalu juga menghasilkan unsur-unsur atau bahan-bahan yang dapat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya. Unsur-unsur tersebut dapat berasal dari bahan baku atau bahan pembantu lainnya, dari proses produksi itu sendiri dan juga dari bahan buangan/limbahnya.

Bahan-bahan atau unsur-unsur tersebut akan dilepaskan ke lingkungan, dan apabila tidak dikendalikan dengan baik, dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak tersebut tidak saja dapat berpengaruh terhadap tenaga kerja dalam industri itu sendiri, tetapi juga bagi lingkungan disekitarnya, seperti manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan, tanah, air dan udara. Pengaruh tersebut dapat teridentifikasi dalam bentuk gangguan kesehatan, pencemaran dan perusakan kualitas lingkungan. Oleh karena itu pengendaliannya perlu diupayakan.

Upaya pengendalian faktor pencemar lingkungan ini yang dilaksanakan oleh perusahaan atau industri terkait dikenal dengan istilah *Higiene* perusahaan atau *Higiene* industri. *Higiene* perusahaan adalah spesialisasi

dalam ilmu *Higiene* beserta prakteknya dengan mengadakan penelitian kepada faktor-faktor penyebab penyakit secara kualitatif dan kuantitatif dalam lingkungan kerja dan industri melalui pengukuran-pengukuran dan hasilnya digunakan sebagai dasar tindakan korektif kepada lingkungan tersebut, serta bila perlu untuk tindakan pencegahan agar tenaga kerja dan masyarakat terhindar dari bahaya akibat kerja dan kegiatan industri serta dimungkinkan mengecap derajat kesehatan yang setinggi-tingginya. (Suma'mur,1994).

Dengan aktivitas produksi yang cukup tinggi, PT. Krakatau Steel sebagai salah satu kawasan industri baja terpadu terbesar di Asia Tenggara, yang di dalamnya terdapat tujuh buah pabrik utama yang terintegrasi, rentan sekali untuk menghasilkan bahan-bahan pencemar bagi lingkungan sekitar, dalam hal ini khususnya adalah bahan-bahan pencemar yang dilepaskan ke udara sekitar (udara *ambient*) dari masing-masing pabrik utama. Gambaran tersebut diatas mendorong peneliti untuk melakukan penelitian *monitoring* kualitas udara *ambient* disekitar lokasi pabrik yang berada didalam kawasan PT. Krakatau Steel, sehingga nantinya diharapkan dapat mengetahui kondisi udara *ambient* pada kawasan PT. Krakatau Steel.

## 1.2. Rumusan Masalah

- a). Seberapa besar kualitas udara *ambient* disekitar pabrik yang ada didalam kawasan PT. Krakatau Steel ?
- b). Apakah kualitas udara *ambient* disekitar pabrik yang ada didalam kawasan PT. Krakatau Steel telah memenuhi standar baku mutu udara *ambient* ?
- c). Seberapa besar pengaruh waktu dan lokasi pengukuran terhadap distribusi sebaran  $SO_2$ ,  $NO_2$  dan *Total Suspended Particulate* (TSP) pada kawasan PT. Krakatau Steel ?

## 1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas udara *ambient*, dalam hal ini terhadap parameter  $SO_2$  ,  $NO_2$  dan partikel debu / *Total Suspended Particulate* (TSP), pada kawasan PT. Krakatau Steel dan dibandingkan dengan nilai Baku Mutu Udara *Ambient*. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh waktu dan lokasi pengukuran terhadap distribusi sebaran polutan  $SO_2$  ,  $NO_2$  dan partikel debu / TSP melalui persamaan umum Gauss.

## 1.4. Manfaat

- a). Memberikan informasi tentang kualitas udara *ambient* ( $SO_2$  , $NO_2$  dan TSP) pada kawasan PT. Krakatau Steel secara umum, serta khususnya pada masing-masing lokasi *sampling*.



- b). Memberikan informasi tentang sebaran polutan ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan TSP) terhadap lokasi dan waktu.
- c). Dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan tentang teknik-teknik *monitoring* udara *ambient* bagi mahasiswa Teknik Lingkungan.

### 1.5. Batasan Masalah

- a). Parameter-parameter yang dianalisa meliputi parameter  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan partikel debu / *Total Suspended Particulate* (TSP).
- b). Lokasi titik *sampling* merupakan titik *sampling* pada lokasi tertentu, dimana lokasi tersebut adalah lokasi yang biasa dijadikan titik *sampling* oleh divisi K3LH PT. Krakatau Steel.
- c). Data – data emisi cerobong yang digunakan merupakan data *sampling* terakhir yang dilakukan oleh divisi K3LH PT. Krakatau Steel.
- d). Untuk menganalisa distribusi sebaran  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan partikel debu / *Total Suspended Particulate* (TSP) adalah dengan membandingkan antara nilai eksperimental dengan teori model dispersi yang didukung oleh data-data meteorologi, dalam hal ini adalah data arah dan kecepatan angin, suhu dan tekanan udara, serta kondisi cuaca pada saat *sampling*.
- e). Di dalam menganalisa sebaran polutan pada penelitian kali ini tidak memperhitungkan faktor bangunan, dan menganggap lokasi penelitian dalam kondisi datar (*flat*).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

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

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

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

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

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

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

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

## 2.2. Tinjauan Terhadap Bahan-Bahan Pencemar Udara

Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara mengatur bahan pencemar yang perlu dipantau yaitu sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), partikulat berukuran kurang dari 10 mikron ( $\text{PM}_{10}$ ) dan timah hitam (Pb). ([www.menlh.go.id/i/art/DFBAB%20III%20UDARA%20DAN%20ATMOSFIR%2011062003.pdf](http://www.menlh.go.id/i/art/DFBAB%20III%20UDARA%20DAN%20ATMOSFIR%2011062003.pdf)).

Cemaran kimia dalam udara terutama adalah gas CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , hidrokarbon, debu atau partikulat dan gas nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ). Sumber pencemaran dengan cemaran utamanya adalah sebagai berikut :

- a) Transportasi : CO, hidrokarbon,  $\text{NO}_x$ , dan debu.
- b) Industri :  $\text{SO}_2$ , hidrokarbon,  $\text{NO}_x$ , dan debu.
- c) Pembangkit tenaga listrik :  $\text{SO}_2$ , debu dan  $\text{NO}_x$ .
- d) Pembakaran di angkasa :  $\text{SO}_2$ , hidrokarbon dan debu.

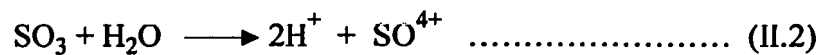
Berikut beberapa parameter pencemaran udara yang perlu *dimonitoring* :

### a). Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ )

Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) adalah gas yang tidak berwarna, memedihkan mata (*irritating*), mudah larut dalam air dan gas reaktif. Gas ini dibentuk pada saat bahan bakar yang mengandung sulfur (minyak, batu bara) dibakar terutama dari kegiatan industri.  $\text{SO}_2$  dapat mematikan dan menghambat pertumbuhan pepohonan, hasil produksi pertanian dapat merosot, hutan-hutan menjadi kurang produktif sehingga akan

mengurangi peranan hutan sebagai sumber rekreasi dan keindahan. Pada manusia dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk dan sesak nafas.  $\text{SO}_2$  dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan industri dan dapat menyebabkan hujan asam. Penyumbang pencemar  $\text{SO}_2$  terbesar adalah industri (76%) diikuti dengan transportasi (15%).

Hujan asam terjadi karena adanya penurunan pH yang disebabkan oleh transformasi  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan  $\text{CO}_2$  menjadi asam yang diabsorpsi oleh air hujan, karena pada dasarnya air hujan yang terbentuk karena proses kondensasi di atmosfer memiliki pH mendekati 7 pada keadaan normal. Reaksi yang mungkin terjadi dalam proses hujan asam adalah sebagai berikut :



Asam dalam bentuk aerosol tersebut kemudian terendapkan pada permukaan tanah dan air permukaan, fenomena ini yang sering disebut hujan asam. Selain hujan asam, keberadaan  $\text{SO}_2$  sebagai bahan pencemar juga dapat menimbulkan dampak lain terhadap manusia , antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut :

**TABEL 2.1.**  
**Pengaruh SO<sub>2</sub> Terhadap Manusia**

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

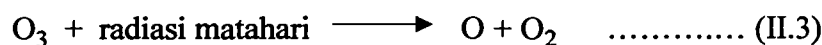
Sumber : *Environmental Chemistry, Air and Water Pollution*, 1976.

**b). Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)**

Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) adalah gas yang dapat menyebabkan gangguan pernafasan dalam kadar tinggi, terjadi akibat pembakaran pada kendaraan bermotor dan juga mesin berbagai industri. Sektor transportasi diperkotaan merupakan penyumbang terbesar pencemar NO<sub>x</sub> yaitu 69% dan diikuti oleh industri dan rumah tangga. Proses terbentuknya nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) pada awalnya adalah terbentuk karena adanya udara yang terbakar oleh panas yang menghasilkan nitrogen monoksida (NO), dimana nantinya gas NO tersebut bereaksi dengan gas ozon (O<sub>3</sub>) yang terdapat di udara dan selanjutnya diubah menjadi nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). Ozon di udara yang terkena panas dari radiasi matahari diuraikan menjadi monoksida dan dioksida. Sehingga bahan

pencemar  $\text{NO}_2$  dapat dikatakan sebagai bahan pengurai bagi ozon.

Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan diatas, jika keberadaan  $\text{NO}_2$  dalam keadaan berlebihan di udara maka dapat menyebabkan penguraian ozon secara tidak seimbang dan nantinya dapat menimbulkan penipisan ozon di udara. ([www.public.asu.edu/~noordins/](http://www.public.asu.edu/~noordins/))

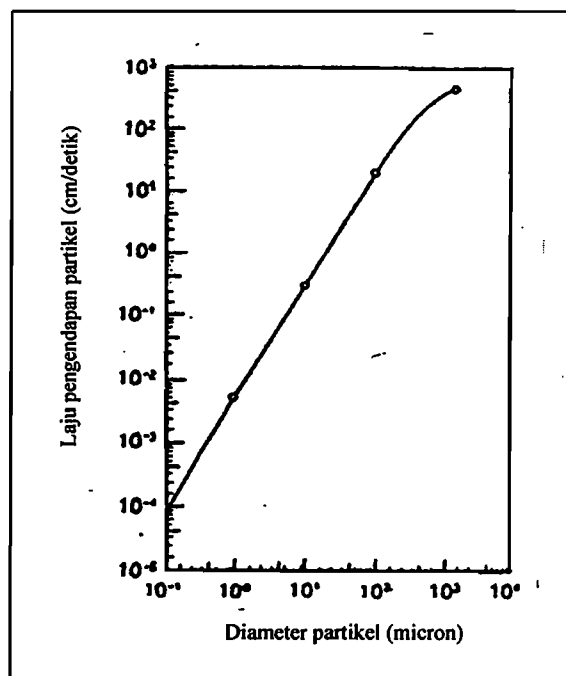
c). **Partikel debu/*Total Suspended Particulate* (TSP)**

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

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

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

:



**Gbr.2.1.**Hubungan antara diameter partikel dengan laju pengendapan di dalam udara tidak bergerak pada suhu 0 °C dengan tekanan 760 mm (berat jenis partikel 1 g/cm<sup>3</sup>). Sumber : *Fardiaz, 1992.*



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

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

Komponen	Bentuk
Karbon	-
Besi	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; $\text{Fe}_3\text{O}_4$
Magnesium	MgO
Kalsium	CaO
Aluminium	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Sulfur	$\text{SO}_2$
Titanium	$\text{TiO}_2$
Karbonat	$\text{CO}_3$
Silikon	$\text{SiO}_2$
Fosfor	$\text{P}_2\text{O}_5$
Kalium	$\text{K}_2\text{O}$
Natrium	$\text{Na}_2\text{O}$

Sumber : *Fardiaz, 1992*

d). Karbon monoksida (CO)

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

e). Timbal (Pb)

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

### **2.3. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Manusia**

Zat pencemar masuk ketubuh manusia, melalui organ pernapasan. Volume udara yang diperlukan dalam pernafasan adalah 6 - 10 M<sup>3</sup> perhari. Udara tersebut di udara melalui lubang hidung atau mulut melalui trakea dan paru-paru, masuk kebagian dalam paru-paru yang disebut *alveoli*, dimana udara dapat kontak langsung dengan darah dan masuk ke dalam cairan lympe. (Leithe, W, 1973)

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

TABEL 2.3.

## Pengaruh Pencemaran Udara Pada Kesehatan Manusia

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

Sumber : *Alcanses, 1983*

## 2.4. Metode *Sampling* dan Analisa Kontaminan di Udara

### 2.4.1. Analisa Gas

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

#### a). Metode Kering.

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

Contoh: *NO<sub>2</sub> analyzer* dan sensor H<sub>2</sub>S.

#### b). Metode Basah.

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

Contoh : Impinger.

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

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

a).”Test Tube Detector”.

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

b). Impinger.

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

c). "Sampling Bottle".

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

d). Adsorpsi dan disorpsi.

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

e). "Direct Reading".

