

# STUDI PENGARUH TEMPERATUR, KELEMBABAN DAN TEKANAN UDARA TERHADAP KADAR POLUTAN SO<sub>2</sub> DI SEPANJANG JALAN PALEMBANG-INDERALAYA

Nova Yuliasari \*, Miksusanti \*, Eviyanti

**Abstrak :** Analisa kadar SO<sub>2</sub> di udara sepanjang jalan Palembang-Inderalaya menggunakan metoda kompleks pararosanilin secara spektrofotometri tampak telah dilakukan. Cuplikan udara diserap impinger yang disambungkan dengan pompa vakum, masing-masing cuplikan diserap selama satu jam. Hasil penelitian menunjukkan kadar SO<sub>2</sub> tertinggi berada di kawasan pabrik sulfat yaitu 154,5 µg/M<sup>3</sup> (pagi); 226,0 µg/M<sup>3</sup> (siang) dan 201,1 µg/M<sup>3</sup> (sore). Kadar SO<sub>2</sub> terendah berada di Kertapati yaitu 63,2 µg/M<sup>3</sup> (pagi); 88,6 µg/M<sup>3</sup> (siang) dan 77,7 µg/M<sup>3</sup> (sore). Kecenderungan hasil penelitian menunjukkan kadar SO<sub>2</sub> siang hari selalu lebih tinggi dibanding pagi dan sore hari. Faktor kelembaban udara lebih mempengaruhi kadar SO<sub>2</sub> dibanding temperatur dan tekanan udara. Kadar polutan SO<sub>2</sub> yang terukur masih dibawah nilai ambang batas yang diizinkan sesuai KEP-03/MENKLH/II/1991 yaitu 260,0 µg/M<sup>3</sup>.

**Kata kunci :** SO<sub>2</sub>, polutan udara, impinger, pararosanilin, kelembaban udara.

**Abstract :** The analyzation of SO<sub>2</sub> in the air was done on Palembang-Inderalaya area by the complex of pararosaniline and it's measured by spectrometre Visible. Air sampling was taken by using impinger that was connected with vacuum pump in order to take each sample for one hour. The result of the research shows that the highest content of the SO<sub>2</sub>, which was absorbed by the impinger, was in the Sulphuric Factory area is about 154.5 µg/M<sup>3</sup> (morning); 226.0 µg/M<sup>3</sup> (day) and 201.1 µg/M<sup>3</sup> (afternoon). The lowest content of the SO<sub>2</sub> was found on Kertapati Palembang area which 63.2 µg/M<sup>3</sup> (morning); 88.6 µg/M<sup>3</sup> (day) and 77.7 µg/M<sup>3</sup> (afternoon). The tendency showed that SO<sub>2</sub> content in the day was higher than in the morning and afternoon. Air moisture factor was more influenced the content of SO<sub>2</sub> than temperature and air pressure The content of SO<sub>2</sub> pollutant in the area that was measured is below regarded KEP- 03/MENLKH/II/1991 is either 260.0 µg/M<sup>3</sup>.

**Key Words :** SO<sub>2</sub>, air pollutant, impinger, pararosaniline, air moisture



## PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan berubahnya susunan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan kegunaannya (MENLH, 1988). Susunan udara atmosfer normal mengandung  $\text{SO}_2$   $2 \times 10^{-9}$  % volume (Wardana, 1995). Konsentrasi  $\text{SO}_2$  antara 50 – 100  $\mu\text{g} / \text{mL}$  udara adalah konsentrasi maksimum yang diperbolehkan untuk kontak selama 30 menit, sedangkan bila mencapai 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  berbahaya walau kontak dalam waktu singkat.

Polutan  $\text{SO}_2$  berbahaya bagi kesehatan manusia karena menyebabkan gangguan saluran pernafasan di tenggorokan dan paru-paru, juga iritasi mata (Pringadie, 1999).  $\text{SO}_2$  juga akan menimbulkan kerusakan pada bahan atau bangunan karena dapat menyebabkan terjadinya hujan asam (Sastrawijaya, 1991).  $\text{SO}_2$  menyebabkan korosi logam, erosi permukaan bangunan dan merusak bahan tekstil dan kertas (Cormic, 1985). Nilai ambang batas (NAB)  $\text{SO}_2$  sesuai dengan SK Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup KEP-03/MENLKH/II/1991 adalah 260  $\mu\text{g}/\text{M}^3$  volume udara. Oksida sulfur merupakan pencemar yang paling umum, terutama ditimbulkan akibat pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur organik atau anorganik tinggi (Soedomo, 2001).

