

STUDI PENYEBARAN SO₂ DI PT. SEMEN PADANG DENGAN AERMOD

STUDY DISTRIBUTION OF SO₂ IN CEMENT PADANG FACTORY BY AERMOD

Vera S. Bachtiar, Suarni S. Abuzar, Mismarni D, Siska

Abstrak

Salah satu cara untuk mengetahui pola penyebaran polutan pada industri selain pengukuran langsung ke lapangan adalah dengan menggunakan model. Pemanfaatan model ini dapat menghemat biaya dan waktu yang harus dikeluarkan. Akurasi pola penyebaran dengan menggunakan model sangat tergantung kepada data yang dimasukkan, seperti data emisi, data meteorologi dan data reseptor. Aermოდ (American Meteorology Society/ EPA Model) adalah salah satu model untuk memprediksi penyebaran polutan dari industri. Studi kasus penelitian adalah PT. Semen Padang dan zat pencemar yang diteliti adalah SO₂. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sejauh mana program Aermოდ dapat diterapkan di lapangan dan mengetahui kinerja Aermოდ dalam memprediksi pola penyebaran polutan. Analisis dilakukan dengan membandingkan data konsentrasi SO₂ hasil perhitungan Aermოდ dengan hasil pengukuran lapangan. Pengukuran dilakukan pada tiga titik sampling dengan tiga kali pengukuran di setiap titik. Berdasarkan uji t test untuk Aermოდ dan pengukuran diperoleh keputusan bahwa Aermოდ cukup valid untuk memprediksi penyebaran SO₂ dari PT. Semen Padang, sehingga Aermოდ dapat diterapkan di lapangan.

Kata kunci: pola penyebaran SO₂, sumber titik, Aermოდ, pengukuran lapangan

Abstract

One way to identify pollutant distribution from industries is by modelling, besides monitoring on site. The use of a model can reduce finance and time. However, the accuracy of the model depends on input data, such as emission data, meteorological data and receptor positions. Aermოდ (American Meteorology Society / EPA Model) is a model to predict pollutants distribution from industries. The case study of the research is Cement Padang Factory with pollutant identified is sulphur dioxide (SO₂). Aim of the research is to analyse the usage of Aermოდ and to know the capability of Aermოდ for predicting a pollutant distribution pattern. Analysing include comparison between the predicted concentration of SO₂ by Aermოდ and monitored SO₂ concentrations data. Site monitoring is done in three sampling points and three times sampling in each sampling point. Based on statistical analysis by t-test, it can be concluded that Aermოდ is valid to predict SO₂ concentration distribution on site.

Keywords: SO₂ distribution pattern, sampling point, Aermოდ, site monitoring

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pola penyebaran jumlah dan jenis polutan yang jatuh di suatu wilayah dapat diketahui berdasarkan hasil pengukuran pada lokasi-lokasi yang dipilih secara aktual. Tetapi pola penyebaran tersebut dapat juga dibuat dengan menggunakan pemodelan. Pemanfaatan model ini dapat menghemat tenaga dan biaya yang harus dikeluarkan dibandingkan dengan pengukuran aktual tersebut. Akan tetapi akurasi pola penyebaran menggunakan model sangat tergantung dari analisis data meteorologi, pemilihan titik reseptor arah x dan y, akurasi pengukuran data meteorologi, dan asumsi-asumsi yang digunakan.

Aermod (American Meteorology Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model) adalah model dispersi yang dikembangkan oleh EPA bekerja sama dengan lembaga meteorologi Amerika. *Aermod* merupakan salah satu model yang digunakan untuk memprediksi pola penyebaran polutan dengan mengestimasi konsentrasi pada wilayah tinjauan tertentu dengan mensimulasikan kondisi atmosfer dan meteorologi. *Aermod* model dapat digunakan untuk berbagai variasi kondisi sumber dan reseptor.

Untuk mengetahui kinerja program *Aermod* dalam memprediksi penyebaran konsentrasi dan menganalisis sejauh mana program ini dapat diterapkan di lapangan, maka dilakukan penelitian mengenai analisis penerapannya. Studi kasus adalah penyebaran gas SO_2 dari beberapa sumber titik di PT. Semen Padang. Dipilihnya SO_2 karena kegiatan industri merupakan sumber yang paling besar menghasilkan gas SO_2 .

1.2 Perumusan Masalah

Pada saat ini belum pernah dipakai suatu program untuk memprediksi penyebaran konsentrasi polutan khususnya SO_2 di PT Semen Padang untuk tiap jangka waktu tertentu. Padahal dengan menggunakan suatu program seperti *Aermod*, PT Semen Padang bisa memprediksi konsentrasi SO_2 kapan saja tanpa perlu terjun ke lapangan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara kerja program *Aermod*
2. Menganalisis nilai konsentrasi yang dihasilkan oleh *Aermod* dengan cara membandingkannya dengan konsentrasi hasil sampling di lapangan.
3. Mempelajari sejauh mana program ini dapat diterapkan di lapangan, khususnya PT Semen Padang.

1.4 Batasan Masalah

1. Mempelajari penggunaan program *Aermod* untuk memprediksi konsentrasi polutan dari sumber industri.
2. Studi kasus adalah PT. Semen Padang dengan zat pencemar gas SO_2 .
3. Melakukan pengukuran (sampling) gas SO_2 ambien di sekitar pabrik dengan metoda *Pararosaniline-spektrofotometer* dan membandingkannya dengan baku mutu udara ambien.