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

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

#### 2.4.2. Analisa Debu

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

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

#### 2.5. Baku Mutu Udara

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



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

**TABEL 2.4.**  
**Baku Mutu Udara Ambient Nasional**

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

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

## 2.6. Analisa Distribusi Sebaran Polutan di Udara

### 2.6.1. Aspek Meteorologi

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

**TABEL 2.5.**  
**Kategori Kelas Stabilitas Atmosfer**

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

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

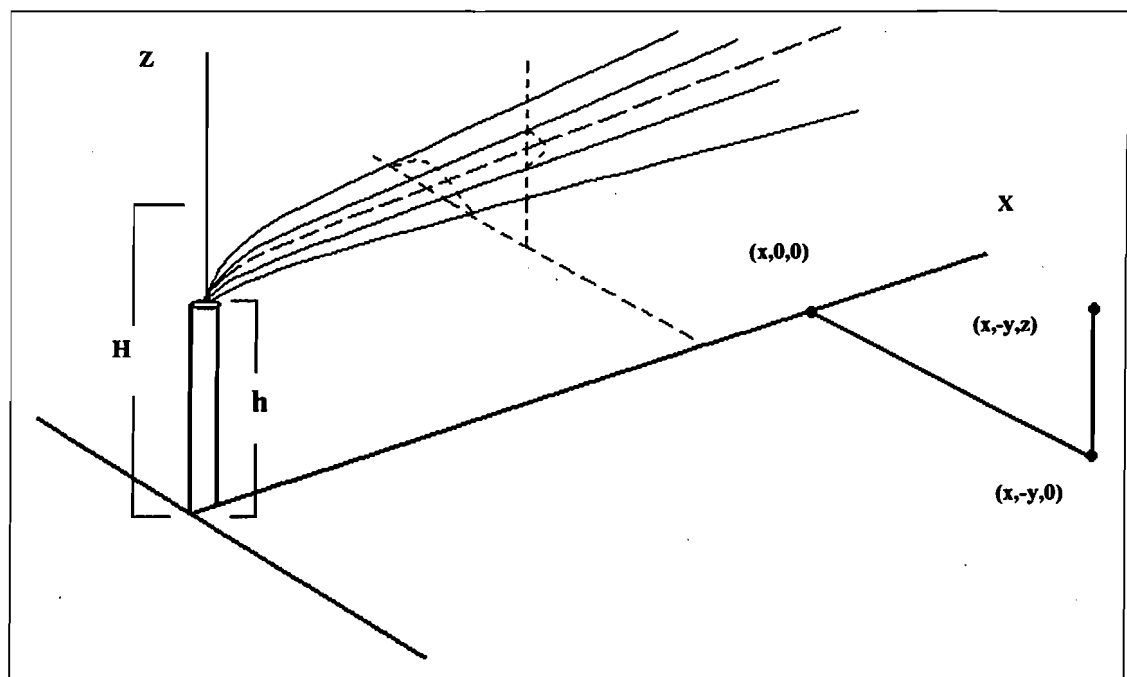
Keterangan : Kelas A adalah kondisi yang paling tidak stabil, kelas F adalah kelas yang paling stabil.

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

### 2.6.2. Aspek Sumber Pencemar

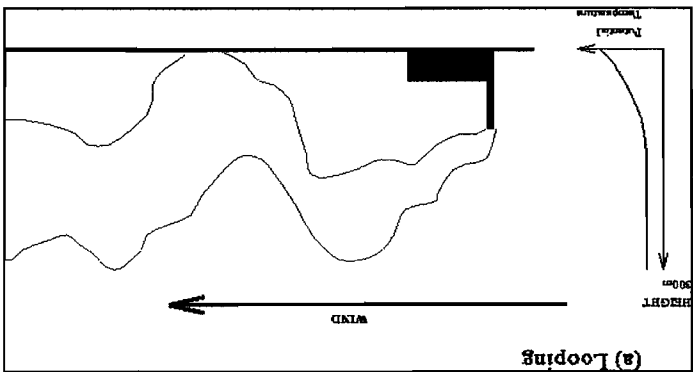
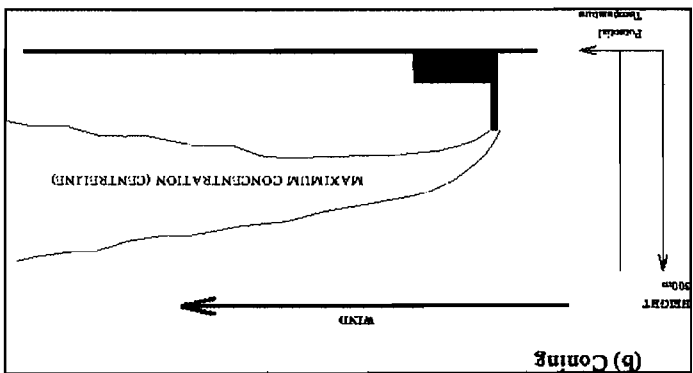
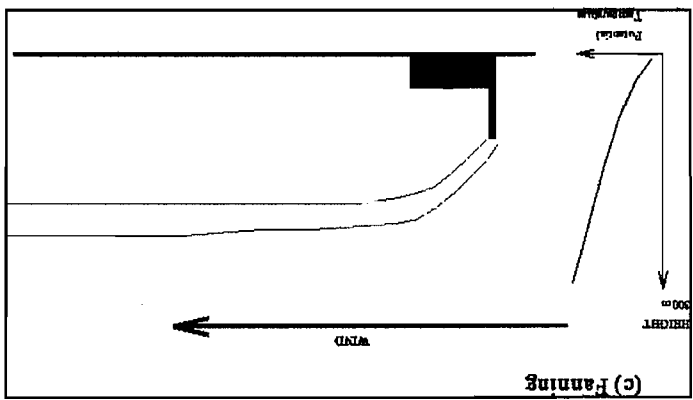
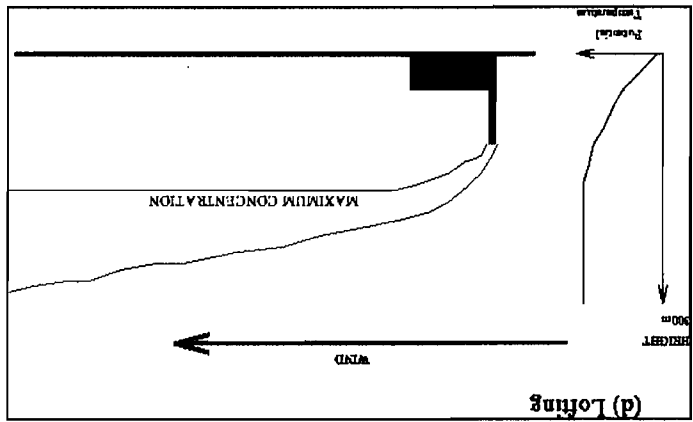
Polutan yang dikeluarkan dari sumber pencemar tidak bergerak , dalam hal ini pada lingkungan industri biasanya dikeluarkan secara vertikal ke udara bebas melalui cerobong (*stack*), yang selanjutnya akan bercampur dengan udara *ambient*. Oleh karenanya didalam analisa

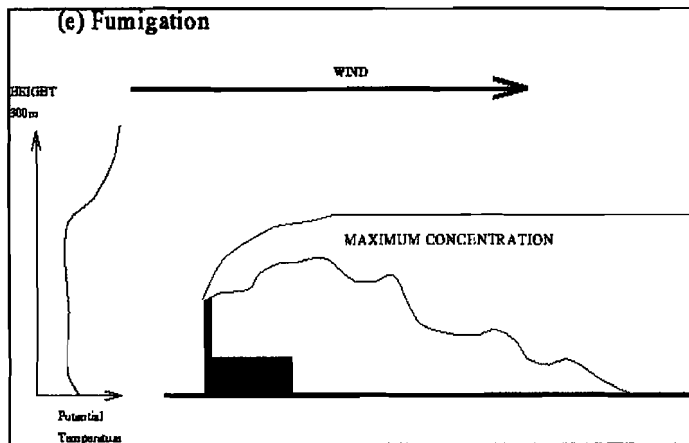
distribusi sebaran polutan diperlukan beberapa informasi data mengenai dimensi cerobong (*stack*), diantaranya adalah mengenai data dari ketinggian *stack*, diameter *stack*, suhu *stack*, kecepatan keluaran *stack*, serta debit emisi dari *stack*.. Berikut adalah gambar sistem koordinat dispersi dari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



**Gambar.2.2.** Sistem koordinat dispersi dari suatu *stack*  
 Sumber : *D.Bruce Turner, 1967.*

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





Gambar.2.3. Pola perilaku semburan asap  
 Sumber : [www.env.leeds.ac.uk/envi1250/lectures/lect11.html](http://www.env.leeds.ac.uk/envi1250/lectures/lect11.html)

### 2.6.3. Distribusi Sebaran Model Gauss

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

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

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

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

$E$  = debit emisi polutan ( $g/s$ )

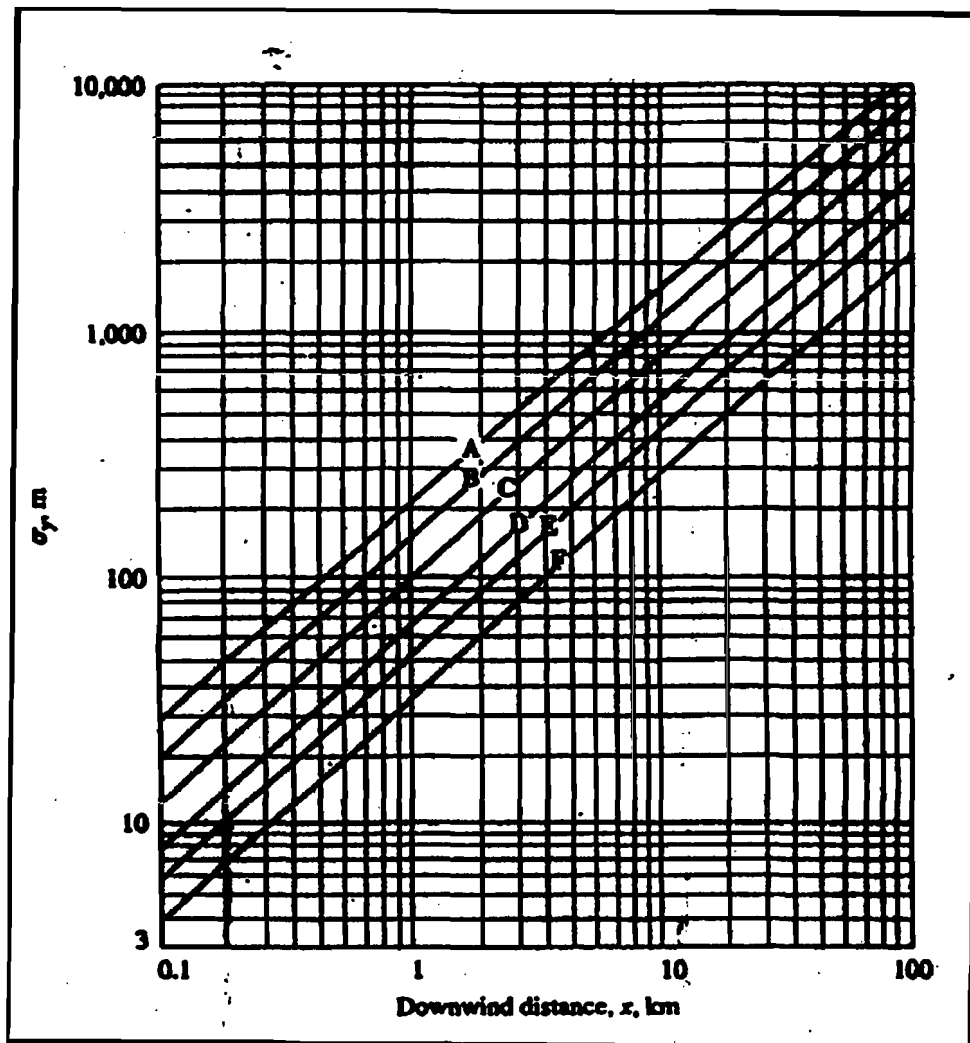
$S_y, S_z$  = koefisien dispersi Gauss (m)

$U$  = kecepatan angin ( $m/s$ )

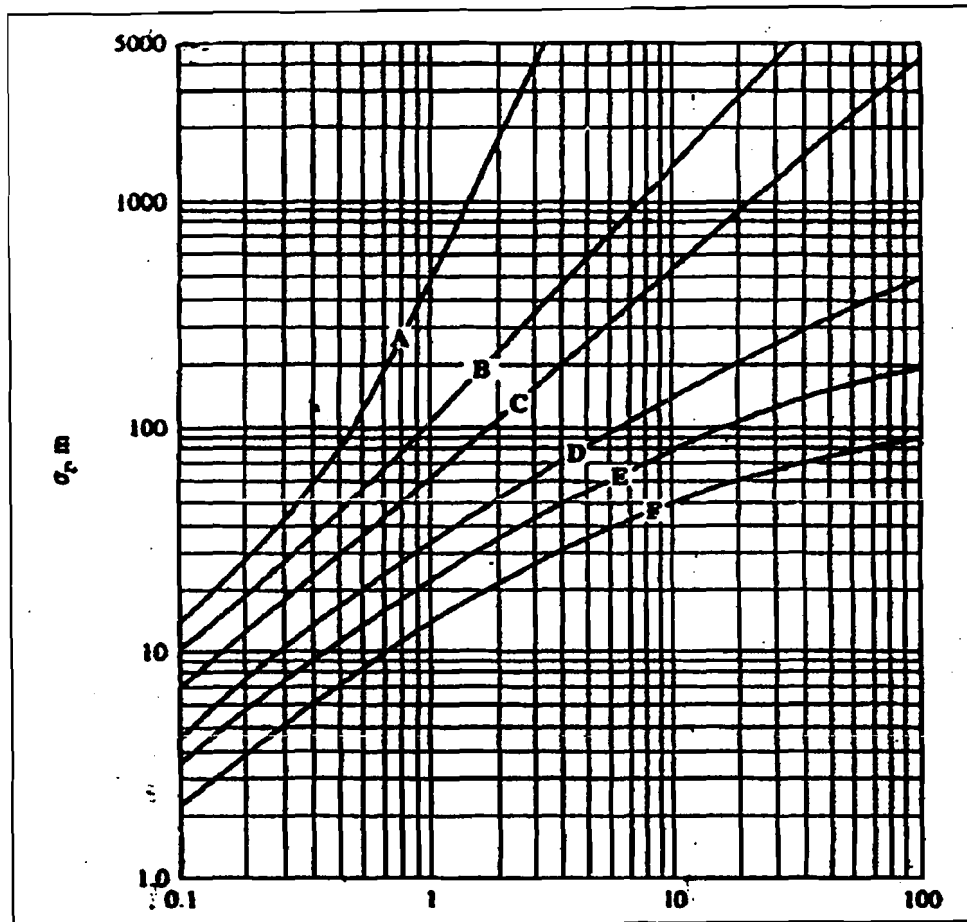
$H$  = ketinggian efektif *stack* (m)

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

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



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



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

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

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

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



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

**TABEL 2.6.**  
**Koefisien Dispersi Gauss**

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

Sumber : D.O. Martin, 1976.