Gas  $\text{SO}_2$  kebanyakan disebabkan oleh pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur. Kadar sulfur dalam bahan bakar untuk kendaraan adalah; premium 0,015 % berat, premix 0,019 % berat dan solar 0,936 % berat, sedangkan batu bara 0,95 % berat ( JICA, 1997). Sumber  $\text{SO}_2$  yang berasal dari suatu pembakaran bahan bakar minyak dan proses industri yang mengandung sulfur tinggi diperkirakan memiliki kontribusi sebanyak sepertiga dari seluruh  $\text{SO}_2$  atmosfer pertahun (Soemirat, 2002).

Penelitian ini bertujuan melihat adakah pengaruh perubahan nilai parameter-parameter lingkungan yang biasa dicatat stasiun klimatologi BMG terhadap penyebaran kadar suatu polutan di udara, yaitu  $\text{SO}_2$ . Parameter yang dipelajari pada penelitian ini yaitu temperatur, kelembaban dan tekanan udara yang bervariasi secara alami pada pagi, siang dan sore hari. Penelitian ini diharapkan dapat membantu perkiraan perubahan kadar polutan gas  $\text{SO}_2$  di lingkungan bila terjadi pergantian cuaca ataupun musim yang menyebabkan perubahan nilai temperatur, kelembaban dan tekanan udara.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Pengambilan Cuplikan

Cuplikan udara diambil di sepanjang jalan antara Palembang dan Inderalaya tiap  $\pm 6$  KM. Setiap titik pengambilan cuplikan bertepatan dengan pabrik, terminal kendaraan ataupun perumahan sesuai keterangan



gambar 1 pada bab hasil dan pembahasan. Pada setiap titik cuplikan diambil pada pagi, siang dan sore hari secara triplo.

#### Teknik Pengambilan Cuplikan (SNI 19-4174-1996).

Cuplikan udara diambil secara ganda trap (seri) dengan peralatan tabung impinger yang telah berisi TCM yaitu natrium tetra kloro merkurat ( $\text{Na}_2\text{HgCl}_4$ ) 0,04 M sebanyak 50 mL. TCM bereaksi dengan  $\text{SO}_2$  membentuk kompleks dikloro sulfida  $[[\text{HgCl}_2\text{SO}_3]^{2-}]$ . Impinger dihubungkan dengan pompa vakum berkecepatan alir 600 mL/Menit selama satu jam. Setelah satu jam pompa dimatikan dan  $\text{SO}_2$  dalam cuplikan udara yang telah diserap disimpan di tempat gelap.

#### Teknik Pengukuran Parameter

Kelembaban, temperatur dan tekanan udara diperiksa secara bersamaan dengan tiap pengambilan cuplikan udara baik pagi, siang maupun sore. Parameter tersebut dicatat setiap 10 menit selama satu jam, kemudian dirata-ratakan. Jumlah kendaraan roda empat yang melintas dihitung secara manual selama satu jam pengambilan cuplikan. Kelembaban diperiksa dengan higrometer, temperatur dengan termometer dan tekanan udara diperiksa dengan barometer.

#### Standarisasi Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( SNI M-10-1990-F)

Larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,01 N sebanyak 20 mL dipipet secara triplo dan dimasukkan ke

erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 80 mL aquades. Larutan tersebut ditambahkan 2 g KI dan 1 mL HCl 1 N, kemudian dititrasikan dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N sampai berwarna kuning. Larutan tersebut ditambahkan indikator amilum 1-2 mL sampai timbul warna biru lalu titrasi dilanjutkan sampai terbentuk hijau muda, dan dicatat volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang digunakan. Normalitas  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dihitung dengan rumus :

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{A \times C}{B} \quad (1)$$

Keterangan :

A = mL  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,01 N

B = mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  untuk titrasi

C = Normalitas  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,01 N

#### Standarisasi Larutan $\text{SO}_2$ (SNI 19-4174-1996)

Larutan Iodine 0,01 N sebanyak 50 mL dipipet kemudian dimasukkan ke dalam 3 buah erlenmeyer. Erlenmeyer A berisi 10 mL aquades sebagai blanko dan erlenmeyer B & C masing-masing berisi 10 mL larutan induk  $\text{SO}_2$ , kemudian dititrasikan dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang telah diketahui konsentrasinya dengan amilum sebagai indikator. Titik akhir didapat pada saat warna biru tepat hilang. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  dihitung sebagai berikut

$$\frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \cdot \text{SO}_2 = \frac{(A - B)(N) \times 32.000}{V \text{SO}_2} \quad (2)$$