- 4 Hasil prediksi penyebaran konsentrasi SO_2 dengan program Aermod dibandingkan dengan pengukuran udara ambien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

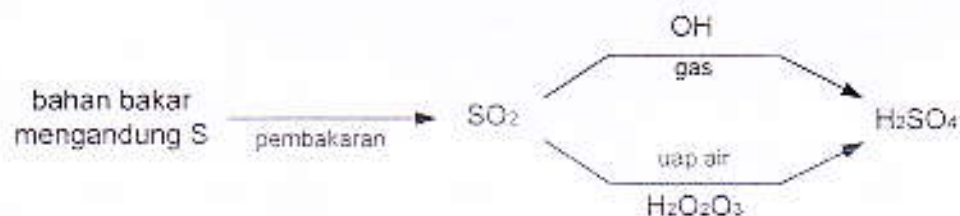
Di dalam keputusan Menteri KLH No 02/MenKLH/I/1998 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Udara Lingkungan disebutkan bahwa "pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya".

2.1. Gas Sulfur Dioksida

Beberapa karakteristik fisika Sulfur dioksida (SO_2) yang penting adalah :

- ⇒ Berat molekul = 64,063
- ⇒ 1 mol SO_2 = 0,064063 kg
- ⇒ Titik didih pada 101.325 Kpa = -10°C
- ⇒ Kerapatan absolut pada 101.325 Kpa dan 25°C = $2,668 \text{ kg/m}^3$
- ⇒ Pada temperatur ruangan dan tekanan atmosfer SO_2 bersifat tidak berbau dan berwarna

SO_2 merupakan salah satu gas penyebab hujan asam. SO_2 bereaksi di atmosfer, dapat bertindak sebagai reduktor maupun oksidator dengan jalan seperti terlihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Proses Pembentukan Hujan Asam
(de Nevers, 1985)

Menurut Peavy & Rowe (1985), gas SO_2 , asam *sulfuric* (H_2SO_4) dan garam sulfat dapat berpengaruh kepada manusia, tumbuhan dan material. Efek terhadap manusia, dapat menyebabkan gangguan pernafasan yang serius pada manusia. SO_2 yang terkombinasi dengan partikulat dan kelembaban sangat berbahaya karena dapat masuk dan menyebabkan iritasi pada paru-paru. Selain itu dapat membantu terjadinya pengurangan visibilitas karena adanya berbagai aerosol akibat reaksi fotokimia antara partikulat, SO_2 , Oksida Nitrogen dan Hidrokarbon di atmosfer.

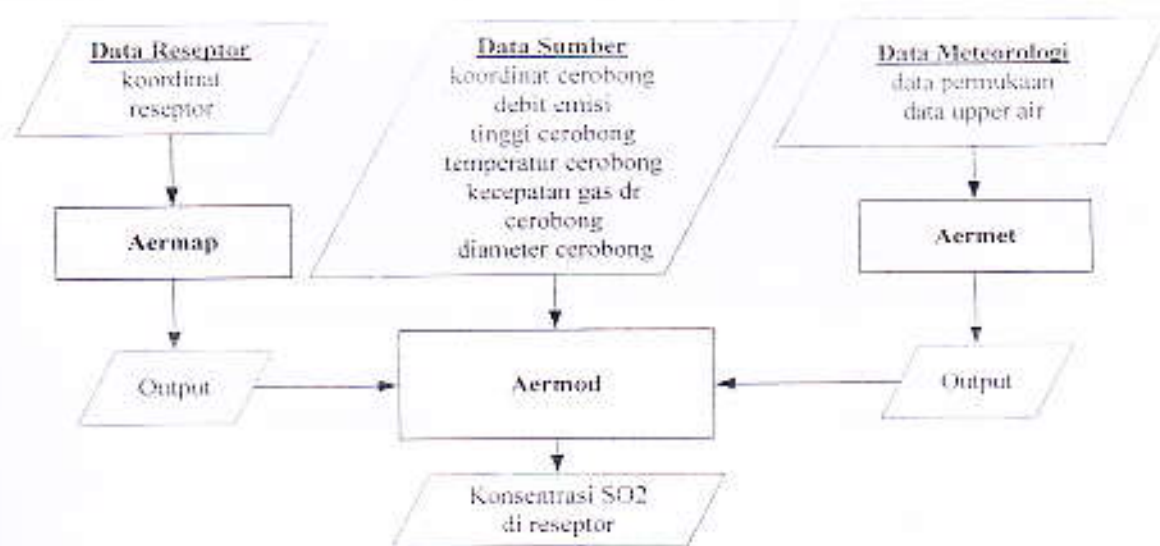
Efek SO_2 pada tumbuhan dapat bersifat kronis atau akut. Efek kronis terjadi akibat paparan dengan konsentrasi rendah pada waktu yang lama, menyebabkan daun menjadi kecoklatan, hal ini akan mengakibatkan gangguan pada proses fotosintesis.

Efek pada material, hujan asam dapat merusak material bangunan, khususnya yang mengandung karbonat. Gypsum yang terbentuk mempunyai sifat dapat larut dalam air, sehingga dapat terbilas dan warna menjadi hilang. Selain itu hujan asam dapat merusak katun, linen, rayon dan nilon. SO_2 juga dapat mempercepat korosi pada logam seperti besi, baja, seng, *copper* dan nikel.

2.3 Model Penyebaran Pencemar Udara

Menurut Turner (1994) model dispersi yang baik sangat bermanfaat untuk melakukan prediksi penyebaran polutan. Salah satu model yang dapat digunakan untuk memprediksi penyebaran polutan ini adalah Aermod.