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

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

Ketinggian semburan ( $\Delta H$ ) dapat ditentukan melalui Formula Holland, sebagai berikut :

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

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

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

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

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

Sumber : *Slade, 1968.*

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

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

**TABEL 2.7.**  
**Nilai Eksponen P**

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

Sumber : [www.utoledo.edu/~aprg/](http://www.utoledo.edu/~aprg/)

#### 2.6.4. Konversi Hasil Pengukuran Dengan Rumus Canter

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

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

Sumber : petunjuk praktikum lab.lingkungan ITB, 1999.

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

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

##### 3.1.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

PT. Krakatau Steel adalah merupakan salah satu industri baja terbesar di Asia Tenggara. Perusahaan milik negara ini berlokasi di Kawasan Industri Krakatau, Cilegon – Banten, Indonesia, yang menempati areal seluas  $\pm$  270 Ha.

Secara garis besar proses produksi baja di Krakatau Steel berlangsung melalui dua tahapan utama, yaitu *iron making* dan *steel making*. *Iron Making* adalah tahap pembuatan besi *spons* yang berlangsung di pabrik besi *spons*. Disini bahan baku berupa butiran-butiran bijih besi sebesar kelereng yang disebut dengan *pellet* direduksi secara langsung (*direct reduction*) di dalam reaktor-reaktor yang menggunakan gas alam sebagai reduktornya. *Pellet* yang telah mengalami reduksi ini disebut besi *spons* atau *pig iron* yang siap digunakan sebagai bahan baku proses *steel making*.

*Steel Making* adalah proses pembuatan baja. Tahap ini terjadi di Pabrik Billet Baja dan Pabrik Slab Baja. Pada kedua pabrik ini, besi *spons* sebagai bahan baku dilebur pada suhu 1600-1660 derajat

celcius didalam tungku busur listrik (*Electric Arc Furnace*). Bersama-sama dengan bahan tambahan lain. Baja cair ini kemudian dituang ke dalam cetakan-cetakan slab atau billet di pabrik yang sesuai untuk menghasilkan slab baja dan billet baja.

Proses selanjutnya adalah proses rolling. Proses ini terjadi di pabrik-pabrik batang kawat (*Wire Rod Mill*), baja lembaran panas (*Hot Strip Mill*) dan baja lembaran dingin (*Cold Rolling Mill*). Di ketiga pabrik ini proses utamanya adalah proses mekanik.

Bahan baku berupa billet baja dan slab baja di pabrik-pabrik terkait (batang kawat dan baja lembaran panas) terlebih dahulu dipanaskan sampai lunak di dalam tungku busur listrik pada suhu sekitar 1200 derajat celcius, kemudian digiling pada mesin rolling sampai diameter atau ketebalan tertentu yang diinginkan.

Pabrik batang kawat akan menghasilkan batang kawat dari billet baja dan pabrik baja lembaran panas akan menghasilkan baja lembaran (*coils*) dari slab baja. Baja lembaran (*coils*) selanjutnya dapat diproses menjadi lembaran yang lebih tipis tanpa menggunakan pemanasan, tapi dengan penggilingan dan penarikan di pabrik baja lembaran dingin (*Cold Rolling Mill*).

### 3.1.2. Unit-Unit Produksi PT. Krakatau Steel

PT. Krakatau Steel mempunyai beberapa unit-unit produksi, antara lain :

a). Pabrik Besi Spon (*Direct Reduction Plant*)

Besi Spon merupakan bahan baku untuk membuat baja. Bahan baku besi spon adalah *pellet* yaitu butiran besi sebesar kelereng yang dibuat dari bijih besi yang berbentuk seperti *pellet* juga. Pabrik ini mulai beroperasi pada tahun 1978 terdiri dari 4 buah modul dengan kapasitas terpasang masing-masing 500.000 ton/tahun.

b). Pabrik Baja Slab (*Slab Steel Plant*) / 2 buah

Pabrik Baja Slab ini beroperasi tahun 1983. Pabrik ini menggunakan besi spon sebagai bahan baku utama untuk dijadikan slab yang spesifikasinya sebagai berikut :

- tebal slab      150 – 200 mm
- lebar slab      600 – 2080 mm
- panjang slab   max 12000 mm
- berat slab      30 ton

kapasitas produksi yang terpasang 1.000.000 ton/tahun.

c). Pabrik Baja Billet (*Billet Steel Plant*)

Berbeda dengan pabrik baja slab, pabrik baja billet menghasilkan baja batangan. Pabrik ini mempunyai empat dapur yang masing-masing berkapasitas 65 ton dan mesin *continuous casting*. Kapasitas yang terpasang 500.000 ton.tahun. Pabrik Baja

Billet mampu memproduksi billet baja dengan berbagai jenis ukuran, antara lain:

- Penampang : 110 x 110 mm<sup>2</sup>, 100 x 100 mm<sup>2</sup>, 120 x 120 mm<sup>2</sup>
- Standar : 6 m, 10 m, 12 m

d). Pabrik Plat Baja Canai Panas (*Hot Strip Mill*)

Hasil produksi slab baja di *Slab Steel Plant* (SSP), selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pabrik baja lembaran panas (HSM) yang akan diproses menjadi baja lembaran. HSM ini mulai beroperasi pada tahun 1983 dengan kapasitas terpasang 1.000.000 ton/tahun. Baja lembaran panas (dalam bentuk gulungan dan plat) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tebal : 18 – 25 mm
- Lebar : 650 – 2080 mm
- Berat max : 30 ton per gulungan

e). Pabrik Plat Baja Canai Dingin (*Cold Rolling Mill*)

Pabrik lembaran dingin ini memperoleh bahan baku dari pabrik HSM. Di pabrik lembaran dingin ini terjadi proses penipisan lembaran baja dengan ketebalan sesuai permintaan konsumen. Hasil produksi dari pabrik ini terpasang dengan kapasitas 850.000 ton/tahun.

f). Pabrik Batang Kawat (*Wire Rod Mill*)

Pabrik batang kawat PT. Krakatau Steel mulai berproduksi pada tahun 1979. Kapasitas yang terpasang di pabrik ini adalah 600.000 ton/tahun. Variasi produksi batang kawat antara lain :

- Batang kawat karbon rendah.
- Batang kawat untuk elektrode las.
- Batang kawat bahan mur dan baut (*Cold Heading*).

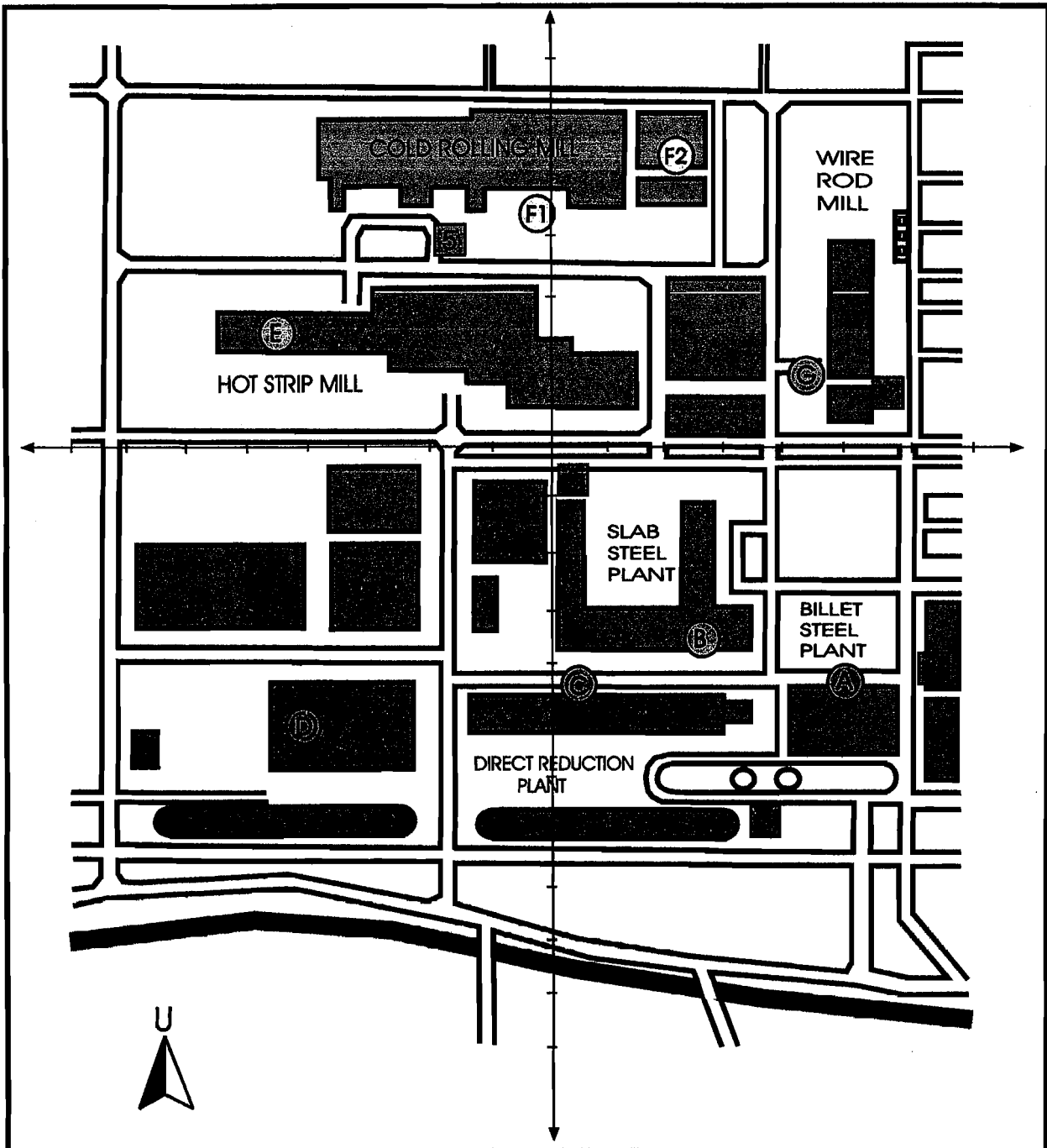
Diameter kawat yang dihasilkan adalah 5.5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, dan 20 mm.

Untuk mengoperasikan ketujuh pabrik tersebut dari seluruh kegiatannya, PT. Krakatau Steel mempekerjakan 6000 orang karyawan tetap dan dibantu oleh sekitar 4000 orang tenaga kerja kontrak yang disediakan oleh beberapa perusahaan pengerah tenaga kerja (*labour supplier*) yang ada di wilayah Cilegon dan sekitarnya. Produk Krakatau Steel selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri dan pembangunan di dalam negeri, juga diekspor ke manca negara.

### **3.1.3. Lokasi *Sampling* Penelitian**

Pada penelitian kali ini, lokasi *sampling* yang digunakan untuk menganalisa gas dan debu *ambient* akan dilakukan pada kawasan PT.Krakatau Steel. Adapun lokasi *sampling* tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1. berikut :





Gambar 3.1. Peta lokasi sampling

Keterangan :

⊗ Cerobong / stack

■ Titik Sampling

— 100 meter

### 3.2. Obyek Penelitian

Adapun obyek penelitian kali ini adalah kualitas udara *ambient* (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan TSP ) untuk masing-masing titik *sampling* yang berada pada kawasan PT.Krakatau Steel.

Tabel 3.1.

#### Obyek Penelitian

Parameter	Satuan	Metode Analisa	BMUA*
SO <sub>2</sub>	µg/Nm <sup>3</sup>	Pararosanilin	365 µg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	µg/Nm <sup>3</sup>	Saltzman	150 µg/Nm <sup>3</sup>
TSP	µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	230 µg/Nm <sup>3</sup>

Ket.: \* BMUA = Baku Mutu Udara *Ambient* (untuk waktu pengukuran 24 jam).

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian kali ini meliputi :

a). Data primer.

1. Didapat dari hasil *monitoring* kualitas udara *ambient* di lapangan pada saat penelitian yaitu data konsentrasi dari tiap parameter serta data-data meteorologi yang meliputi arah angin, kecepatan angin, tekanan udara, dan suhu udara *ambient* pada masing-masing lokasi titik *sampling* yang berada di dalam kawasan PT. Krakatau Steel.
2. Jarak antara lokasi *sampling* dengan cerobong.

b). Data sekunder.

1. Data hasil *monitoring* pada periode sebelumnya.
2. Data-data meteorologi (arah angin, kecepatan angin, tekanan udara, dan suhu udara *ambient*).
3. Data-data dimensi cerobong yang berada di dalam kawasan PT. Krakatau Steel (debit emisi yang dikeluarkan, kecepatan udara yang dikeluarkan, diameter *stack*, suhu *stack*).
4. Peta lokasi yang meliputi lokasi penempatan titik *sampling* dan cerobong yang terdapat di dalam kawasan PT. Krakatau Steel.
5. Standar Baku Mutu Udara *Ambient* Nasional.

### 3.4. Metode *Sampling* dan Analisa Laboratorium

#### 3.4.1. Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)

##### 3.4.1.1. Prinsip Pengukuran

Dalam proses ini reaksi gas SO<sub>2</sub> dengan TCM (Tetra Chloro Mercurate) membentuk senyawa kompleks dikloro sulfida merkurat, yang tahan terhadap oksigen di udara. Kompleks ini kemudian direaksikan dengan pararosanilin dan formaldehid yang selanjutnya akan membentuk kompleks berwarna merah ungu, yaitu asam pararosanilin metil sulfonat. Intensitas warna yang timbul selanjutnya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 575 nm.

### 3.4.1.2. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk *sampling* gas SO<sub>2</sub> *ambient* adalah sebagai berikut :

a). Alat yang diperlukan :

1. Spektrofotometer.
2. Perangkat pompa dan impinger.
3. Peralatan gelas.
4. *Stopwatch*.

b). Bahan kimia yang digunakan :

1. Kalium Iodida.
2. Natrium tiosulfat kristal.
3. Natrium karbonat.
4. Natrium bikarbonat.
5. Natrium sulfit.
6. Merkuri klorida.
7. EDTA.
8. Kalium klorida.
9. Asam sulfat.
10. Formaldehid.
11. Pararosanilin.
12. n-Butanol.
13. Asam klorida.
14. Indikator kanji.