Keterangan :

A = volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  terpakai pada blanko



B = volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  terpakai pada  $\text{SO}_2$

N = Normalitas  $\text{SO}_2$

V = volume  $\text{SO}_2$

32.000 = faktor perkalian berat

ekivalen  $\text{SO}_2$  menjadi  $\mu\text{g}$

### Pembuatan Larutan Standar $\text{SO}_2$ (SNI-19-4174-1996)

Larutan  $\text{SO}_2$  yang telah distandarisasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dipipet sebanyak 0,25; 0,5; 1 dan 2 mL dimasukkan dalam labu ukur 50 mL. Masing-masing larutan diencerkan dengan 10 mL TCM, ditambahkan 10 mL asam sulfamat 0,6 % sambil dikocok dan dibiarkan 10 menit. Campuran tersebut kemudian ditambahkan 2 mL formaldehid ( $\text{HCOH}$ ) 0,2 % sehingga terbentuk  $\text{HO-CH}_2\text{SO}_3$ . Senyawa yang terbentuk ini bereaksi dengan 5 mL larutan pararosanilin yang ditambahkan membentuk kompleks pararosanilin metal sulfonat yang berwarna merah. Campuran ini diencerkan dengan aquades hingga tanda batas, dikocok dan dibiarkan selama 30 menit. Larutan untuk kalibrasi standar ini diukur absorbansinya dengan spektrometer tampak. Pereaksi pararosanilin dibuat dengan cara 0,2 g pararosanilin dilarutkan dengan  $\text{HCl}$  1 N hingga 100 mL, kemudian larutan tersebut di alikuot 20 mL dan diencerkan dengan aquades hingga 250 mL.

### Penentuan Kuantitatif Kadar $\text{SO}_2$ di udara (SNI 19-4174-1996)

Cuplikan larutan penyerap yang telah mengandung  $\text{SO}_2$  diambil 10 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL,

kemudian ditambahkan 10 mL asam sulfamat lalu dibiarkan 10 menit. Campuran ini kemudian ditambahkan 2 mL formaldehid 0,2 % dan 5 mL pararosanilin dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas, kemudian dikocok lalu dibiarkan selama 30 menit. Untuk mendapatkan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dilakukan pengukuran spektrometri tampak.

Kadar  $\text{SO}_2$  di cuplikan larutan penyerap dikonversikan ke kadar  $\text{SO}_2$  di udara melalui persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$V = (A \times t) \times \frac{P}{760} \times \frac{298}{T} \quad (3)$$

Keterangan :

V = volume udara

A = laju alir (mL/mnt)

t = waktu sampling (60 mnt)

P = Tekanan (mmHg)

T = temperatur (K)

298 = temperatur kamar

760 = tekanan 760 mmHg

Kadar gas  $\text{SO}_2$  di Udara :

$$[\text{SO}_2] = \frac{X \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \right) \times V_{\text{TCM}} \text{ (mL)}}{V \text{ (m}^3\text{)}} \quad (4)$$

Keterangan :

X = kadar  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) spektrometer

$V_{\text{TCM}}$  = volume penyerap yang dipakai

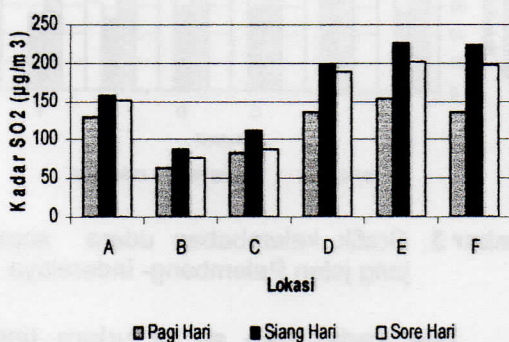
V = volume udara



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar SO<sub>2</sub> Sepanjang Jalan Palembang-Inderalaya