Aermod merupakan model dispersi yang berbasis persamaan Gauss yang dapat mensimulasikan kondisi dataran yang rumit (*complex terrain*) dengan menggunakan preprosesor Aermap. Menghitung parameter meteorologi secara lebih mendalam dengan preprosesor Aermet sehingga dapat mensimulasikan kondisi atmosfer dengan lebih tepat. Dapat mensimulasikan pengaruh bangunan terhadap penyebaran polutan. Aliran dan proses informasi dalam Aermod dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Aliran Data dalam Sistem Aermod
(Anonim, 1998)

2.4. Analisis Statistika

Analisis statistika digunakan untuk mengolah sejumlah data sehingga data tersebut dapat dilihat keterkaitannya satu sama lain. Keterkaitan antar data meliputi hubungan korelasi, penyimpangan data, kesamaan dan perbedaan data, dan lain-lain. Dalam penelitian ini, analisis statistika yang dilakukan adalah uji t-test (Suroso, 1987). Sebaran t didefinisikan sebagai berikut: Bila \bar{x} dan s^2 masing-masing adalah nilai tengah dan ragam suatu contoh

peubah acak berukuran n yang diambil dari suatu populasi normal dengan nilai tengah μ dan ragam σ^2 , maka :

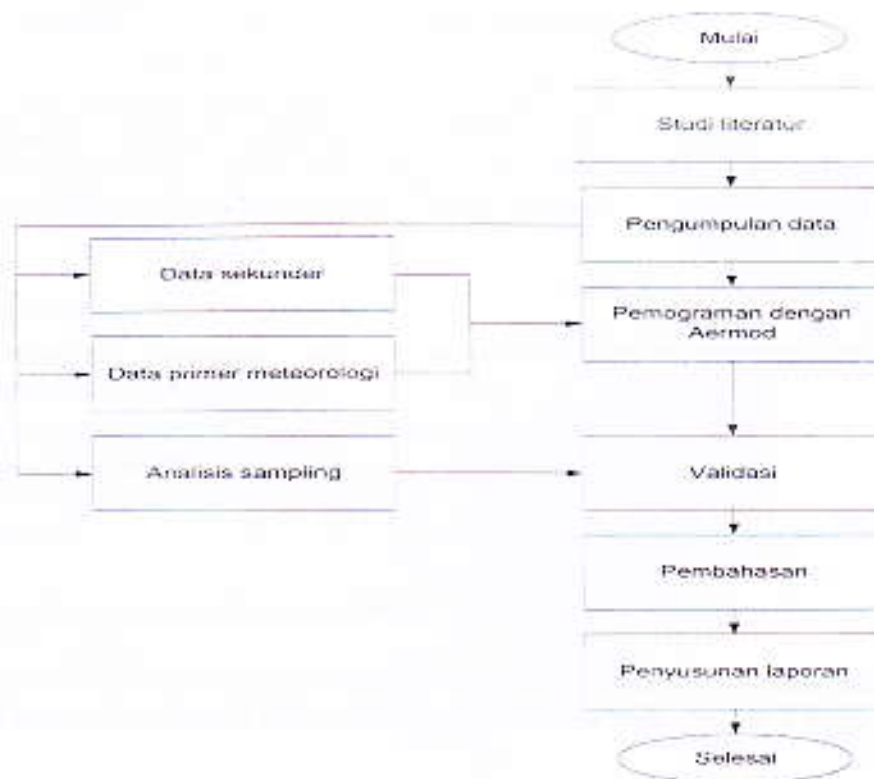
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Wilayah kritik adalah wilayah dimana nilai t tidak dapat diterima dengan tingkat kepercayaan tertentu, tingkat kepercayaan = $(1-\alpha)\%$. Dengan membandingkan nilai t yang didapat dengan nilai t pada wilayah kritik untuk tingkat kepercayaan dan derajat bebas tertentu dapat ditentukan apakah suatu hipotesis dapat diterima atau tidak (Walpole, 1990).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metodologi penelitian diperlukan agar penelitian yang dilakukan berjalan secara sistematis sehingga dapat dicapai tujuan dan manfaat yang diharapkan. Urutan metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3.2. Pengumpulan Data

3.2.1. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan adalah :

- * Data kondisi umum PT. Semen Padang yang berguna untuk penulisan penelitian dan studi pendahuluan.
 - * Peta pabrik dan lingkungan PT. Semen Padang yang berguna untuk menentukan lokasi sampling SO_2 dan bangunan di sekitar cerobong yang mempengaruhi dispersi.
 - * Data masukan untuk program Aermod yang terdiri dari :
 - ⇒ Data sumber, yang terdiri dari : jumlah *stack*, koordinat cerobong, debit emisi, tinggi cerobong, temperatur cerobong, kecepatan gas buang dari cerobong, diameter dalam cerobong, serta tinggi dan lebar bangunan di sekitar cerobong.
 - ⇒ Debit emisi dihitung dengan persamaan :
$$qsSO_2 = 2,78 \cdot 10^{-7} \cdot [SO_2] \cdot Qs \dots\dots\dots (3.1)$$
Dimana $qsSO_2$ = Debit emisi cerobong (g/det)
 $2,78 \cdot 10^{-7}$ = Angka konversi
 $[SO_2]$ = Konsentrasi SO_2 di cerobong (mg/m^3)
 Qs = Besar aliran gas cerobong (m^3/jam)
 - ⇒ Kecepatan alir gas (Vs) dalam cerobong dihitung dengan persamaan :
$$Vs = (Qs / A) \cdot 2,78 \cdot 10^{-4} \dots\dots\dots (3.2)$$
Dimana A = Luas melintang cerobong
 $2,78 \cdot 10^{-4}$ = Angka konversi
 - ⇒ Data reseptor, yang terdiri dari koordinat reseptor
- Semua data sekunder diatas diperoleh dari PT. Semen Padang.
- * Data pengukuran udara atas (*upper air*) kota Padang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Tabing, Padang.