### 3.4.1.3. Pembuatan Reagen.

a). Larutan  $I_2$  0,01 N.

1.27 gram  $I_2$  dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml, tambahkan larutan KI (4 gram dalam 2,5 ml akuadest), encerkan hingga tanda batas).

b). Larutan  $Na_2S_2O_3$  0,01 N.

2,5 gram  $Na_2S_2O_3 \cdot 9H_2O$  dilarutkan dalam 1 liter akuadest yang telah dipanaskan hingga mendidih, kemudian tambahkan 0,5 gram  $Na_2CO_3$  ke dalam larutan ini. Biarkan 1 malam, kemudian standarisasi dengan larutan  $K_2Cr_2O_7$  0,01 N.

c). Larutan amyllum 0,2 %.

2 gram amyllum dengan 0,01 gram  $HgI_2$  dalam sedikit akuadest, lalu suspensi ini kemudian dimasukkan perlahan-lahan ke dalam 1 liter akuadest yang sudah mendidih. Panaskan terus hingga larutan ini jernih.

d). Larutan  $K_2Cr_2O_7$  0,01 N.

Timbang 0,49 gram  $K_2Cr_2O_7$  dan kemudian dilarutkan dalam 1 liter akuadest.

e). Larutan induk  $SO_2$ .

0,5 gram  $Na_2SO_3$  dilarutkan dalam 500 ml akuadest.

f). Larutan penyerap TCM 0,04 M.

10,86 gram  $\text{HgCl}_2$  ditambah 0,66 gram Na-EDTA ditambah 0,6 gram KCl, dilarutkan dalam akuadest hingga 1000 ml. pH larutan diharapkan = 4.

g). Larutan asam sulfamat 0,6 %.

0,6 gram kristal asam sulfamat dilarutkan hingga volume 100 ml. pH larutan diatur = 4 dengan NaOH.

h). Larutan formaldehid 0,2 %.

5 ml formaldehid (36-38 %) dicencerkan dengan 1000 ml akuadest.

i). Larutan induk pararosanilin.

0,4 gram pararosanilin diekstrak dengan 150 ml larutan HCl 2 N : n-butanol (1:1). Pisahkan pararosanilin yang terlarut dalam fase air (pararosanilin-HCl). Lakukan ekstraksi minimal 3 kali dengan n-butanol @ 50 ml. Pindahkan pararosanilin yang telah diekstrak ke dalam labu ukur, encerkan sampai 200 ml dengan HCl 2 N.

j). Larutan kerja pararosanilin.

40 ml larutan induk pararosanilin dimasukkan ke dalam labu takar 500 ml. Kemudian tambahkan 80 ml  $\text{H}_3\text{PO}_4$  27 %, lalu tambahkan dengan HCl 2 N.

k). Larutan induk  $\text{SO}_2$  – TCM.

0,5 ml larutan induk  $\text{SO}_2$  diencerkan dengan TCM ( Tetra Chloro Mercurate) 0,04 M hingga 100 ml. Larutan ini dibuat segera setelah standarisasi larutan induk.

### 3.4.1.4. Cara Kerja

#### a). Standarisasi larutan tiosulfat.

1. Ambil 25 ml larutan  $K_2Cr_2O_7$  , masukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian tambahkan 2 gram KI dan 10 ml HCl 1 N. Titrasi larutan ini dengan larutan tiosulfat (pada point b diatas).
2. Tambahkan indikator kanji, titik akhir didapatkan pada saat terjadi warna hijau terang.
3. Normalitas larutan induk tiosulfat dihitung sebagai berikut :

$$\boxed{V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2} \quad \text{-----} \quad \text{( III.1 )}$$

Dimana :  $V_1$  = volume awal  $K_2Cr_2O_7$

$N_1$  = normalitas  $K_2Cr_2O_7$

$V_2$  = volume tiosulfat

$N_2$  = normalitas tiosulfat

#### b). Standarisasi larutan $SO_2$ .

1. Pipet masing-masing 50 ml larutan Iodine 0,01 N masukkan ke dalam erlenmeyer A (berisi 25 ml akuadest sebagai blanko) dan erlenmeyer B (berisi larutan  $SO_2$ ).
2. Tutup kedua erlenmeyer. Kemudian titrasi dengan larutan tiosulfat yang telah diketahui konsentrasinya dengan kanji sebagai indikator. Titik akhir didapatkan pada saat warna biru tepat hilang.

3. Konsentrasi SO<sub>2</sub> dihitung sebagai berikut :

$$\mu\text{g SO}_2/\text{ml} = \frac{(A-B) \cdot (N) \cdot 32.000}{V} \quad (\text{III.2})$$

Dimana :

A = volume tiosulfat terpakai pada blanko

B = volume tiosulfat terpakai pada SO<sub>2</sub>

N = normalitas SO<sub>2</sub> (dihitung sebagai sulfit)

V = volume SO<sub>2</sub>

32.000 = faktor perkalian berat ekuivalen sulfit menjadi μg

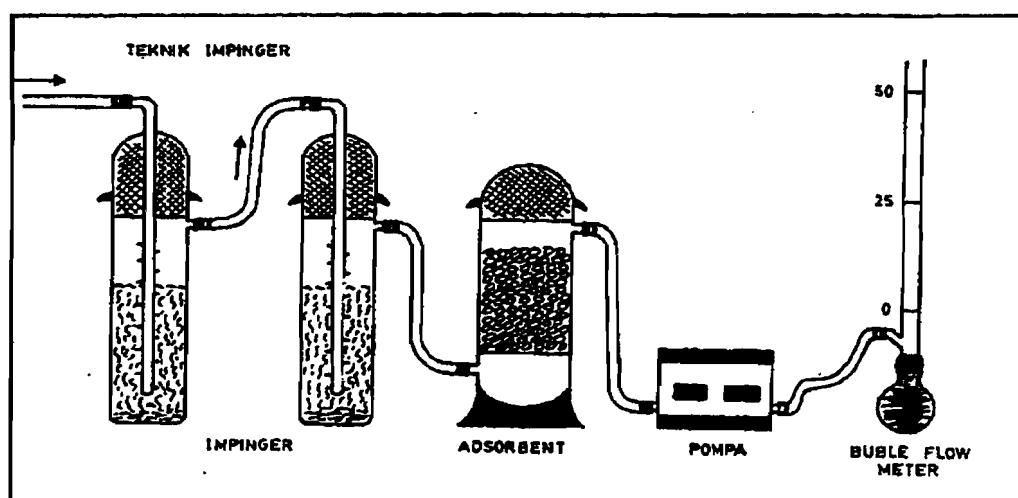
c). Pembuatan kurva standar.

1. Ke dalam 6 buah labu ukur 25 ml dimasukkan masing-masing 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 ml larutan kerja SO<sub>2</sub> – TCM.
2. Tambahkan masing-masing 10 ml larutan penangkap TCM 0,04 M.
3. Tambahkan masing-masing 1 ml asam sulfamat 0,6 %.
4. Tambahkan masing-masing 2 ml larutan formaldehid.
5. Tambahkan pula masing-masing 1 ml larutan kerja pararosanilin jadikan volume 25 ml dengan akuadest.
6. Diamkan selama 30 menit agar pembentukan warna yang terjadi lebih maksimal.
7. Ukur absorban tersebut dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 575 nm.
8. Buat kurva kalibrasi standar dengan mem-plotkan nilai antara absorban dan konsentrasi.



d). Prosedur pengerjaan sampling  $\text{SO}_2$  *ambient*.

Metode *sampling* yang digunakan untuk menentukan gas-gas dalam udara *ambient*, dalam hal ini ialah gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  pada penelitian kali ini ialah dengan menggunakan metode impinger. Adapun susunan peralatan *sampling* dengan impinger dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Susunan peralatan metode impinger

Berikut adalah prosedur pengerjaan untuk *sampling*  $\text{SO}_2$  *ambient* :

1. Ke dalam tabung impinger masukkan 10 ml larutan penangkap TCM 0,04 M.
2. Kemudian susun peralatan *sampling* impinger seperti gambar diatas, namun sebelumnya tabung impinger tersebut ditutup dengan *aluminium foil* untuk mencegah penguraian oleh sinar matahari.
3. Lakukan penarikan gas selama 30 – 60 menit dengan laju aliran udara pompa adalah sebesar 0,5 – 2,5 l/menit. Pada *sampling* kali ini

waktu *sampling* yang digunakan adalah 30 menit dan laju aliran udara pompa adalah sebesar 1,5 l/menit.

4. Setelah *sampling* selesai, segera dilakukan analisa laboratorium.
5. Pindahkan larutan sampel ke dalam labu ukur 25 ml secara kuantitatif, bilas impinger dengan akuadest.
6. Tambahkan 1 ml larutan asam sulfamat 0,6 %.
7. Tambahkan 2 ml larutan formaldehid.
8. Tambahkan 1 ml larutan kerja pararosanilin jadikan volume 25 ml dengan akuadest.
9. Diamkan selama 30 menit, agar pembentukan warna lebih maksimal.
10. Ukur absorban tersebut dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 575 nm.
11. Tentukan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dengan membandingkan pada kurva kalibrasi standar.

### **3.4.2. Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )**

#### **3.4.2.1. Prinsip Pengukuran**

Dalam proses ini larutan griess bereaksi gas  $\text{NO}_2$  membentuk warna ungu yang selanjutnya diukur serapannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.

#### **3.4.2.2. Alat dan Bahan**

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk *sampling* gas  $\text{NO}_2$  *ambient* adalah sebagai berikut :



a). Alat yang diperlukan :

1. Spektrofotometer.
2. Perangkat pompa dan impinger.
3. Peralatan gelas.
4. *Stopwatch*.

b). Bahan kimia yang digunakan :

1. N- (1- naphtyl) etilen diammonium dichloride.
2. Asam sulfanilat.
3. Asam asetat glasial.
4.  $\text{NaNO}_2$ .

### 3.4.2.3. Pembuatan Reagen

a). Larutan induk N- (1- naphtyl) etilen diammonium dichloride 0,1 %.

Timbang  $\pm 0,1$  gram N- (1- naphtyl) etilen diammonium dichloride.

Larutkan dengan sedikit air, masukkan ke dalam labu takar 100 ml, bilas sampai bersih dan kemudian encerkan hingga tanda batas.

b). Pereaksi Griess (pengabsorpsi).

1. Timbang 5 gram asam sulfanilat, larutkan dalam  $\pm 800$  ml akuadest (untuk mempercepat pelarutan bisa dipanaskan kemudian didinginkan).
2. Setelah larutan tersebut dingin, tambahkan 140 ml asam asetat glasial lalu diaduk.

3. Tambahkan pula kedalamnya 20 ml larutan induk N- (1- naphthyl) etilen diammonium dichloride, lalu diaduk, kemudian encerkan dengan akuadest sampai 1 liter.
  4. Simpan dalam botol berwarna coklat yang dibalut dengan *aluminium foil* dan tutup rapat-rapat untuk mencegah kontak udara.
- c). Larutan standar  $\text{NaNO}_2$  1,5 gram/liter (1000 ppm  $\text{NO}_2^-$ ).
1. Timbang 1,5 gram  $\text{NaNO}_2$  , larutkan dengan sedikit air, kemudian pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu takar 1000 ml.
  2. Encerkan dengan akuadest hingga tanda batas.
- d). Larutan standar  $\text{NaNO}_2$  0,15 gram/liter (100 ppm  $\text{NO}_2^-$ ).
- Pipet 10 ml larutan standar  $\text{NaNO}_2$  1,5 gram/liter, masukkan ke dalam labu takar 100 ml, kemudian encerkan dengan akuadest hingga tanda batas.
- e). Larutan standar  $\text{NaNO}_2$  0,015 gram/liter (10 ppm  $\text{NO}_2^-$ ).
- Pipet 10 ml larutan standar  $\text{NaNO}_2$  0,15 gram/liter, masukkan ke dalam labu takar 100 ml, kemudian encerkan dengan akuadest hingga tanda batas (larutan standar ini yang dipakai untuk pembuatan kurva kalibrasi dan harus dibuat segar).

#### 3.4.2.4. Cara Kerja

##### a). Pembuatan kurva standar.

1. Pipetkan ke dalam 6 buah labu ukur 50 ml dimasukkan masing-masing 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 ml larutan standar  $\text{NaNO}_2$  yang berkonsentrasi 0,015 gram/liter (10 ppm  $\text{NO}_2^-$ ).
2. Tambahkan kedalamnya masing-masing 10 ml larutan pengabsorpsi (larutan griess), kemudian encerkan dengan akuadest hingga tanda batas.
3. Diamkan selama 15 menit untuk pembentukan warna yang sempurna.
4. Ukur absorban tersebut dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.
5. Buat kurva kalibrasi standar dengan mem-plotkan nilai antara absorban dan konsentrasi.

##### b). Prosedur pengerjaan *sampling* $\text{NO}_2$ *ambient*.

1. Ke dalam tabung impinger masukkan 10 ml larutan pengabsorpsi (larutan griess).
2. Kemudian susun peralatan *sampling* impinger seperti gambar 3.2. diatas, namun sebelumnya tabung impinger tersebut ditutup dengan *aluminium foil* untuk mencegah penguraian oleh sinar matahari.
3. Lakukan penarikan gas selama 30 – 60 menit dengan laju aliran udara pompa adalah sebesar 0,5 – 2,5 l/menit. Pada *sampling* kali ini

waktu *sampling* yang digunakan adalah 30 menit dan laju aliran udara pompa adalah sebesar 1,5 l/menit.

4. Setelah *sampling* selesai, segera dilakukan analisa laboratorium.
5. Pindahkan larutan sampel ke dalam labu ukur 50 ml secara kuantitatif, bilas impinger dengan akuadest, kemudian encerkan hingga tanda batas.
6. Diamkan selama 15 menit untuk pembentukan warna yang sempurna.
7. Ukur absorban tersebut dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.
8. Tentukan konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan membandingkan pada kurva kalibrasi standar.

### **3.4.3. Partikel Debu/*Total Suspended Particulate* (TSP)**

#### **3.4.3.1. Prinsip Pengukuran**

Dalam proses ini, debu yang terdapat dalam udara *ambient* dihisap dengan menggunakan alat *High Volume Sampler* (HVS) yang dilengkapi dengan *filter* debu jenis selulosa ester, yang sebelumnya telah ditimbang beratnya. *Filter* tersebut kemudian disimpan dalam desikator dan kemudian ditimbang dengan neraca analitis hingga didapatkan berat yang konstan.