Kurva kalibrasi antara variasi konsentrasi SO<sub>2</sub> di larutan standar yang telah lebih dulu dibuat terhadap absorbansi menunjukkan korelasi dengan harga koefisien  $R = 0,9994$  dan mengikuti persamaan garis lurus  $Y = 2,4210 X - 0,0196$ . Pengukuran ini dilakukan pada panjang gelombang serapan maksimum yang didapat yaitu 542 nm. Untuk menghitung kadar SO<sub>2</sub> dalam larutan TCM dilakukan dengan mengalurkan absorbansi larutan TCM yang telah mengandung SO<sub>2</sub> pada persamaan garis lurus tersebut. Kadar SO<sub>2</sub> yang didapat dikonversikan ke perumusan cuplikan volume udara sehingga didapat konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara sesuai gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik kadar SO<sub>2</sub> sepanjang jalan Palembang-Inderalaya.

Keterangan :

1. Titik A = Bundaran Air Mancur Palembang
2. Titik B = Simpang Sungki Kertapati Palembang

3. Titik C = Terminal Karya Jaya Palembang
4. Titik D = Pertamina Ukur Inderalaya
5. Titik E = Pabrik Asam Sulfat
6. Titik F = Perumahan Bumi Inderalaya Permai

Keterangan titik A,B,C,D,E dan F pada gambar 1. juga digunakan pada gambar 2 ; 3 ; 4 dan 5.

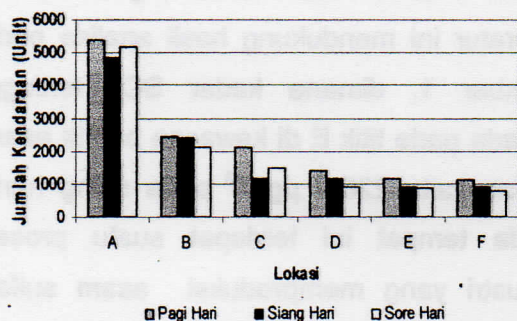
### Pengaruh Lokasi Cuplikan Udara Terhadap Kadar SO<sub>2</sub> .

Gas buangan industri yang menghasilkan SO<sub>2</sub> terutama berasal dari produk hasil pembakaran unsur-unsur sulfur dalam industri Asam Sulfat (Ryadi, 1982). Literatur ini mendukung hasil analisa pada gambar 1, dimana kadar SO<sub>2</sub> tertinggi berada pada titik E di kawasan pabrik asam sulfat, yaitu 226,0 µg/M<sup>3</sup> pada siang hari.. Pada tempat ini terdapat suatu proses industri yang memproduksi asam sulfat, aluminum sulfat padat, aluminum sulfat cair dan *sulphur bowl*. Kadar SO<sub>2</sub> pada titik F sebuah perumahan yaitu Bumi Inderalaya Permai juga hampir sama dengan titik E, yaitu 224,6 µg/M<sup>3</sup> pada siang hari. Hal ini dapat disebabkan faktor penyebaran distribusi molekul gas, gas merupakan suatu molekul yang dapat bergerak dengan lintasan lurus dan arah yang acak (Keenan, 1998).

Berdasarkan data Stasiun Klimatologi Palembang yang diambil sewaktu penelitian ini dijalankan, beberapa bulan terakhir arah angin terbanyak ke selatan (BMG, 2003) sehingga SO<sub>2</sub> dapat langsung



terdistribusi dari titik E ke titik F. Kecepatan angin di daerah yang masih bersifat alami akan cenderung meningkat akibat semakin kecilnya gesekan yang timbul pada aliran udara ( Soedomo,2001). Pada titik D di Pertamina Ukur Inderalaya kadar  $\text{SO}_2$  mencapai  $198,3 \mu\text{g}/\text{M}^3$  di siang hari, cukup tinggi dibandingkan titik A di Bundaran Air Mancur, titik B di Simpang Sungki Kertapati, dan titik C di Terminal Karya Jaya. Hal ini dapat disebabkan pembakaran proses pengilangan dalam pengolahan minyak bumi yang mengandung sulfur karena akan mengemisikan oksida-oksida sulfur ke atmosfer (Soedomo,2001).



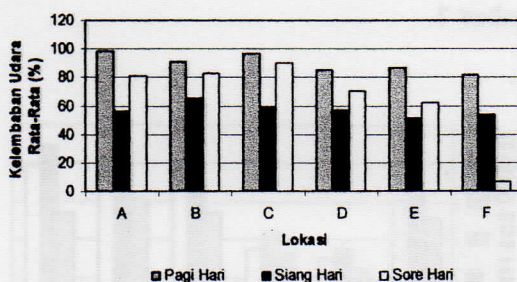
**Gambar 2.** Grafik jumlah kendaraan sepanjang jalan Palembang Inderalaya.