3.2.2. Data Primer Meteorologi

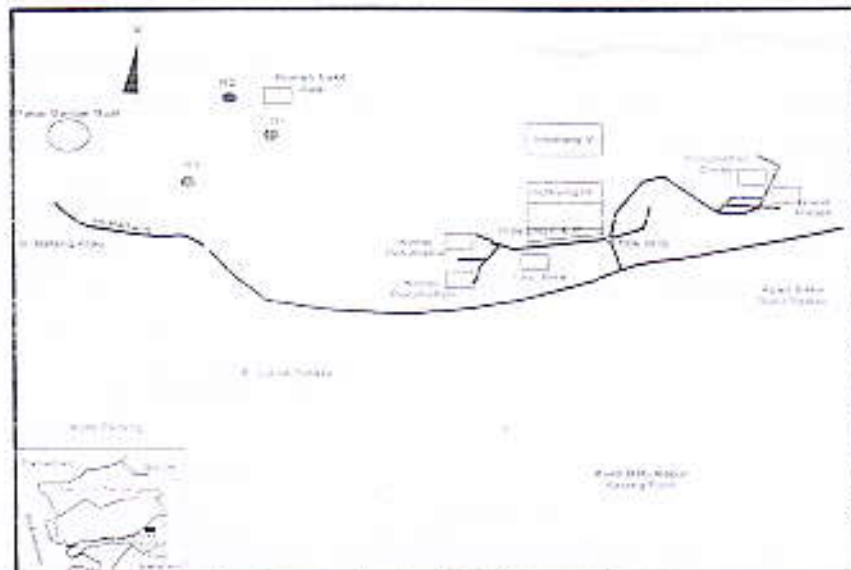
Data meteorologi diperlukan untuk input Aernet. Data meteorologi yang diukur di lapangan adalah data meteorologi *surface*, yaitu :

- ⇒ Kecepatan angin (m/detik), dengan alat anemometer
- ⇒ Temperatur ambien
- ⇒ Kelembaban udara relatif
- ⇒ Arah angin

3.2.3. Data Primer Sampling Ambien

a. Lokasi Sampling

Sampling ambien dilakukan pada titik-titik yang dianggap mewakili konsentrasi terbesar di pabrik ini. Adapun lokasi titik sampling dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Lokasi Titik Sampling

b. Jadwal Sampling

Sampling dilakukan pada tanggal 28 April 2003.

c. Metoda Sampling SO₂ Ambien

Metode yang digunakan untuk sampling di lapangan adalah metode *pararosaniline - spektrofotometer*.

Prinsip Sampling SO₂ Ambien

SO₂ di udara diserap oleh larutan Kalium atau *Natrium Tetra Chloro Merkurate* (TCM) akan membentuk senyawa kompleks *Dichloro Sulfito Merkurate*. Senyawa kompleks yang terbentuk ini tahan terhadap oksidasi oleh oksigen. Selanjutnya senyawa ini direaksikan dengan *Pararosaniline* dan *Formaldehid* yang akan membentuk senyawa kompleks *Pararosaniline Methyl Sulfonat* yang berwarna ungu pada pH $1,6 \pm 0,1$. Peralatan sampling disusun seperti gambar 5 berikut.



Gambar 5. Susunan Peralatan Sampling Gas SO₂

Pereaksi yang digunakan

- * Larutan penyerap TCM 0,04 M
Dilartukan 10,86 gram Merkuri Chlorida $HgCl_2$, 5,96 gram KCl, 0,066 gram EDTA dalam aquadest, kemudian diencerkan hingga volume 1 liter. KCl dapat digantikan oleh NaCl 4,68 gram. pH larutan penyerap ini tidak boleh lebih kecil dari 5,2. nilai pH yang lebih rendah akan menyebabkan efisiensi penyerapan SO_2 yang lebih rendah. Jika perlu ditambahkan larutan basa tetes demi tetes untuk menaikkan pH. Larutan penyerap ini dapat bertahan 6 bulan, selama tidak terjadi pengendapan.
- * Larutan Asam Sulfamat
Dilartukan 0,6 gram Asam Sulfamat dalam 100 ml aquadest. Larutan ini dapat digunakan untuk beberapa hari dengan cara menghindarkannya kontak langsung dengan udara.
- * Larutan Stock pararosaniline
Pararosaniline yang digunakan harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :
Pararosaniline harus mempunyai panjang gelombang maksimum 540 nm. jika dilarutkan di dalam larutan buffer natrium asetat-asam asetat 0,1 M dengan menggunakan pereaksi sebagai blanko. Untuk membuat larutan Pararosaniline 0,2%, ditimbang 0,2 gram pararosaniline yang telah memenuhi spesifikasi tersebut diatas dan larutkan pararosanilin kedalam 100 ml HCl 1 N.
- * Larutan pereaksi pararosaniline
Dalam labu ukur 250 ml. masukkan 20 ml larutan stock pararosaniline 0,2%. Untuk variasi A, tambahkan Asam Posfat 3 M dan encerkan dengan aquadest hingga volumenya tepat 250 ml. Untuk variasi B, tambahkan 200 ml Asam Posfat 3 M, kemudian encerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- * Larutan Formaldehyde 0,2%
Encerkan 5 ml Formaldehida 40 % dengan aquadest hingga volumenya 1 liter.
Pereaksi ini harus dibuat tiap hari.