#### **3.4.3.2. Alat dan Bahan**

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk *sampling* debu *ambient* adalah sebagai berikut :

1. *High Volume Sampler* (HVS).
2. *Filter* debu (sellulosa ester).
3. Oven.
4. Desikator.
5. Neraca analitis.

#### 3.4.3.3. Cara Kerja

- a). Masukkan *filter* debu sellulosa ester ke dalam oven dengan temperatur  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit.
- b). Masukkan ke dalam desikator selama 20 menit untuk mendapatkan berat yang konstan.
- c). Timbanglah *filter* debu tersebut pada neraca analitis kemudian kita catat beratnya (berat awal;  $W_i$  gram).
- d). *Filter* debu tersebut kemudian kita pasang pada alat *High Volume Sampler*.
- e). Kemudian lakukan penghisapan debu udara *ambient* selama 1 jam.
- f). Setelah *sampling* dilakukan, kemudian kita masukkan sampel *filter* debu tersebut ke dalam oven dengan temperatur  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit.
- g). Masukkan ke dalam desikator selama 20 menit.
- h). Timbanglah *filter* debu tersebut pada neraca analitis kemudian kita catat beratnya (berat akhir;  $W_r$  gram).

### 3.4.3.4. Perhitungan Kadar Debu *Ambient*

Untuk menghitung kadar debu *ambient* dari sampel *filter* tersebut diatas dapat digunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{(W_r - W_i) \times 10^6}{V} \quad (III.3)$$

Dimana : P = kadar debu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

$W_i$  = berat awal *filter* (gram).

$W_r$  = berat akhir *filter* (gram).

V = volume udara yang *disampling* (L).

$10^6$  = konversi dari gram ke  $\mu\text{g}$ .

## 3.5. Pengukuran Data Meteorologi di Lapangan

### 3.5.1. Arah Angin

Penentuan arah angin pada saat *sampling* sangatlah diperlukan didalam menganalisa distribusi sebaran polutan. Adapun penentuan arah angin di lapangan pada saat *sampling* dapat dilakukan dengan cara :

1. Melihat arah asap yang keluar dari cerobong.
2. Melihat arah tertuipnya dedaunan pada tanaman.

### 3.5.2. Kecepatan Angin

Kecepatan angin pada saat *sampling* dibutuhkan didalam penentuan kelas stabilitas atmosfer di lapangan, selain itu juga didalam analisa distribusi sebaran polutan melalui persamaan umum Gauss. Kecepatan angin diukur dengan menggunakan *anemometer* beserta statif dengan ketinggian  $\pm 2$  meter.



Pengukuran ini dilakukan pada daerah yang terbuka. Adapun pengukuran kecepatan angin ini dilakukan dengan cara menempatkan *anemometer* sesuai dengan arah angin dengan waktu tertentu. Kemudian kita dapat mengetahui kecepatan angin dengan membaca skala pada *anemometer*, dengan membagi nilai skala terhadap waktu. Penentuan kecepatan angin ini dilakukan 3 kali, dan kemudian kita ambil nilai rata-ratanya.

### **3.5.3. Temperatur Udara *Ambient***

Temperatur udara *ambient* diperlukan juga didalam analisa distribusi sebaran polutan dengan persamaan umum Gauss. Adapun untuk mengukur temperatur udara *ambient* ini adalah dengan menggunakan *termometer digital*. Dalam pengukurannya *termometer digital* tersebut kita diamkan hingga didapatkan suhu udara *ambient* yang stabil.

### **3.5.4. Tekanan Udara *Ambient***

Tekanan udara *ambient* dapat diukur dengan menggunakan *barometer digital* lapangan, dimana pengukurannya adalah dengan cara membiarkan *barometer digital* lapangan tersebut hingga beberapa saat hingga stabil. Tekanan udara yang diperoleh adalah tekanan udara dalam satuan milibar. Data tekanan udara ini juga diperlukan untuk analisa distribusi sebaran melalui persamaan umum Gauss.

### **3.5.5. Kondisi Cuaca**

Selain digunakan untuk menganalisa distribusi sebaran polutan, kondisi cuaca pada saat *sampling* juga diperlukan didalam penentuan kelas stabilitas atmosfer.

### 3.6. Metode Analisa Data

#### 3.6.1. Perhitungan Debit Emisi *Stack*

Dari data-data dimensi *stack* yang diperoleh, seperti diameter, kecepatan emisi, dan konsentrasi polutan, maka dapat ditentukan nilai debit emisi yang dikeluarkan dari suatu *stack* melalui persamaan :

$$\begin{aligned}
 Q &= A \cdot V \\
 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V
 \end{aligned}
 \quad (III.4)$$

Dimana :  $Q$  = debit emisi ( $m^3/s$ )  
 $A$  = luas penampang *stack* ( $m^2$ )  
 $D$  = diameter *stack* (m)  
 $V$  = kecepatan emisi (m/s)

#### 3.6.2. Perhitungan Konsentrasi Emisi *Stack*

Konsentrasi polutan yang dikeluarkan melalui suatu *stack*, dapat dihitung melalui persamaan :

$$E = \frac{k \cdot Q}{1000}
 \quad (III.5)$$

Dimana :  $E$  = konsentrasi emisi polutan (g/s)  
 $k$  = konsentrasi polutan ( $mg/m^3$ )  
 $Q$  = debit emisi ( $m^3/s$ )  
 $1000$  = konversi  $mg \rightarrow g$

### 3.6.3. Perhitungan Kondisi Meteorologi

Data-data kondisi meteorologi yang diperoleh di lapangan (temperatur udara *ambient*, tekanan udara, cuaca, kecepatan dan arah angin), sangatlah diperlukan di dalam menganalisa distribusi sebaran polutan melalui persamaan umum Gauss. Oleh karenanya teknik-teknik pengukurannya harus dilakukan dengan cermat. Untuk menghitung kecepatan angin pada ketinggian *stack* dapat kita gunakan *formula Slade* (Pers. II.11.)

### 3.6.4. Perhitungan Distribusi Sebaran

#### 3.6.4.1. Perhitungan Model Gauss

Setelah data-data dari dimensi *stack* serta data meteorologi sudah ditentukan, selanjutnya dapat dihitung distribusi sebaran polutan dengan menggunakan persamaan umum Gauss (Pers. II.6).

#### 3.6.4.2. Perhitungan Koefisien Dispersi

Untuk menghitung nilai koefisien dispersi horizontal ( $S_y$ ) dan nilai koefisien dispersi vertikal ( $S_z$ ) dapat kita gunakan cara grafis melalui Gambar 2.4. dan Gambar 2.5. Selain itu juga dapat ditentukan melalui persamaan II.7. dan II.8. Kedua metode tersebut diatas dapat digunakan, namun untuk ketelitian sebaiknya menggunakan persamaan II.7. dan II.8. dimana sebelumnya kelas stabilitas atmosfernya kita tentukan terlebih dahulu.

### 3.6.4.3. Perhitungan Tinggi Efektif *Stack*

Untuk menentukan nilai tinggi efektif *stack* digunakan persamaan II.9. Sedangkan untuk menentukan nilai tinggi semburan digunakan persamaan II.10.

### 3.6.5. Perbandingan Dengan Analisa Statistik

Analisa statistik yang digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata antara konsentrasi teoritis dengan konsentrasi lapangan pada saat penelitian Februari 2004 dan periode Oktober 2003 ialah dengan menggunakan *software* SPSS, yaitu dengan metode uji-t untuk dua sampel independen (*independent sample t-test*). Adapun langkah-langkah analisa yang digunakan di dalam statistik ini adalah sebagai berikut :

a). Analisa dengan menggunakan uji-F.

Hipotesis.

$H_0$  = Kedua varians populasi adalah identik (variens populasi konsentrasi teoritis dan konsentrasi lapangan adalah sama)

$H_i$  = Kedua varians populasi adalah tidak identik (variens populasi konsentrasi teoritis dan konsentrasi lapangan adalah berbeda)

b). Analisa dengan menggunakan uji-t.

Hipotesis.

$H_0$  = Kedua rata-rata populasi adalah identik (rata-rata populasi konsentrasi teoritis dan konsentrasi lapangan adalah sama)

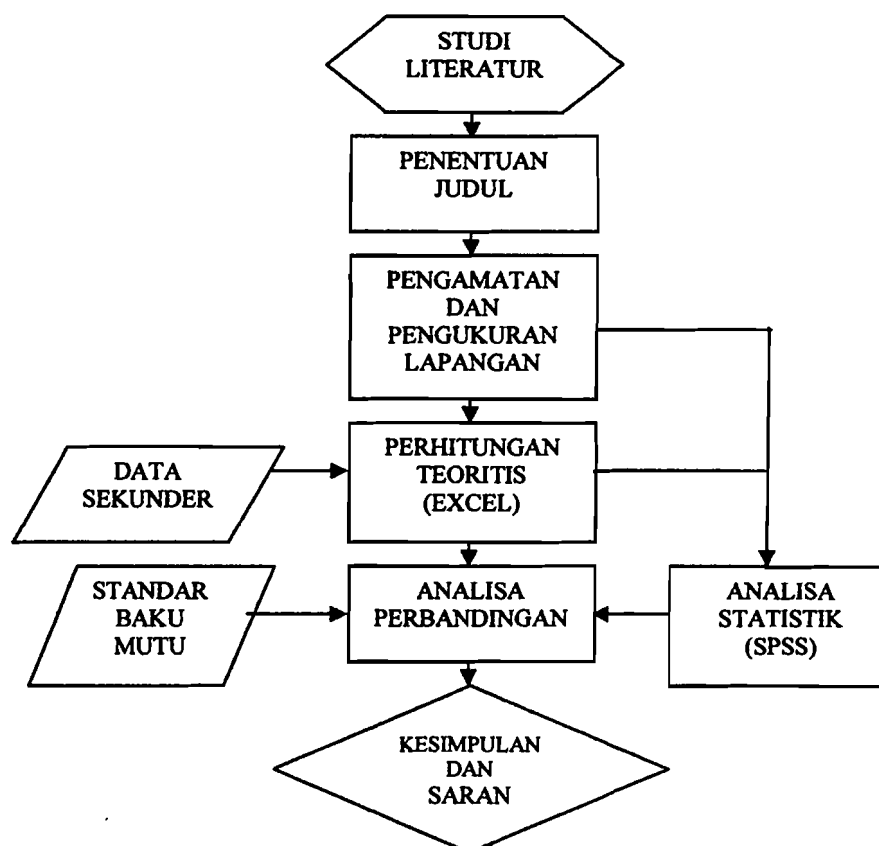
$H_i$  = Kedua rata-rata populasi adalah tidak identik (rata-rata populasi konsentrasi teoritis dan konsentrasi lapangan adalah berbeda)

Pengambilan Keputusan.

1. Jika probabilitas  $> 0,05$  , maka  $H_0$  diterima.
  2. Jika probabilitas  $< 0,05$  , maka  $H_0$  ditolak.
- c). Mengetahui perbedaan rata-rata (*mean difference*).

Setelah dilakukan uji-F dan uji-t, dan diketahui penggunaan *Equal variance assumed* dan *Equal variance not assumed*, serta diketahui ada perbedaan yang nyata antara konsentrasi teoritis dan konsentrasi lapangan, langkah selanjutnya adalah mengetahui seberapa besar perbedaan tersebut melalui *mean difference*.

**DIAGRAM ALIR METODE PENELITIAN**



Gambar 3.3. Diagram alir metode penelitian.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Jarak Antara Titik *Sampling* Dengan Tiap *Stack*

Jarak antara titik *sampling* dengan masing-masing *stack*, diperoleh dengan cara menentukan koordinat dari tiap lokasi *sampling* serta koordinat dari tiap *stack*. Dari koordinat tersebut selanjutnya dapat diketahui jarak antara lokasi *sampling* dengan tiap *stack*, yaitu jarak *downwind* dan *crosswind* yang dapat dilihat pada lampiran. Adapun data-data koordinat yang diperoleh berdasarkan peta lokasi *sampling* (Gambar 3.1.), dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut :

TABEL 4.1.

Data Koordinat Titik *Sampling* dan *Stack*.

No.	Lokasi	Koordinat	
		X	Y
1.	Titik 1 (Per-empatan WS)	650	-420
2.	Titik 2 (Area WWTP WRM)	580	120
3.	Titik 3 (Depan masjid SSP)	30	-60
4.	Titik 4 (MH. DR)	360	-650
5.	Titik 5 (Halaman masjid CRM)	-200	400
6.	Stack A (Billet)	500	-420
7.	Stack B (SSP 1)	280	-360
8.	Stack C (SSP 2)	70	-420
9.	Stack D (HYL III)	-400	-500
10.	Stack E (HSM)	-450	200
11.	Stack F1 (CRM-ARP)	-50	450
12.	Stack F2 (CRM-Boiler)	240	530
13.	Stack G (WRM)	450	170

Sumber : Data primer hasil pengukuran.

**TABEL 4.2.**  
**Jarak *Downwind* dan *Crosswind***  
**Antara Titik *Sampling* dengan Tiap *Stack***

Lokasi <i>Sampling</i>  <i>Stack</i>	Titik 1		Titik 2		Titik 3		Titik 4		Titik 5	
	Xd.w. (km)	Yc.w. (km)	Xd.w. (km)	Yc.w. (km)	Xd.w. (km)	Yc.w. (km)	Xd.w. (km)	Yc.w. (km)	Xd.w. (km)	Yc.w. (km)
<b>A</b>	0,150	0	0	0	0	0	0,064	0,262	0	0
<b>B</b>	0,370	0,060	0	0	0	0	0,262	0,148	0	0
<b>C</b>	0,580	0	0	0	0	0	0,368	0,035	0	0
<b>D</b>	1,050	0,080	0,237	1,135	0	0	0,643	0,431	0,200	0,900
<b>E</b>	1,100	0,620	0,778	0,672	0,523	0,156	1,174	0,042	0,250	0,200
<b>F1</b>	0,700	0,870	0,672	0,212	0,410	0,304	1,064	0,499	0	0
<b>F2</b>	0,410	0,950	0,530	0,049	0,262	0,566	0,919	0,757	0	0
<b>G</b>	0,200	0,590	0,127	0,057	0	0	0,513	0,647	0	0

Sumber : Data primer hasil perhitungan.