Pada gambar 2. terlihat data jumlah kendaraan yang paling tinggi pada titik A di Bundaran Air Mancur, kemudian diikuti titik B di Simpang Sungki Kertapati dan titik C di Terminal Karya Jaya. Kadar  $\text{SO}_2$  pada siang hari di tiga tempat titik A,B dan C tersebut masing-masing  $158,5 \mu\text{g}/\text{M}^3$  ;  $88,6 \mu\text{g}/\text{M}^3$  dan  $111,8 \mu\text{g}/\text{M}^3$  relatif hanya disebabkan oleh emisi bahan bakar kendaraan bermotor. Hal ini menunjukkan  $\text{SO}_2$  yang dihasilkan pabrik asam sulfat dan pabrik

pengilangan minyak bumi lebih berpengaruh pada susunan atmosfer dibandingkan emisi bahan bakar kendaraan bermotor. Kadar  $\text{SO}_2$  tertinggi berada pada kawasan pabrik asam sulfat pada siang hari yaitu  $226,0 \mu\text{g}/\text{M}^3$  masih dibawah Nilai Ambang Batas yang ditetapkan SK Menteri KLH yaitu sebesar  $260,0 \mu\text{g}/\text{M}^3$ .

### Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Kadar $\text{SO}_2$ .

Pada gambar 1. terlihat kadar  $\text{SO}_2$  pagi hari selalu lebih kecil dibanding siang hari. Data ini tampak bertolak belakang dengan data gambar 2. dimana jumlah kendaraan yang melintas justru lebih banyak sewaktu pagi dari pada siang hari. Kontroversi data ini dapat di jelaskan dengan data kelembaban udara pada gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik kelembaban udara sepanjang jalan Palembang- Inderalaya.

Bila kadar uap air di udara tinggi maka akan cenderung terjadi reaksi kesetimbangan antara  $\text{SO}_2$  dan uap air di udara sesuai reaksi (Keenan,1998):



Molekul gas  $\text{SO}_2$  yang telah berubah menjadi molekul  $\text{H}_2\text{SO}_3$  cair lebih sulit terdispersi di udara. Selain itu kelembaban udara yang lebih tinggi pada pagi dan sore

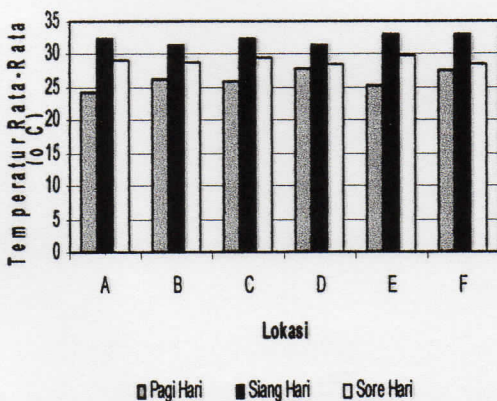


cenderung menghalangi dispersi molekul gas SO<sub>2</sub> itu sendiri (Keenan,1998). Hal inilah yang menyebabkan hasil analisa kadar SO<sub>2</sub> seolah-olah justru kecil pada pagi dan sore hari. Siang hari dispersi SO<sub>2</sub> lebih baik sehingga hasil analisa kadar SO<sub>2</sub> pada cuplikan udara lebih optimum.

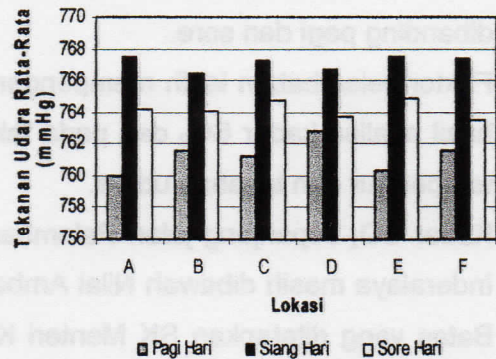
**Pengaruh Temperatur dan Tekanan Udara Terhadap Kadar SO<sub>2</sub>**

Pada gambar 4. terlihat temperatur udara lebih tinggi pada siang hari. Terdapat kemungkinan fenomena naiknya temperatur menyebabkan volume udara mengembang sehingga kadar SO<sub>2</sub> yang didapat tiap meter kubiknya akan menurun. Fenomena ini belum terbukti sesuai gambar 1. dimana kadar SO<sub>2</sub> justru tinggi di siang hari.