Prosedur pengerjaan

Larutan penyerap TCM 0,04 M 10 ml dimasukkan ke dalam tabung Midget Impinger, kemudian disusun peralatan sampling seperti pada gambar 5 di atas. Sampling dilakukan dengan kecepatan aliran udara 0,5 l/menit selama 60 menit. Selama sampling berlangsung tabung midget impinger ditutup dengan Aluminium Foil untuk mencegah penguraian SO_2 oleh sinar matahari. Setelah sampling berakhir, larutan TCM tersebut dipindahkan ke dalam wadah penyimpanan untuk dibawa ke laboratorium.

Larutan TCM dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml, gunakan 5 ml aquadest untuk pembilas. Untuk menghilangkan gangguan ozon, biarkan larutan selama 20 menit. Kemudian tambahkan 1 ml larutan Asam Sulfamat 0,6 % dan biarkan bereaksi selama 10 menit untuk menguraikan oksida nitrogen. Setelah 30 menit, ukur intensitas warna yang terjadi dengan spektrofotometer.

Perhitungan :

$$Ppm = \frac{[(A+0,016) \cdot V \cdot (T+273) \cdot 22,4]}{(1,13257 \cdot Q \cdot t \cdot 273 \cdot 64)} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$A = \text{Log}10 \frac{(Tr)}{100} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

- A = Absorban sampel
- T = Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
- Tr = *Transmittance* (banyaknya penyinaran) (%)
- V = Volume penyerap
- 22,4 = volume pada kondisi standar pada 25°C , 760 mmHg (l)
- Q = Laju atau kecepatan aliran untuk menyerap (l/menit)
- t = Lamanya pengukuran (menit)
- 273 = temperatur pada saat 0°C (K)
- 64 = Berat molekul SO_2

Konversi satuan ppm ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ digunakan persamaan:

$$\text{ppm} = \frac{(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}) \cdot R \cdot T_{as}}{P \cdot \text{BM}} \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana

- R = konstanta gas = $0,0831 \text{ mb m}^3(\text{g mol})^{-1} \text{ K}^{-1}$
- T_{as} = temperatur absolut (temperatur pada volume standar) = 298 K
- P = tekanan atmosfer pada volume standar = 1 atm = 1.013 mb

Persamaan tersebut disederhanakan, sehingga menjadi :

$$\text{ppm} = \frac{\mu\text{g} / \text{m}^3 \cdot 24,45}{\text{BM}} \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(3.6)$$

Hasil sampling dapat disimpan selama 30 hari, jika disimpan pada temperatur 5°C . Pada temperatur 25°C terjadi penurunan SO_2 sebesar 1,5% perhari.

3.3 Perhitungan Konsentrasi SO_2 dengan Program Aermod

Langkah perhitungan yang dilakukan adalah :

- Menyiapkan data untuk AERMET
- Menjalankan program AERMET
- Menyiapkan input AERMOD
- Menjalankan AERMOD

3.4 Validasi Data Aermod

3.5 Perbandingan Konsentrasi SO₂ dengan Baku Mutu

Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 tanggal 26 Mei 1999 dimana baku mutu udara ambien untuk SO₂ adalah 900 µg/m³ dengan lama pengukuran 1 jam.

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Konsentrasi SO₂

Perhitungan konsentrasi SO₂ meliputi perhitungan SO₂ hasil sampling dan perhitungan SO₂ dengan program Aermod.

4.1.1 Perhitungan Konsentrasi SO₂ Hasil Sampling

Data primer meteorology untuk perhitungan konsentrasi SO₂ di lapangan dapat dilihat pada table 4.1.

Tabel 4.1. Data Meteorologi Serin 28 April 2003

No	Reseptor	Waktu	Temperatur (K)	Kecepatan Angin (m/sec)	Arah angin	Kelembaban (%)	Cuaca
1	R 1	10.00	307	1.0	barat ke timur	49	Berawan
2	R 1	17.05	302	1.3	timur ke barat	66	Mendung
3	R 1	19.07	299	1.2	timur ke barat	71	Cerah
4	R 2	11.00	305	1.2	barat ke timur	50	Berawan
5	R2	15.50	302	1.3	Barat ke timur	65	berawan
6	R 2	20.45	301	1.4	timur ke barat	75	Cerah
7	R 3	12.00	305	1.2	barat ke timur	58	Gerimis
8	R 3	14.00	305	1.3	barat ke timur	69	Mendung
9	R 3	22.00	297	1.3	timur ke barat	75	Cerah

Sumber: Hasil Pengukuran

Perhitungan Konsentrasi SO₂ dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.3) – (3.6) dengan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Konsentrasi SO₂ Hasil Sampling

No.	Titik Sampling	Koordinat	Waktu Sampling	Konsentrasi SO ₂		Konsentrasi SO ₂ rata-rata, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
				Ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
1	R1		10.00	0.02200	57.6	
2	R1	(-1771,43 ; 571,43)	17.00	0.01961	51.33	66,81
3	R1		19.00	0.03496	91,51	
4	R2		11.00	0.01079	28,25	
5	R2	(-2000 ; 857,14)	15.50	0.00848	22,21	32,90
6	R2		20.45	0.01843	48,25	
7	R3		12.00	0.02080	54,45	
8	R3	(-2171,43 ; 257,14)	14.00	0.01612	42,21	65,81
9	R3		22.00	0.03777	98,87	

Sumber : Perhitungan

4.1.2 Perhitungan Konsentrasi SO₂ dengan Aermod

Perhitungan konsentrasi SO₂ dengan Aermod meliputi persiapan file input aermod, yaitu data sumber dan data meteorology, serta perhitungan oleh program aermod.