Keterangan : X d.w. : jarak *downwind*

Y c.w. : jarak *crosswind*

#### 4.2. Data Dimensi *Stack*

Berikut adalah data-data dimensi *stack* yang diperoleh dari dokumen

divisi K3LH PT. Krakatau Steel :

**TABEL 4.3.**  
**Data-data Dimensi Stack**

<i>Stack</i>	<b>H</b> (m)	<b>D</b> (cm)	<b>T</b> (C)	<b>Vs</b> (m/s)	<b>SO<sub>2</sub></b> (ppm)	<b>NO<sub>2</sub></b> (ppm)	<b>Bahan Bakar.</b>
A	25	140	120	92,6	4	0	Gas alam
B	38	70	120	92,6	0	0	Gas alam
C	38	70	120	76,3	4	0	Gas alam
D	80	220	400-600	148,8	0	1	Gas alam
E	53	240	500-600	85,5	237	0	Solar
F1	20	70	75	92,6	4,39mg/m <sup>3</sup>	0,04mg/m <sup>3</sup>	Solar
F2	22	230	200	92,6	601	0	Solar
G	19	112	220	63,3	15	0	Gas alam

Sumber : Dokumen divisi K3LH PT.Krakatau Steel

### 4.3. Kurva Kalibrasi Standar dan Berat Awal *Filter*

#### 4.3.1. Kurva Kalibrasi Standar SO<sub>2</sub>

Dari hasil percobaan laboratorium, untuk menentukan kurva kalibrasi standar SO<sub>2</sub>, diperoleh hasil :

**TABEL 4.4.**  
**Kurva Kalibrasi Standar SO<sub>2</sub>**

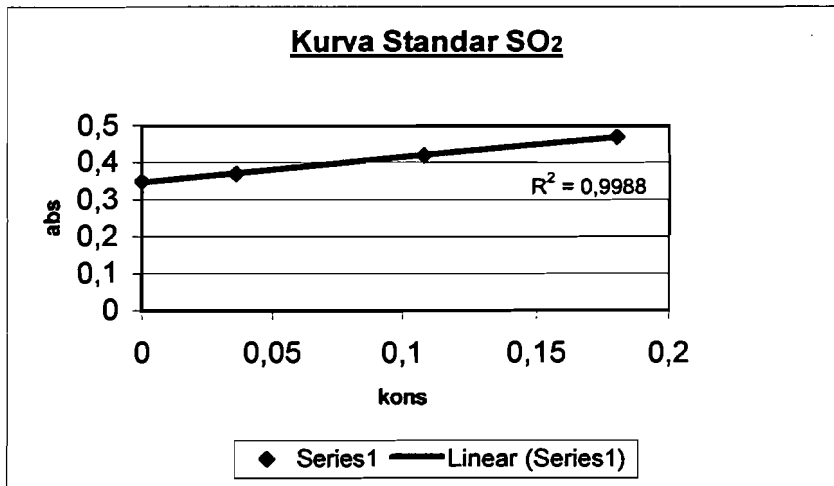
<b>Kons(µg/ml SO<sub>2</sub>)</b>	<b>ABS (575 nm )</b>	<b>SLOPE</b>	<b>INTERCEPT</b>
0	0,35	1,4836	-0,5161
0,036	0,37		
0,108	0,42		
0,18	0,47		

Sumber : Data primer hasil analisa laboratorium.

Persamaan regresi :

$$\begin{aligned} \text{Kons. (}\mu\text{g/ml SO}_2\text{)} &= \text{Slope} * \text{Abs.sampel} + \text{Intercept} \\ &= 1,4836 * \text{Abs.sampel} - 0,5161 \end{aligned} \quad \text{( IV.1 )}$$



Gambar 4.1. Kurva standar SO<sub>2</sub>

#### 4.3.2. Kurva Kalibrasi Standar NO<sub>2</sub>

Dari hasil percobaan laboratorium, untuk menentukan kurva kalibrasi standar NO<sub>2</sub>, diperoleh hasil :

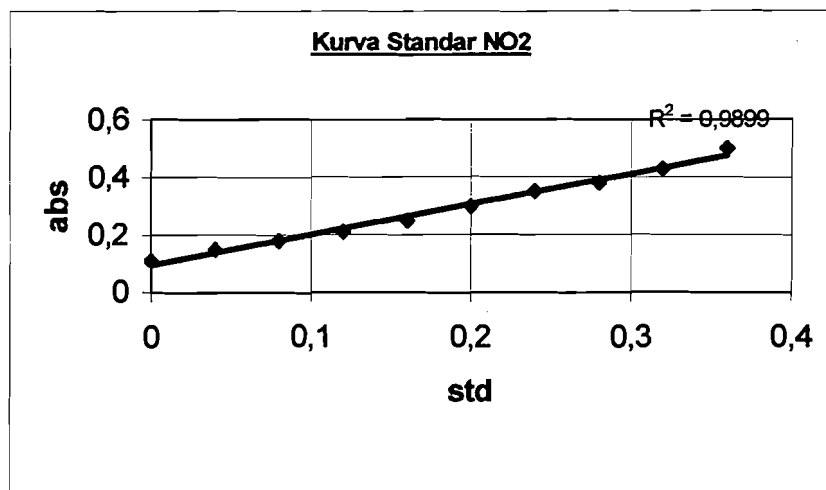
**TABEL 4.5.**  
**Kurva Kalibrasi Standar NO<sub>2</sub>**

Std	Abs	slope	intercept
0	0,11	0,9414	-0,08924
0,04	0,15		
0,08	0,18		
0,12	0,21		
0,16	0,25		
0,2	0,3		
0,24	0,35		
0,28	0,38		
0,32	0,43		
0,36	0,5		

Sumber : Data primer hasil analisa laboratorium.

Persamaan regresi :

$$\begin{aligned} \text{Kons. } (\mu\text{g/ml SO}_2) &= \text{Slope} * \text{Abs.sampel} + \text{Intercept} \\ &= 0,9414 * \text{Abs.sampel} - 0,08924 \end{aligned} \quad \text{(IV.2)}$$



Gambar 4.2. Kurva standar NO<sub>2</sub>

#### 4.3.3. Berat Awal *Filter* (Sellulosa Ester)

Dari hasil penimbangan dengan menggunakan neraca analit di laboratorium, diperoleh berat awal *filter* adalah sebagai berikut :

**TABEL 4.6.**  
**Berat Awal *Filter***

No. <i>Filter</i>	Lokasi <i>Sampling</i>	Berat Awal (gr)
1.	Per-empatan WS	3,0951
2.	Area WWTP WRM	3,1012
3.	Depan masjid SSP	3,0845
4.	Area MH DR	3,0977
5.	Halaman masjid CRM	3,0975

Sumber : Data primer hasil pengukuran.

#### 4.4. Data Kondisi Meteorologi di Lapangan

Berikut ini adalah data-data meteorologi hasil pengukuran di lapangan pada saat penelitian.

**TABEL 4.7.**  
**Data Meteorologi di Lapangan**

<b>Lokasi Sampling</b>	<b>Hari/ Tgl.Sampling</b>	<b>Arah angin dari</b>	<b>T udara (C)</b>	<b>V.angin (m/s)</b>	<b>P. udara (milibars)</b>	<b>Cuaca</b>
Titik 1	Selasa / 17-02-2004	Barat	29	2,85	999	Agak mendung.
Titik 2	Rabu / 18-02-2004	Barat laut	32	2,47	996	Cerah.
Titik 3	Rabu / 18-02-2004	Barat laut	31	2,47	996	Cerah.
Titik 4	Senin / 01-03-2004	Barat laut	32	6	995	Cerah.
Titik 5	Selasa / 02-03-2004	Barat	32	6,25	995	Cerah- berawan.

Sumber : Data primer hasil pengukuran dan perhitungan di lapangan.

Untuk menentukan data kelas stabilitas atmosfer pada saat *sampling*, dapat dilakukan analisa berdasarkan data kecepatan angin serta cuaca pada saat *sampling*, kemudian kita lihat tabel kelas stabilitas atmosfer (Tabel 2.5.). Berikut adalah data hasil analisa kelas stabilitas atmosfer :

**TABEL 4.8.**  
**Analisa Kelas Stabilitas Atmosfer**

<b>Lokasi Sampling</b>	<b>Analisa (berdasarkan Tabel 2.5.)</b>	<b>Kelas Stabilitas</b>
Titik 1	Dengan kecepatan angin antara 2-3 m/s dan tingkat radiasi matahari ringan.	C
Titik 2	Dengan kecepatan angin antara 2-3 m/s dan tingkat radiasi matahari sedang.	C
Titik 3	Dengan kecepatan angin antara 2-3 m/s dan tingkat radiasi matahari sedang.	C
Titik 4	Dengan kecepatan angin antara 5-6 m/s dan tingkat radiasi matahari sedang.	D
Titik 5	Dengan kecepatan angin > 6 m/s dan tingkat radiasi matahari sedang.	D

Sumber : Data primer hasil analisa.

#### **4.5. Data Hasil *Sampling* Konsentrasi SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan TSP *Ambient***

##### **4.5.1. Absorban SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan Berat Akhir *Filter***

Setelah *sampling* gas (SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>) dan debu *ambient* (TSP) dilaksanakan, selanjutnya harus segera dilakukan analisa laboratorium.

Berikut adalah data hasil analisa sampel di laboratorium :

**TABEL 4.9.**  
**Hasil Analisa Sampel di Laboratorium**

Lokasi <i>Sampling</i>	Hari / Tgl. <i>Sampling</i>	Waktu <i>Sampling</i>	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		Berat Akhir <i>Filter (gr)</i>
			Abs.	Blanko	Abs.	Blanko	
Titik 1 (Per-empatan WS)	Selasa / 17-02-04	11.00-11.30	0,28	0,28	0,12	0,12	3,1259
Titik 2 (Area WWTP WRM)	Rabu / 18-02-04	14.00-14.30	0,29	0,28	0,12	0,12	3,1131
Titik 3 (Depan masjid SSP)	Rabu / 18-02-04	14.30-15.00	0,28	0,28	0,12	0,12	3,1514
Titik 4 (Area MH DR)	Senin / 01-03-04	10.00-10.30	0,30	0,30	0,12	0,11	3,1198
Titik 5 (Hal.masjid CRM)	Selasa / 02-03-04	09.00-09.30	0,325	0,295	0,12	0,12	3,1029

Sumber : Data primer hasil pengukuran laboratorium

#### 4.5.2. Perhitungan Konsentrasi SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan TSP

##### a). Konsentrasi SO<sub>2</sub> *Ambient* Hasil Pengukuran

Dari data-data hasil analisa sampel di laboratorium, selanjutnya dapat kita hitung nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> *ambient* hasil pengukuran di lapangan. Untuk menghitung konsentrasi SO<sub>2</sub>, nilai absorban sampel yang terukur dibandingkan terlebih dahulu dengan nilai absorban pada kurva standar. Sehingga nilai absorban yang digunakan dalam perhitungan konsentrasi ialah nilai absorban hasil perbandingan dengan kurva kalibrasi standar. Adapun perhitungan konsentrasi SO<sub>2</sub> *ambient* hasil pengukuran di lapangan adalah sebagai berikut :

**TABEL 4.10.**

**Konsentrasi SO<sub>2</sub> Ambient Hasil Pengukuran Lapangan**

Lokasi <i>Sampling</i>	Abs (a)	Vol. Sampel (ml) (b)	Konsentrasi		Flow (l/men) (e)	Waktu <i>Sampling</i> (menit) (f)	Vol. Udara (m <sup>3</sup> ) (g)	Tek.Udara [P] (mbar)	Suhu Udara [T] (°C)	Volume Udara Standar (m <sup>3</sup> ) (h)	Konsentrasi (µg/m <sup>3</sup> ) (i)
			ppm	µg							
			(c)	(d)							
Titik 1	0,35	50	0,00316	0,158	1,5	30	0,045	999	29	0,038248	4,130986
Titik 2	0,36	50	0,0179	0,895	1,5	30	0,045	996	32	0,034558	25,89869
Titik 3	0,35	50	0,00316	0,158	1,5	30	0,045	996	31	0,035673	4,429182
Titik 4	0,35	50	0,00316	0,158	1,5	30	0,045	995	32	0,034523	4,576654
Titik 5	0,37	50	0,0328	1,64	1,5	30	0,045	995	32	0,034523	47,50451

Sumber : Data primer hasil pengukuran dan perhitungan.

**Keterangan :**

- (a) Merupakan absorban hasil perbandingan antara absorban sampel dengan kurva kalibrasi standar.
- (b) Merupakan volume total sampel di dalam labu ukur.
- (c) Diperoleh dengan memasukkan nilai (a) ke dalam persamaan IV.1.

- (d) Diperoleh dengan mengalikan nilai (b) \* (c).
- (e) Merupakan *flow in* pompa pada saat *sampling*.
- (f) Merupakan waktu *sampling* di lapangan.
- (g) Diperoleh dari hasil perkalian antara nilai [(e) \* (f)]/1000....(m<sup>3</sup>)
- (h) Volume standar diperoleh melalui persamaan :

$$\text{Vol. Standar} = \text{Vol. Udara (sampling)} * [P/T] * [(25)/(1013,25)] \quad \text{--- (IV.3)}$$

Dimana :

25 = adalah merupakan suhu standar udara.

1013,25 = adalah tekanan udara pada 1 atm.

Dimana 1 atm = 1013,25 mb.