Data temperatur pada gambar 4. yang kurang mendukung hasil analisa kadar SO<sub>2</sub> pada gambar 1. dapat dijelaskan oleh data tekanan udara pada gambar 5. Tekanan udara cenderung lebih tinggi siang hari dari pada pagi dan sore.



**Gambar 4.** Grafik temperatur udara sepanjang jalan Palembang - Inderalaya



**Gambar 5.** Grafik tekanan udara sepanjang jalan Palembang - Inderalaya

Menurut persamaan gas ideal  $PV = nRT$ , bila temperatur (T) naik namun tekanan udara (P) juga meningkat maka dapat dianggap tidak ada pengaruh pada perubahan volume udara (V). Maka naiknya temperatur yang dibarengi naiknya tekanan udara pada siang hari dapat dianggap tidak mempengaruhi kadar SO<sub>2</sub> tiap meter kubik volume udara yang dihisap tabung impinger. Hal ini menunjukkan temperatur dan tekanan udara relatif tidak mempengaruhi hasil analisa.

**KESIMPULAN**

Penelitian analisa kadar polutan SO<sub>2</sub> sepanjang jalan Palembang-Inderalaya ini menghasilkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kadar SO<sub>2</sub> tertinggi berada pada kawasan pabrik asam sulfat sebesar 154,5µg/M<sup>3</sup> (pagi); 226,0 µg/M<sup>3</sup> (siang) dan 201,1 µg/M<sup>3</sup> (sore). Kadar SO<sub>2</sub> terendah berada pada Kertapati Palembang sebesar 63,2 µg/M<sup>3</sup> (pagi) ; 88,6 µg/M<sup>3</sup> (siang) dan 77,7 µg/M<sup>3</sup> (sore).



2. Kadar SO<sub>2</sub> pada siang hari lebih tinggi dibanding pagi dan sore.
3. Faktor kelembaban lebih mempengaruhi hasil analisa kadar SO<sub>2</sub> dari pada faktor temperatur dan tekanan udara.
4. Kadar SO<sub>2</sub> sepanjang jalan Palembang-Inderalaya masih dibawah Nilai Ambang Batas yang ditetapkan SK Menteri KLH yaitu sebesar 260,0 µg/M<sup>3</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Dewan Standarisasi Nasional, SNI 19-4174-1996, *Penentuan Kadar SO<sub>2</sub> di Udara dengan Metoda Pararosanilin, Laboratorium Pencemaran*, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Palembang.
- Cormic, M.C., 1985, *Pengaruh Pencemaran Udara terhadap Beberapa Material*, The Global Threat of Acid Pollution, America.
- Elyanawati, E., 1994, *Makalah Kursus Keselamatan Kerja dalam Laboratorium dan Teknik Analisa Gas-Gas Beracun di Udara*, PUSLITBANG KIMIA TERAPAN, LIPI.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, edisi pertama, Kanisius Perss, Yogyakarta.
- JICA., 1997, *The Study of the Integrated Air Quality Management for Jakarta Metropolitan Area*, Environmental Impact Management Agency.
- Keenan., 1998, *Kimia Untuk Universitas*, Jilid 1 & 2 , Edisi ke enam, Erlangga, Jakarta.
- Surat Keputusan MENKLH, Nomor Kep-2.MENLH/1991.
- Pirngadie, B., 1999 Strategi *Penanggulangan Pencemaran Udara dari Segi Transportasi*, Universitas Pasundan Bandung.
- Raimon., 2002, *Perbandingan Teknik Sampling Tunggal dan Ganda Trap pada Emisi Gas Buang*, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Palembang.
- Ryadi, S., 1982., *Pencemaran Udara*, Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- Sastrawijaya, A., 1991, *Pencemaran Lingkungan*, cetakan pertama, Rineka Cipta, Jakarta.
- Soedomo, M., 2001, *Pencemaran Udara*, ITB Bandung.
- Soemirat, J., 2002, *Kesehatan Lingkungan*, cetakan ke lima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wardana, A., 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi offset, Yogyakarta.