Data Sumber

Data sumber meliputi debit emisi cerobong, kecepatan alir gas dari cerobong dan data fisik cerobong seperti terlihat pada table 4-3 dan 4,4.

Tabel 4.3. Debit Emisi dan Kecepatan Alir Gas Cerobong PT. Semen Padang

No.	Pabrik	Debit Emisi SO ₂ (g/detik)			Kecepatan Alir Gas Keluar dari Cerobong			
		Minimum	maksimum	rata-rata	Diameter (m)	A (m ²)	Qs (m ³ /jam)	Vs (m/det)
1	Indarung II	10,22	11,55	10,98	2,8	6,15	219500	9,922
2	Indarung III	10,10	13,54	11,77	2,8	6,15	219500	9,922
3	Indarung IVA	9,96	12,95	11,68	3,5	9,62	192683	5,568
4	Indarung IVB	18,38	19,16	18,77	3,2	8,04	347313	12,009
5	Indarung V	31,31	52,38	38,33	4,5	15,90	685469	11,985

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.4. Data Fisik Cerobong

No	Pabrik	Koordinat		Tinggi cerobong (mm)	Diameter (mm)	Kondisi Gas		
		X	Y			Temperatur (K)	Emission Rate (m ³ /jam)	Tekanan (Kpa)
1	Indarung II	-107,8	64	50400	2800	383	219500	100,72
2	Indarung III	-107,8	103	50400	2800	383	219500	100,72
3	Indarung IVA	-114,2	286	63445	3500	375	192683	100,58
4	Indarung IVB	-132,2	263	78110	3200	373	347313	100,42
5	Indarung V	-37,8	698	107800	4500	388	685469	100,08

Sumber : PT. Semen Padang, 2003

Data Meteorologi

Data meteorologi yang digunakan adalah data meteorologi hasil pengukuran lapangan pada tanggal 28 April 2003 (table 4.1) dan data udara atas (*upper air*) (table 4.5).

Tabel 4.5. Data Udara Atas (*Upper Air*) (meteorology), 28 April 2003

No.	Tekanan Udara (mb)	Tinggi dr muka tanah (m)	Temperatur (°C)	Arah angin (°)	Kecepatan angin (m/detik)
1	1008,2	2	24,6	0	0
2	1000	72	24,0	48	1,4
3	925	756	22,1	218	1,6
4	850	1488	17,3	65	9,6
5	700	3132	9,8	115	2,8
6	600	4401	3,1	100	7,9
7	500	5860	-4,2	91	15,2
8	400	7594	-13,1	61	11,1
9	300	9731	-27,3	56	6,8
10	250	11023	-35,5	97	9,1
11	200	12381	-56,0	97	23,7
12	175	13407	-53,4	91	8,1
13	150	14383	-60,5	75	10,2
14	125	15495	-68,7	58	14,2
15	100	16800	-77,6	40	18,1
16	80	18058	-80,1	19	7,9
17	70	18809	-82,5	355	4,7
18	60	19675	-79,7	312	5,9
19	50	20712	-80,5	359	6,3
20	40	21960	-83,3	325	5,4
21	30	23588	-73,7	320	7,2
22	20	26031	-64,1	342	9,6

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Tabing, 2003

b. Hasil Perhitungan dengan Aermod

Setelah program Aermod dijalankan didapatkan konsentrasi SO₂ di titik-titik reseptor seperti terlihat pada tabel 4.6 berikut.

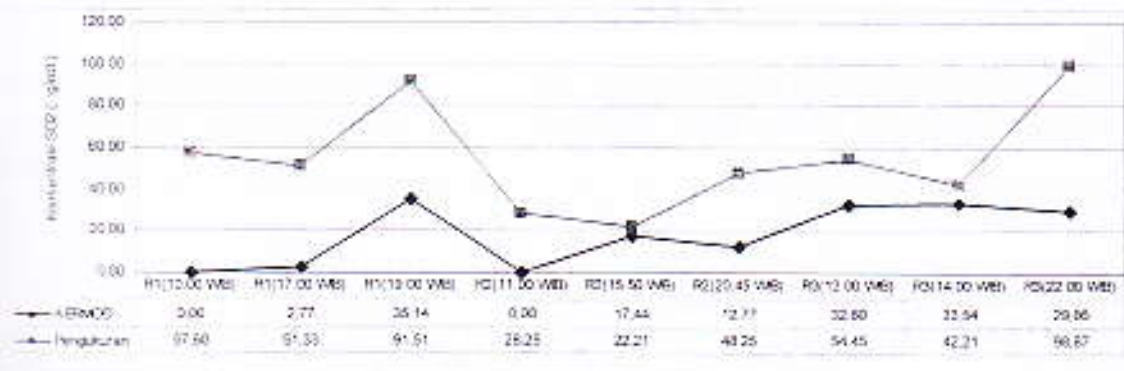
Tabel 4.6. Konsentrasi SO₂ Hasil Perhitungan dengan Aermod