- (i) Diperoleh melalui persamaan [(d) / (h)]

#### **b). Konsentrasi NO<sub>2</sub> Ambient Hasil Pengukuran**

Dari data-data hasil analisa sampel di laboratorium, selanjutnya dapat kita hitung nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> *ambient* hasil pengukuran di lapangan. Untuk menghitung konsentrasi NO<sub>2</sub>, nilai absorban sampel yang terukur dibandingkan terlebih dahulu dengan nilai absorban pada kurva standar. Sehingga nilai absorban yang digunakan dalam perhitungan konsentrasi ialah nilai absorban hasil perbandingan dengan kurva kalibrasi standar. Adapun perhitungan konsentrasi NO<sub>2</sub> *ambient* hasil pengukuran di lapangan adalah sebagai berikut :

**TABEL 4.11.**

**Konsentrasi NO<sub>2</sub> Ambient Hasil Pengukuran Lapangan**

Lokasi <i>Sampling</i>	Abs (a)	Vol. Sampel (ml) (b)	Konsentrasi		Flow (l/men) (e)	Waktu <i>Sampling</i> (menit) (f)	Vol. Udara (m <sup>3</sup> ) (g)	Tek.Udara [P] (mbar)	Suhu Udara [T] (°C)	Volume Udara Standar (m <sup>3</sup> ) (h)	Konsentrasi (µg/m <sup>3</sup> ) (i)
			ppm (c)	µg (d)							
			Titik 1	0,11							
Titik 2	0,11	50	0,0143	0,715	1,5	30	0,045	996	32	0,034558	20,69001
Titik 3	0,11	50	0,0143	0,715	1,5	30	0,045	996	31	0,035673	20,04345
Titik 4	0,13	50	0,0331	1,657	1,5	30	0,045	995	32	0,034523	47,99693
Titik 5	0,11	50	0,0143	0,715	1,5	30	0,045	995	32	0,034523	20,71081

Sumber : Data primer hasil pengukuran dan perhitungan.

Keterangan :

- (a) Merupakan absorban hasil perbandingan antara absorban sampel dengan kurva kalibrasi standar.
- (b) Merupakan volume total sampel di dalam labu ukur.



- (c) Diperoleh dengan memasukkan nilai (a) ke dalam persamaan IV.2.
- (d) Diperoleh dengan mengalikan nilai (b) \* (c).
- (e) Merupakan *flow in* pompa pada saat *sampling*.
- (f) Merupakan waktu *sampling* di lapangan.
- (g) Diperoleh dari hasil perkalian antara nilai [(e) \* (f)]/1000....(m<sup>3</sup>)
- (h) Volume standar diperoleh melalui persamaan IV.3.
- (i) Diperoleh melalui persamaan [(d) / (h)]

**c). Konsentrasi TSP *Ambient* Hasil Pengukuran**

Dengan mengetahui berat awal serta berat akhir *filter*, selanjutnya dapat dihitung kadar debu yang terkandung pada *filter* (konsentrasinya). Konsentrasi partikel debu *ambient* tersebut dapat kita hitung melalui persamaan III.3. Adapun perhitungan konsentrasi debu *ambient* adalah sebagai berikut :

**TABEL 4.12.**

**Konsentrasi TSP Ambient Hasil Pengukuran Lapangan**

Lokasi	Berat Awal (g) (a)	Berat Akhir (g) (b)	Berat Debu (g) (c)	Volume hisap		Waktu Sampling (menit) (f)	Vol. Udara (m <sup>3</sup> ) (g)	Tek.Udara [P] (mbar)	Suhu Udara [T] (°C)	Volume Udara Standar (m <sup>3</sup> ) (h)	Konsentrasi (µg/m <sup>3</sup> ) (i)
				ppm (d)	µg (e)						
Titik 1	3,0951	3,1259	0,0308	35	0,9905	30	29,715	999	29	25,25612	1219,506
Titik 2	3,1012	3,1131	0,0119	35	0,9905	30	29,715	996	32	22,81962	521,481
Titik 3	3,0845	3,1514	0,0669	40	1,132	30	33,96	996	31	26,92085	2485,063
Titik 4	3,0977	3,1198	0,0221	40	1,132	30	33,96	995	32	26,05339	848,2583
Titik 5	3,0975	3,1029	0,0054	30	0,849	30	25,47	995	32	19,54004	276,3556

Sumber : Data primer hasil pengukuran dan perhitungan.

**Keterangan :**

(a) Merupakan berat awal *filter* (W<sub>i</sub>).

(b) Merupakan berat akhir *filter*, setelah *sampling* (W<sub>r</sub>).

(c) Berat debu, diperoleh melalui selisih antara berat akhir dengan berat awal *filter* (W<sub>r</sub>-W<sub>i</sub>).

(d) Volume hisap pada saat *sampling*.

(e) Konversi dari ft<sup>3</sup>/menit menjadi m<sup>3</sup>/menit (dikalikan dengan 0,028317).

(f) Merupakan waktu *sampling* di lapangan.

(g) Diperoleh dari hasil perkalian antara nilai (e) \* (f).

(h) Volume standar diperoleh melalui persamaan IV.3.

(i) Diperoleh melalui persamaan [(c) / (h)] \* 10<sup>6</sup>..... (10<sup>6</sup> merupakan konversi dari g → µg).

#### 4.6. Hasil Perhitungan Konsentrasi Teoritis Pada Saat Penelitian (Bulan Februari 2004) Melalui Persamaan Gauss

##### 4.6.1. Perhitungan Konsentrasi Emisi Dari Tiap *Stack*

Konsentrasi emisi dari tiap *stack* dapat ditentukan berdasarkan dari data dimensi *stack* yang sudah ada (Tabel 4.3.), antara lain data mengenai diameter, kecepatan emisi, dan konsentrasi polutan yang dihasilkan *stack*. Untuk perhitungan konsentrasi emisi dari masing-masing *stack* dapat dilihat pada Tabel 4.13. berikut :

**TABEL 4.13.**  
**Konsentrasi Emisi *Stack***

<i>Stack</i>	Q (m <sup>3</sup> /s)	Kons. SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Kons. NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Kons. Emisi SO <sub>2</sub> (g/s)	Kons. Emisi NO <sub>2</sub> (g/s)
A	142,47	10,45	0	1,49	0
B	35,62	0	0	0	0
C	29,35	10,45	0	0,31	0
D	565,35	0	1,88	0	1,06
E	386,60	619,10	0	239,34	0
F1	35,62	4,39	0,04	0,16	0,00142
F2	384,54	1569,96	0	603,70	0
G	62,33	39,18	0	2,44	0

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

a). Untuk menentukan nilai Q (debit emisi) digunakan persamaan :

$$Q = A * V_s$$

$$= (\frac{1}{4} * 3,14 * D^2) * V_s \dots\dots\dots (m^3/s)$$

- b). Konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  yang digunakan merupakan konversi dari satuan ppm kedalam satuan  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Untuk konversi dari satuan ppm ke  $\text{mg}/\text{m}^3$  digunakan persamaan :

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \text{ppm} * \text{BM}/24,5 \dots \dots \dots (\text{BM } \text{SO}_2 = 64 \text{ dan } \text{NO}_2 = 46)$$

24,5 adalah volume dalam 1 gas sejumlah 1 mol pada  $25^\circ\text{C}$ , 1 atm.

- c). Nilai konsentrasi emisi  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  diperoleh melalui persamaan :

$$E = \text{Kons. } \text{SO}_2/\text{NO}_2 (\text{mg}/\text{m}^3) * Q /1000 \dots \dots \dots (\text{g/s})$$

#### 4.6.2. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 1 Dengan Tiap Stack (Selasa / 17 Februari 2004)

Sebelum dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan umum Gauss, terlebih dahulu ditentukan data-data meteorologi lapangan (Tabel 4.7.) serta data dimensi *stack* (Tabel 4.3.).

**TABEL 4.14.**

**Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi Stack**

Stack	H (m)	D (m)	Vs (m/s)	Ts (°C)	V.angin (m/s)	Z (m)	p	U (m/s)	P (mb)	Ta (°K)	Ts (°K)
A	25	1,4	92,6	120	2,85	2	0,1	3,67	999	302	393
B	38	0,7	92,6	120	2,85	2	0,1	3,83	999	302	393
C	38	0,7	76,3	120	2,85	2	0,1	3,83	999	302	393
D	80	2,2	148,8	400-600	2,85	2	0,1	4,12	999	302	773
E	53	2,4	85,5	500-600	2,85	2	0,1	3,96	999	302	823
F1	20	0,7	92,6	75	2,85	2	0,1	3,59	999	302	348
F2	22	2,3	92,6	200	2,85	2	0,1	3,62	999	302	473
G	19	1,12	63,3	220	2,85	2	0,1	3,57	999	302	493

Sumber : Data primer hasil perhitungan.

Keterangan :

- a). Kecepatan angin ( $V_{\text{angin}}$ ) adalah hasil pengukuran dengan anemometer pada saat *sampling*.
- b).  $Z$  adalah posisi ketinggian anemometer pada saat *sampling*.
- c). Nilai  $p$  didapat dari Tabel 2.7. (dengan kelas stabilitas C diperoleh  $p=0,1$ ).
- d). Nilai  $U$  adalah merupakan kecepatan angin pada ketinggian *stack*, diperoleh melalui persamaan II.6.
- e). Temperatur  $T_s$  (suhu *stack*) dan  $T_a$  (suhu *ambient*) dalam satuan Kelvin.  
.... °C + 273

TABEL 4.15.

Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 1/Februari 2004)

Stack	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	X <sub>downwind</sub> (km)	Y <sub>crosswind</sub> (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
A	47,53	72,53	13,27	7,49	0,150	0	1,15E-13	0	1,15E-07	0
B	11,39	49,39	42,76	24,66	0,370	0,060	0	0	0	0
C	9,39	47,39	63,91	37,14	0,580	0	4,77E-06	0	4,77	0
D	167,89	247,89	108,64	63,77	1,050	0,080	0	6,20E-09	0	6,20E-03
E	119,63	172,63	113,25	66,53	1,100	0,620	8,83E-05	0	88,3	0
F1	12,15	32,15	75,61	44,08	0,700	0,870	3,19E-06	2,91E-08	3,19	2,91E-02
F2	129,93	151,93	46,87	27,08	0,410	0,950	6,08E-09	0	6,08E-03	0
G	21,37	40,37	24,67	14,08	0,200	0,590	1,03E-05	0	10,3	0
								$\Sigma$	106,5358	3,53E-02

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 1) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.6.3. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 2 Dengan Tiap

*Stack* (Rabu / 18 Februari 2004)

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 2 :

TABEL 4.16.

Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi *Stack*

<i>Stack</i>	H (m)	D (m)	Vs (m/s)	Ts (°C)	V.angin (m/s)	Z (m)	p	U (m/s)	P (mb)	Ta (°K)	Ts (°K)
A	25	1,4	92,6	120	2,47	2	0,1	3,18	996	305	393
B	38	0,7	92,6	120	2,47	2	0,1	3,32	996	305	393
C	38	0,7	76,3	120	2,47	2	0,1	3,32	996	305	393
D	80	2,2	148,8	400-600	2,47	2	0,1	4,57	996	305	773
E	53	2,4	85,5	500-600	2,47	2	0,1	3,43	996	305	823
F1	20	0,7	92,6	75	2,47	2	0,1	3,11	996	305	348
F2	22	2,3	92,6	200	2,47	2	0,1	3,14	996	305	473
G	19	1,12	63,3	220	2,47	2	0,1	3,09	996	305	493

Sumber : Data primer hasil perhitungan.

Keterangan :

- Kecepatan angin (V.angin) adalah hasil pengukuran dengan anemometer pada saat *sampling*.
- Z adalah posisi ketinggian anemometer pada saat *sampling*.
- Nilai p didapat dari Tabel 2.7. (dengan kelas stabilitas C diperoleh  $p=0,1$ ).
- Nilai U adalah merupakan kecepatan angin pada ketinggian *stack*, diperoleh melalui persamaan II.6.
- Temperatur Ts (suhu *stack*) dan Ta (suhu *ambient*) dalam satuan Kelvin.  
.... °C + 273

TABEL 4.17.

Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 2/Februari 2004)

Stack	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	X <sub>downwind</sub> (km)	Y <sub>crosswind</sub> (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
A	52,36	77,36	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	12,55	50,55	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	10,34	48,34	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	184,94	264,94	28,71	16,43	0,237	1,135	0	7,258E-61	0	7,258E-55	
E	131,78	184,78	83,09	48,53	0,778	0,672	3,92E-06	0	3,921245	0	
F1	13,38	33,38	72,90	42,47	0,672	0,212	3,80E-06	3,46E-08	3,798052	0,0346064	
F2	143,12	165,12	58,96	34,21	0,530	0,049	2,65E-07	0	0,264919	0	
G	23,54	42,54	16,44	9,31	0,127	0,057	4,79E-08	0	0,047898	0	
Sumber : Data primer hasil perhitungan									$\Sigma$	8,032114	3,46E-02

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 2) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



#### 4.6.4. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 3 Dengan Tiap

*Stack* (Rabu / 18 Februari 2004)

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 3 :

**TABEL 4.18.**

#### Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi *Stack*

<i>Stack</i>	H (m)	D (m)	Vs (m/s)	Ts (°C)	V.angin (m/s)	Z (m)	p	U (m/s)	P (mb)	Ta (°K)	Ts (°K)
A	25	1,4	92,6	120	2,47	2	0,1	3,18	996	304	393
B	38	0,7	92,6	120	2,47	2	0,1	3,32	996	304	393
C	38	0,7	76,3	120	2,47	2	0,1	3,32	996	304	393
D	80	2,2	148,8	400-600	2,47	2	0,1	4,57	996	304	773
E	53	2,4	85,5	500-600	2,47	2	0,1	3,43	996	304	823
F1	20	0,7	92,6	75	2,47	2	0,1	3,11	996	304	348
F2	22	2,3	92,6	200	2,47	2	0,1	3,14	996	304	473
G	19	1,12	63,3	220	2,47	2	0,1	3,09	996	304	493

Sumber : Data primer hasil perhitungan.