No.	Titik Sampling	Koordinat	Waktu Pengukuran	Konsentrasi SO ₂ µg/m ³	Konsentrasi SO ₂ rata-rata µg/m ³
1			10.00 WIB	0,0	
2	R1	(-1771,43 ; 571,43)	17.00 WIB	2,77243	11,34381
3			19.00 WIB	35,13514	
4			11.00 WIB	0,0	
5	R2	(-2000 ; 857,14)	16.00 WIB	17,43900	9,7278
6			21.00 WIB	12,76925	
7			12.00 WIB	32,80029	
8	R3	(-2171,43 ; 257,14)	14.00 WIB	33,54381	27,84058
9			22.00 WIB	29,86082	

Sumber : Perhitungan

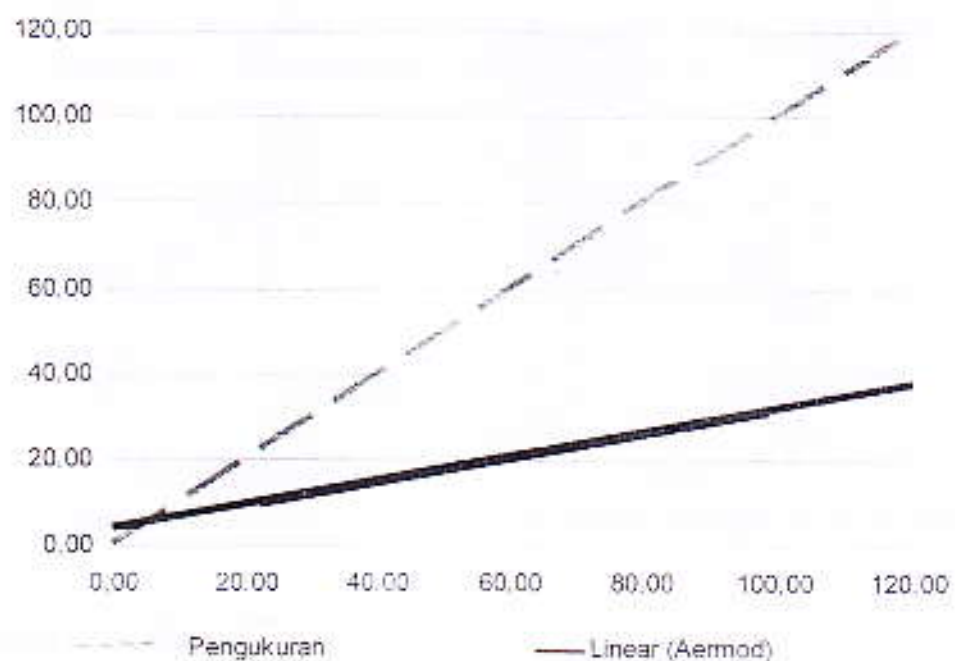
4.2 Perbandingan Aermod dengan Sampling secara Statistik

Pada gambar 6 dapat dilihat konsentrasi SO₂ dari aermod dan sampling. Konsentrasi terbesar pada sampling terdapat pada R3 pukul 22.00 WIB yaitu 98,87 µg/m³, sedangkan yang terendah pada R2 pukul 16.00 WIB sebesar 22,21 µg/m³. Sementara itu prediksi dengan aermod menunjukkan konsentrasi tertinggi pada R1 pukul 19.00 WIB sebesar 35,14 µg/m³ dan terendah pada R1 pukul 10.00 WIB dan R2 pukul 11.00 WIB yaitu 0 µg/m³. Secara keseluruhan terlihat konsentrasi prediksi aermod dengan rata-rata 18,26 µg/m³ bernilai lebih kecil dari sampling yang mempunyai rata-rata 54,96 µg/m³. Hal ini disebabkan aermod hanya memprediksi SO₂ dari emisi cerobong PT. Semen Padang saja, sementara hasil pengukuran di lapangan memungkinkan adanya sumber lain penghasil SO₂ yang terdeteksi oleh alat sampling. Analisis perbedaan kedua model dengan t-test, menghasilkan nilai 0.001 pada rentang kepercayaan 95%. Hasil ini lebih kecil dari nilai t-kritis 1.746. Secara statistik dapat dikatakan aermod mempunyai hasil yang tidak berbeda dengan sampling.



Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi SO₂ antara Aermod dengan Sampling

Perbandingan kecenderungan dari konsentrasi SO_2 antara Aermod dengan sampling di lapangan dapat ditinjau dengan melihat trendlines dari konsentrasi yang dihasilkan oleh Aermod dan sampling seperti terlihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Trendlines Aermod dan Sampling

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi, maka kedua output aermod dan sampling akan semakin menjauh. Hal ini dikuatkan pada konsentrasi tinggi yang terdeteksi oleh sampling di lapangan akan mengalami penyimpangan yang cukup besar dengan prediksi SO_2 dengan Aermod. Sementara itu pada konsentrasi yang rendah pada sampling, Aermod akan menghasilkan nilai prediksi yang justru lebih besar.

4.4 Perbandingan Konsentrasi SO_2 dengan Baku Mutu

Perbandingan konsentrasi SO_2 hasil prediksi dengan aermod dan pengukuran pada titik sampling dapat dilihat pada tabel 4.7. Perbandingan terhadap baku mutu dilakukan untuk pengukuran 1 jam.

Tabel 4.7. Perbandingan Konsentrasi SO₂ Hasil Pengukuran dan Aermod dengan Baku Mutu Udara Ambien

Titik Sampling	Waktu Pengukuran	[SO ₂] 1 jam (µg/m ³)	
		Aermod	Sampling
R1	10.00 WIB	0.00	57,60
	17.00 WIB	2.77	57,33
	19.00 WIB	35.14	91,51
R2	11.00 WIB	0.00	28,25
	16.00 WIB	17,44	22,21
	21.00 WIB	12,77	48,25
R3	12.00 WIB	32,80	54,45
	14.00 WIB	33,54	42,21
	22.00 WIB	29,86	98,87
Baku Mutu		900	

Sumber : Perhitungan dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.41 thn 1999

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Aermod adalah model dispersi untuk memprediksi penyebaran polutan dengan mengestimasi konsentrasi polutan pada suatu titik reseptor. Estimasi tersebut dilakukan dengan masukan data-data sumber, reseptor dan meteorologi.
2. Konsentrasi SO₂ rata-rata hasil prediksi dengan Aermod pada titik R1 adalah 11,34381 µg/m³, pada titik R2 adalah 9,7278 µg/m³, dan pada titik R3 adalah 27,84058 µg/m³. Konsentrasi terbesar terjadi pada titik R1 pada waktu pengukuran 19.00 WIB.
3. Hasil t test diperoleh nilai t = 0,001 untuk tingkat kepercayaan, 95%. Nilai ini berada di bawah nilai t-kritis 1,746, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara statistik Aermod cukup valid untuk memprediksi penyebaran SO₂ dari PT. Semen Padang.
4. Konsentrasi SO₂ ambien hasil pengukuran dan hasil prediksi oleh Aermod pada April 2003 masih berada di bawah baku mutu udara ambien.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang analisis penerapan program AERMOD untuk memprediksi penyebaran gas SO₂ dari PT. Semen Padang penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :

- ⇒ Agar program komputer untuk memprediksi penyebaran polutan dapat diterapkan secara efektif dan optimal, diperlukan data meteorologi yang direkam tiap jam. Untuk itu sebaiknya stasiun meteorologi melakukan pengukuran tiap jam dan melakukan pengamatan lain seperti yang dibutuhkan oleh model Aermod.

- ↳ PT. Semen Padang sendiri sebaiknya memiliki stasiun pemantau meteorologi untuk mengukur data meteorologi yang penting seperti arah dan kecepatan angin, temperatur dan tekanan udara. Karena topografi daerah PT. Semen Padang berbeda dari stasiun BMG menyebabkan data meteorologi juga berbeda.
- ↳ Sebaiknya *data base* tentang spesifikasi cerobong PT. Semen Padang selalu aktual karena data tersebut dapat berubah sejalan dengan usia produksi PT. Semen Padang. Untuk itu diperlukan pengukuran baru sehingga data masukan program lebih akurat.
- ↳ Sebaiknya pengukuran konsentrasi emisi untuk polutan gas dilakukan lebih sering. Hal ini diperlukan agar prediksi penyebaran gas dapat dilakukan dengan tepat.
- ↳ Sebagai upaya pemantauan kualitas udara ambien, PT. Semen Padang sebaiknya meninjau kembali titik-titik sampling ambien yang digunakan selama ini. Titik-titik sebaiknya tidak herada pada jarak berdekatan karena pemantauan menjadi tidak efektif. Selain itu untuk keakuratan prediksi penyebaran polutan sebaiknya PT. Semen Padang memiliki data yang lengkap mengenai koordinat semua titik sampling serta elevasi dari muka laut.
- ↳ Sebaiknya PT. Semen Padang mengaplikasikan salah satu model dispersi untuk industri guna memprediksi penyebaran polutan dan memprediksi konsentrasi polutan. Hal ini penting untuk pendugaan awal apabila terjadi perubahan terhadap proses produksi (seperti peningkatan produksi yang mengakibatkan terjadinya peningkatan emisi), pengembangan pabrik, atau perubahan terhadap letak dan spesifikasi cerobong. Konsentrasi polutan hasil prediksi tersebut dapat langsung dibandingkan dengan baku mutu udara ambien, sehingga dapat diambil langkah selanjutnya, selain itu juga dapat digunakan untuk menetapkan titik sampling yang efektif dan cukup representatif. Dengan melihat output model, dapat diketahui titik-titik dengan konsentrasi maksimum, titik kritis kronis maupun akut.
- ↳ Untuk pemakaian Aermod lebih lanjut di masa yang akan datang, diperlukan pengujian ulang dengan jumlah titik sample yang lebih banyak (di atas 30 sampel), sehingga benar-benar diketahui pola penyebaran konsentrasi oleh Aermod sebelum dapat dipakai oleh suatu instansi seperti PT. Semen Padang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Dana Rutin Universitas Andalas Tahun 20004 dengan kontrak no.: 050/J.16.PL/DIK/IV/2004. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Andalas dan pihak-pihak yang terkait atas terselenggaranya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1998. *Revised Draft For The AERMOD User's Guide*. US EPA. North Carolina, USA
- Anonim. 1998. *Revised Draft For The AERMOD Meteorological Preprocessor-AERMET*. US EPA. North Carolina. USA
- De Nevers, Noel. 1985. *Air pollution Control Engineering*, Mc Graw Hill, Inc. Singapore
- Peavy & Rowe. 1985. *Environmental Engineering*, McGraw-Hill Book of Company
- Suroso. 1987. *Statistika untuk Biologi, Farmasi, Kedokteran, dan Ilmu yang Bertautan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Turner, D Bruce. 1994. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. An Introduction to Dispersion Modeling*. Lewis Publisher. North Carolina. USA
- Walpole, Ronald E. 1990. *Pengantar Statistika*. PT. Gramedia. Jakarta,