Keterangan :

- Kecepatan angin (V.angin) adalah hasil pengukuran dengan anemometer pada saat *sampling*.
- Z adalah posisi ketinggian anemometer pada saat *sampling*.
- Nilai p didapat dari Tabel 2.7. (dengan kelas stabilitas C diperoleh  $p=0,1$ ).
- Nilai U adalah merupakan kecepatan angin pada ketinggian *stack*, diperoleh melalui persamaan II.6.
- Temperatur Ts (suhu *stack*) dan Ta (suhu *ambient*) dalam satuan Kelvin.  
.... °C + 273

**TABEL 4.19.**

**Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 3/Februari 2004)**

<i>Stack</i>	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	X <sub>downwind</sub> (km)	Y <sub>crosswind</sub> (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
A	54,74	79,74	0	0	0	0	0	0	0	0
B	13,12	51,12	0	0	0	0	0	0	0	0
C	10,81	48,81	0	0	0	0	0	0	0	0
D	193,35	273,35	0	0	0	0	0	0	0	0
E	137,77	190,77	58,26	33,80	0,523	0,156	1,36E-09	0	0,001363	0
F1	13,99	33,99	46,87	27,08	0,410	0,304	5,74E-06	5,23E-08	5,738458	0,00522866
F2	149,63	171,63	31,40	18,01	0,262	0,566	2,01E-21	0	2,01E-15	0
G	24,61	43,61	0	0	0	0	0	0	0	0
								$\Sigma$	5,739821	5,23E-02

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 3) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.6.5. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 4 Dengan Tiap

##### *Stack* (Senin / 1 Maret 2004)

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 4 :

**TABEL 4.20.**

**Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi *Stack***

<i>Stack</i>	H (m)	D (m)	Vs (m/s)	Ts (°C)	V.angin (m/s)	Z (m)	p	U (m/s)	P (mb)	Ta (°K)	Ts (°K)
A	25	1,4	92,6	120	6	2	0,15	8,76	995	305	393
B	38	0,7	92,6	120	6	2	0,15	9,33	995	305	393
C	38	0,7	76,3	120	6	2	0,15	9,33	995	305	393
D	80	2,2	148,8	400-600	6	2	0,15	10,43	995	305	773
E	53	2,4	85,5	500-600	6	2	0,15	9,81	995	305	823
F1	20	0,7	92,6	75	6	2	0,15	8,48	995	305	348
F2	22	2,3	92,6	200	6	2	0,15	8,60	995	305	473
G	19	1,12	63,3	220	6	2	0,15	8,41	995	305	493

Sumber : Data primer hasil perhitungan.

Keterangan :

- Kecepatan angin (V.angin) adalah hasil pengukuran dengan anemometer pada saat *sampling*.
- Z adalah posisi ketinggian anemometer pada saat *sampling*.
- Nilai p didapat dari Tabel 2.7. (dengan kelas stabilitas D diperoleh p = 0,15).
- Nilai U adalah merupakan kecepatan angin pada ketinggian *stack*, diperoleh melalui persamaan II.6.
- Temperatur Ts (suhu *stack*) dan Ta (suhu *ambient*) dalam satuan Kelvin.  
.... °C + 273

**TABEL 4.21.**

**Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 4/Februari 2004)**

<i>Stack</i>	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	Xdownwind (km)	Ycrosswind (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
A	18,98	43,98	5,82	2,82	0,064	0,262	7,55E-56	0	7,55E-50	0
B	4,46	42,46	20,53	10,87	0,262	0,148	0	0	0	0
C	3,67	41,67	27,82	14,38	0,368	0,035	3,93E-07	0	3,93E-01	0
D	63,27	143,27	45,82	22,40	0,643	0,431	0	4,16E-08	0	4,16E-08
E	46,02	99,02	78,49	35,34	1,174	0,042	5,80E-05	0	58	0
F1	4,91	24,91	71,88	32,95	1,064	0,499	1,86E-06	1,70E-02	1,862438	1,70E-02
F2	52,23	74,23	63,05	29,53	0,919	0,757	5,10E-04	0	509,6779	0
G	8,65	27,65	37,44	18,76	0,513	0,647	0	0	0	0
								$\Sigma$	569,9811	1,70E-02

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 4) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.6.6. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 5 Dengan Tiap Stack (Selasa / 2 Maret 2004)

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 5 :

**TABEL 4.22.**  
**Perhitungan Data Meteorologi dan Dimensi Stack**

Stack	H (m)	D (m)	Vs (m/s)	Ts (°C)	V.angin (m/s)	Z (m)	p	U (m/s)	P (mb)	Ta (°K)	Ts (°K)
A	25	1,4	92,6	120	6,25	2	0,15	9,13	995	305	393
B	38	0,7	92,6	120	6,25	2	0,15	9,72	995	305	393
C	38	0,7	76,3	120	6,25	2	0,15	9,72	995	305	393
D	80	2,2	148,8	400-600	6,25	2	0,15	10,87	995	305	773
E	53	2,4	85,5	500-600	6,25	2	0,15	10,22	995	305	823
F1	20	0,7	92,6	75	6,25	2	0,15	8,83	995	305	348
F2	22	2,3	92,6	200	6,25	2	0,15	8,96	995	305	473
G	19	1,12	63,3	220	6,25	2	0,15	8,76	995	305	493

Sumber : Data primer hasil perhitungan.

Keterangan :

- Kecepatan angin (V.angin) adalah hasil pengukuran dengan anemometer pada saat *sampling*.
- Z adalah posisi ketinggian anemometer pada saat *sampling*.
- Nilai p didapat dari Tabel 2.7. (dengan kelas stabilitas D diperoleh p = 0,15).
- Nilai U adalah merupakan kecepatan angin pada ketinggian *stack*, diperoleh melalui persamaan II.6.
- Temperatur Ts (suhu *stack*) dan Ta (suhu *ambient*) dalam satuan Kelvin.  
.... °C + 273

**TABEL 4.23.**

**Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 5/Februari 2004)**

<i>Stack</i>	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	X <sub>downwind</sub> (km)	Y <sub>crosswind</sub> (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
A	18,22	43,22	0	0	0	0	0	0	0	0
B	4,28	42,28	0	0	0	0	0	0	0	0
C	3,53	41,53	0	0	0	0	0	0	0	0
D	60,74	140,74	16,13	8,64	0,200	0,900	0	4,87E-62	0	4,87E-56
E	44,18	97,18	19,69	10,45	0,250	0,200	6,12E-21	0	6,12E-15	0
F1	4,71	24,71	0	0	0	0	0	0	0	0
F2	50,14	72,14	0	0	0	0	0	0	0	0
G	8,31	27,31	0	0	0	0	0	0	0	0
								$\Sigma$	6,12E-15	4,87E-56

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 5) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.7. Hasil Perhitungan Konsentrasi Teoritis Periode Sebelumnya (Bulan Oktober 2003) Melalui Persamaan Gauss

##### 4.7.1. Perhitungan Konsentrasi Emisi Dari Tiap *Stack*

Konsentrasi emisi dari tiap *stack* yang digunakan ialah konsentrasi yang didapat dari hasil *sampling* emisi terakhir (periode 6 bulan terakhir), sehingga data konsentrasi yang digunakan adalah sama dengan data pada Tabel 4.13.

##### 4.7.2. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 1 Dengan Tiap *Stack* (Jum'at / 17 Oktober 2003)

Sebelum dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan umum Gauss, terlebih dahulu ditentukan data-data meteorologi lapangan serta data dimensi *stack* (Tabel 4.3.). Adapun data-data kondisi meteorologi pada bulan oktober 2003 diperoleh dari stasiun BMG Serang dan dapat dilihat pada lampiran.

**TABEL 4.24.**

**Data Meteorologi dan Dimensi *Stack***

<i>Stack</i>	H (m)	D (m)	Vs (m/s)	Ts (°C)	V.angin (knots)	U (m/s)	P (mb)	Ta (°K)	Ts (°K)
A	25	1,4	92,6	120	2	1,0288	1013,1	300,1	393
B	38	0,7	92,6	120	2	1,0288	1013,1	300,1	393
C	38	0,7	76,3	120	2	1,0288	1013,1	300,1	393
D	80	2,2	148,8	400-600	2	1,0288	1013,1	300,1	773
E	53	2,4	85,5	500-600	2	1,0288	1013,1	300,1	823
F1	20	0,7	92,6	75	2	1,0288	1013,1	300,1	348
F2	22	2,3	92,6	200	2	1,0288	1013,1	300,1	473
G	19	1,12	63,3	220	2	1,0288	1013,1	300,1	493

Sumber : Data sekunder.

**Keterangan :**

- a). Data meteorologi dan dimensi *stack* ini, digunakan untuk menghitung sebaran dengan persamaan Gauss pada semua titik *sampling*. Hal ini dikarenakan data-data yang diperoleh melalui BMG Serang adalah data-data meteorologi dalam bentuk nilai rata-rata dalam 1 bulan.
- b) Konversi kecepatan angin dari satuan knots  $\rightarrow$  m/s :  
 $1 \text{ knots} = 0,51444 \text{ m/s}$ .
- c) Kelas stabilitas atmosfer berdasarkan analisa kondisi meteorologi diatas menurut Tabel 2.5. adalah B.



**TABEL 4.25.**

**Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 1/Oktober 2003)**

<i>Stack</i>	$\Delta H$ (m)	H (m)	$S_y$ (m)	$S_z$ (m)	$X_{downwind}$ (km)	$Y_{crosswind}$ (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
A	178,45	203,45	0	0	0	0	0	0	0	0
B	44,61	82,61	13	7,27	0,060	0,370	0	0	0	0
C	36,76	74,76	0	0	0	0	0	0	0	0
D	708,11	788,11	0	0	0	0	0	0	0	0
E	484,22	537,22	102	61,38	0,620	1,100	2,77E-19	0	2,77E-13	0
F1	44,61	64,61	138	89,02	0,870	0,700	3,03E-06	2,76E-08	3,033121	0,027637
F2	481,64	503,64	149	98,14	0,950	0,410	2,44E-08	0	0,024433	0
G	78,07	97,07	97	58,17	0,590	0,200	3,31E-05	0	33,17429	0
								$\Sigma$	36,23185	0,02764

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai  $S_y$  diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai  $S_z$  diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 1) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

4.7.3. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 2 Dengan Tiap Stack (Jum'at / 17 Oktober 2003)

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 2 :

TABEL 4.26.  
Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 2/Oktober 2003)

Stack	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	X <sub>downwind</sub> (km)	Y <sub>crosswind</sub> (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
A	178,45	203,45	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	44,61	82,61	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	36,76	74,76	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	708,11	788,11	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	484,22	537,22	16	8,82	0,080	1,030	0	0	0	0	
F1	44,61	64,61	58	31,44	0,330	0,630	3,21E-06	2,9E-08	3,218606	0,029327	
F2	481,64	503,64	70	39,41	0,410	0,340	2,37E-37	0	2,37E-31	0	
G	78,07	97,07	11	6,52	0,050	0,130	7,68E-51	0	7,68E-45	0	
Sumber : Data primer hasil perhitungan									$\Sigma$	3,218606	0,02933

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 2) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**4.7.4. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 3 Dengan Tiap Stack (Jum'at / 17 Oktober 2003)**

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 3 :

**TABEL 4.27.**  
**Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 3/Oktober 2003)**

Stack	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	Xdownwind (km)	Ycrosswind (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
A	178,45	203,45	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	44,61	82,61	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	36,76	74,76	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	708,11	788,11	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	484,22	537,22	47	24,70	0,260	0,480	1,2E-104	0	1,2E-98	0	
F1	44,61	64,61	85	49,71	0,510	0,080	4,89E-06	4,46E-08	4,89592	0,04461	
F2	481,64	503,64	97	58,17	0,590	0,210	1,73E-18	0	1,73E-12	0	
G	78,07	97,07	42	21,89	0,230	0,420	4,41E-08	0	0,04412	0	
Sumber : Data primer hasil perhitungan									$\Sigma$	4,94004	0,0446

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 3) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**4.7.5. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 4 Dengan Tiap Stack (Jum'at / 17 Oktober 2003)**

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 4 :

**TABEL 4.28.**  
**Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 4/Oktober 2003)**

Stack	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	X <sub>downwind</sub> (km)	Y <sub>crosswind</sub> (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
A	178,45	203,45	42	22	0,230	0,140	8,68E-23	0	8,68E-17	0	
B	44,61	82,61	52	28	0,290	0,080	0	0	0	0	
C	36,76	74,76	42	22	0,230	0,290	3,03E-07	0	0,302894	0	
D	708,11	788,11	29	15	0,150	0,760	0	0	0	0	
E	484,22	537,22	135	86,76	0,850	0,810	3,00E-11	0	3E-05	0	
F1	44,61	64,61	170	122,14	1,100	0,410	2,03E-06	1,8E-08	2,028137	0,01848	
F2	481,64	503,64	181	131,76	1,180	0,120	5,27E-06	0	5,270499	0	
G	78,07	97,07	131	83,39	0,820	0,090	3,52E-05	0	35,24366	0	
									$\Sigma$	42,84522	0,018

Sumber : Data primer hasil perhitungan

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 4) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup> → ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

4.7.6. Perhitungan Konsentrasi Teoritis Antara Titik 5 Dengan Tiap Stack (Jum'at / 17 Oktober 2003)

Dengan cara dan metode yang sama seperti pada titik 1, berikut adalah hasil perhitungan pada titik 5 :

TABEL 4.29.  
Perhitungan dengan Persamaan Gauss (Titik 5/Oktober 2003)

Stack	$\Delta H$ (m)	H (m)	Sy (m)	Sz (m)	Xdownwind (km)	Ycrosswind (km)	C. SO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	C. SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C. NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
A	178,45	203,45	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	44,61	82,61	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	36,76	74,76	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	708,11	788,11	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	484,22	537,22	0	0	0	0	0	0	0	0	
F1	44,61	64,61	11	6,03	0,050	0,150	9,38E-29	8,54E-31	9,38E-23	8,54E-25	
F2	481,64	503,64	25	13,52	0,130	0,440	1,88E-302	0	1,9E-296	0	
G	78,07	97,07	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sumber : Data primer hasil perhitungan									$\Sigma$	9,38E-23	8,5E-25

Keterangan :

- Nilai  $\Delta H$  diperoleh melalui persamaan II.10
- Nilai H diperoleh melalui persamaan II.9.
- Nilai Sy diperoleh melalui persamaan II.7.
- Nilai Sz diperoleh melalui persamaan II.8.
- X dan Y merupakan jarak *downwind* dan *crosswind* antara lokasi *sampling* (titik 5) dengan masing-masing *stack*.
- Nilai C (SO<sub>2</sub>/ NO<sub>2</sub>) diperoleh melalui persamaan II.6. (dalam satuan g/m<sup>3</sup>). Untuk konversi satuan dari g/m<sup>3</sup>  $\rightarrow$  ..... \* 10<sup>6</sup>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .