

KONSENTRASI SULFUR OKSIDA DI PEMUKIMAN SEKITAR *FACTORY OUTLET* DAN JALAN RAYA BOGOR

CONCENTRATION SULPHUR OXIDE IN RESIDENCE OF *FACTORY OUTLET* AND STREET SURROUNDINGS OF BOGOR

Gusti Rusmayadi

Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNLAM
Jl. Jend. A. Yani Km.36 PO Box 1028 Banjarbaru 70714

ABSTRACT

The main air pollution is transportation on land. The main parameter in transportation activity is CO, Particulate, HC, Pb and SO_x. The research uses colorimetric principle and Pararosanilin method. Air ambient was taken according to atmospheric with grab method. The measurement showed that SO₂ in residence of factory outlet and Pajajarans street of Bogor are small, about 0.0945%. That concentration is lowest rather than in residence of Jakarta about 10.70%. In the research has given that is on the contrary. It is because of by the other factor not just transportation, but also land conversion.

Key words : Air pollution, SO₂, grab, colorimetric and pararosanilin method

ABSTRAK

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat. Parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, Partikulat, HC, Pb dan SO_x. Dalam penelitian ini diindikasikan suatu yang berlawanan dengan hal di atas. Itu disebabkan tidak hanya oleh transportasi tetapi juga oleh konversi lahan. Penelitian ini menggunakan metode colorimetrik dan pararosanilin. Ambien udara diambil secara atmosferik dengan metode grab. Pengukuran menunjukkan bahwa SO₂ sepanjang outlet pabrik di Bogor masih kecil, sekitar 0,0945%. Konsentrasi ini jauh lebih rendah dibandingkan di perumahan Jakarta yang sekitar 10,70%. Dalam penelitian ini diindikasikan suatu yang berlawanan dengan hal di atas. Itu disebabkan tidak hanya oleh transportasi tetapi juga oleh konversi lahan.

Kata kunci : Pencemaran udara, SO₂, metode grab, metode colorimetrik dan pararosanilin

PENDAHULUAN

Pembangunan fisik kota dan peningkatan pusat-pusat industri yang disertai lonjakan produksi kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan, yang merupakan sumber pencemaran udara. Sumber pencemaran dapat berupa kegiatan yang bersifat alami dan antropogenik. Contoh sumber alami adalah letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran udara kegiatan antropogenik yang secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya, aktivitas transportasi, industri, kegiatan persampahan baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga.

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat. Parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, Partikulat, HC, Pb dan SO_x.

Pencemaran udara oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur

trioksida (SO₃), dan keduanya disebut sebagai SO_x. Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif.

Pembakaran bahan-bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur dioksida, tetapi jumlah relatif masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Meskipun udara tersedia dalam jumlah cukup, SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah terbesar. Jumlah SO₃ yang terbentuk dipengaruhi oleh kondisi reaksi, terutama suhu dan bervariasi dari 1 sampai 10% dari total SO₂.

SO₂ biasanya diproduksi dalam jumlah kecil selama pembakaran. Hal ini disebabkan oleh dua faktor yang menyangkut reaksi terakhir tersebut di atas. Faktor pertama adalah kecepatan reaksi yang terjadi, dan faktor kedua adalah konsentrasi SO₃ dalam campuran equilibrium yang dihasilkan dari reaksi tersebut.

Keberadaan SO₃ di udara dalam bentuk gas hanya mungkin jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup

seperti biasanya, SO_3 dan air akan segera bergabung membentuk droplet asam sulfat (H_2SO_4) dengan reaksi berikut:



Oleh karena itu, komponen yang normal terdapat di dalam atmosfer bukan SO_3 melainkan H_2SO_4 . Tetapi, jumlah H_2SO_4 atmosfer ternyata lebih tinggi dibandingkan dari emisi SO_3 . Hal ini menunjukkan bahwa produksi H_2SO_4 juga berasal dari mekanisme-mekanisme lainnya.

Setelah berada di atmosfer, sebagian SO_2 akan diubah menjadi SO_3 (kemudian menjadi H_2SO_4) oleh proses fotolitik dan katalitik. Jumlah SO_2 yang teroksidasi menjadi SO_3 dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari, dan jumlah bahan katalitik, absorbtif dan alkalin yang tersedia.

Sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3) merupakan bentuk oksida sulfur yang banyak dijumpai. SO_2 merupakan pencemar primer yang di atmosfer bereaksi dengan pencemar lain membentuk senyawa sulfur yang menyebabkan hujan asam. Hujan asam dapat merusak pertanian dan peternakan.

Di atmosfer hanya sedikit terdapat SO_3 karena kecenderungan untuk berkombinasi dengan uap air membentuk H_2SO_4 . Pengukuran konsentrasi H_2SO_4 bersama-sama dengan SO_2 merupakan hal yang penting, karena H_2SO_4 mempunyai sifat iritasi lebih kuat. Perbandingan antara konsentrasi H_2SO_4 dan SO_2 dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: (a) jumlah uap di udara, (b) waktu tempat kontaminan sulfur terdapat di udara, (c) jumlah partikel katalitik yang terdapat di udara, (d) jumlah atau intensitas radiasi matahari, dan (e) jumlah pengendapan.

Kerusakan tanaman oleh SO_2 dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu konsentrasi SO_2 dan waktu kontak. Kerusakan akut terjadi jika ada kontak dengan SO_2 pada konsentrasi tinggi dalam waktu relatif singkat, dengan gejala beberapa bagian daun menjadi kering dan mati, dan warna memucat. Kontak dengan SO_2 pada konsentrasi rendah dalam waktu lama menyebabkan kerusakan kronis, yang ditandai dengan daun menguning karena mekanisme pembentukan klorofil terhambat.

Tanaman meskipun dalam satu spesies bervariasi sensitivitasnya terhadap kerusakan SO_2 , karena kondisi lingkungan seperti suhu, air tanah, konsentrasi nutrient, dan sebagainya. Uap asam sulfat yang merupakan bentuk lain pencemaran SO_2 , juga dapat merusak tanaman. Bintik-bintik pada daun dapat terjadi jika droplet asam kontak dengan daun yang telah basah karena embun.

Polutan SO_2 berpengaruh terhadap manusia dan hewan pada konsentrasi jauh lebih tinggi

dibandingkan dengan konsentrasi yang dapat merusak tanaman. Kerusakan pada tanaman terjadi pada konsentrasi sebesar 0,5 ppm, sedangkan konsentrasi yang berpengaruh terhadap manusia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh SO_2 terhadap manusia
Table 1. Effect of SO_2 to human

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3 - 5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya
8 - 12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi mata dan batuk
20	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak dalam waktu lama
80 - 100	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak dalam waktu singkat (30 menit)
400 - 500	Berbahaya meskipun kontak secara singkat

Sumber: dimodifikasi dari Kirk & Othmer (1969)

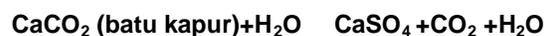
(Source: modified from Kirk & Othmer (1969))

Pengaruh utama polutan SO_2 terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada konsentrasi 1 - 2 ppm. SO_2 merupakan polutan berbahaya terutama penderita khoronis pada sistem pernafasan dan kardiovaskular. Individu dengan gejala tersebut sangat sensitif terhadap kontak dengan SO_2 , meskipun dengan konsentrasi rendah, misalnya 0,2 ppm atau lebih.

Kerusakan akibat polutan SO_2 terhadap bahan lain terutama disebabkan oleh asam sulfat yang diproduksi jika SO_3 bereaksi dengan uap air di atmosfer. Salah satu pengaruh SO_2 terhadap bahan lain adalah pada cat saat pengeringan dan pengerasan beberapa cat meningkat jika mengalami kontak dengan SO_2 . Beberapa film cat menjadi lunak dan rapuh jika dikeringkan dengan SO_2 .

Kecepatan korosi pada metal, terutama besi, baja dan zink, dirangsang pada kondisi lingkungan yang terpencemaran SO_2 . Bahan-bahan partikel, kelembapan udara tinggi dan suhu juga berpengaruh penting dalam korosi tersebut.

Konsentrasi asam sulfat dalam jumlah tinggi sebagai polutan udara dapat menyerang berbagai bahan bangunan, terutama bahan-bahan yang mengandung karbonat seperti marmer, batu kapur, genteng dan batu. Karbonat di dalam bahan-bahan tersebut diubah menjadi sulfat yang larut air. Bahan-bahan tersebut menjadi berlubang-lubang dan merapuh karena sulfat yang larut dapat terbawa dengan air hujan. Reaksi yang terjadi sbb:



Beberapa serat tekstil, terutama yang terbuat dari serat tumbuh-tumbuhan menjadi lapuk jika mengalami kontak dengan asam. Serat hewan seperti *wool* lebih tahan terhadap asam. Kulit mempunyai afinitas kuat terhadap SO_2 , sehingga menyebabkan kehilangan kekuatannya dan mudah sobek. Kertas juga mengabsorpsi SO_2 yang kemudian dioksidasi menjadi H_2SO_4 , menyebabkan kertas menjadi berubah warna dan menjadi rapuh.

METODE PENELITIAN

Tempat lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada jalur transportasi Jalan Raya Pajajaran yang titik contohnya ditentukan di sekitar *outlet factory* yang mewakili daerah pemukiman pada bulan Maret 2007. Penentuan ini didasarkan pada aktivitas transportasi dan manusia sangat padat di sekitarnya. Pengujian polutan dilakukan pada Laboratorium Teknik Lingkungan IPB Branangsiang.

Metode

Untuk menentukan kadar Sulfur dioksida menggunakan prinsip kolorimetri dengan metode Pararosanilin. Pengambilan contoh udara dilakukan secara atmosferik, yaitu pengukuran kualitas udara ambient dengan metode secara *grab* atau pengukuran udara satu atau dua kali yang tidak kontinyu, tidak secara periodik (Soedomo, 2001).

Metode pararosanilin dapat mengukur konsentrasi SO_2 antara 25 – 100 $\mu\text{g}/\text{M}^3$. Konsentrasi yang lebih kecil dari 25 $\mu\text{g}/\text{M}^3$ dapat ditentukan dengan memperbesar contoh udara. Sulfur dioksida contoh udara diserap dalam Kalium tetrakloromercurat (TCM) 0,04 M. Proses ini akan terbentuk senyawa kompleks dikloro sulfide mercurat yang tahan terhadap oksigen di udara. Senyawa kompleks ini kemudian direaksikan dengan Pararosanilin dan Formaldehid membentuk kompleks warna, yaitu Asam Pararosanilin metal sulfonat berwarna merah ungu. Intensitas warna yang dihasilkan diukur pada panjang gelombang 540 m.

Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan adalah (a) larutan penyerap TCM 0,04 M, (b) larutan asam sulfamat 0,6%, (c) larutan formaldehid 0,2%, (d) larutan pararosanilin, (e) larutan Natrium Thiosulfat 0,01 N, (f) Larutan Iodin 0,01 N, (g) Larutan indikator Amilum, (h) Larutan induk standar SO_2 (0,025% Na_2SO_3), dan (i) Aquades. Peralatan yang dipergunakan terdiri dari (a) labu ukur 50 ml, (b) pipet mohr 1 ml; 5 ml; dan 10 ml, (c) Erlenmeyer 125 ml, (d) Buret 50 ml, dan (e) Spektrofotometer UV – VIS.

Cara Kerja

Urut-urutan pelaksanaan analisis (Direktorat Program Diploma – IPB. 2007) sbb:

(a) Larutan standar kurva kalibrasi SO_2

Masing-masing 6 buah labu ukur 50 ml dipipet secara berurutan 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4 ml larutan induk standar SO_2 . Setelah itu, ke dalam masing-masing labu ukur tersebut ditambahkan larutan pengabsorpsi, kemudian tambahkan 1 ml larutan Asam Sulfamat 0,6% dan biarkan selama 5 menit, tambahkan lagi 2 ml larutan formaldehid 0,2% dan 1 ml larutan pararosanilin. Pengenceran dengan air suling hingga mencapai 50 ml. Kocok dan ukur warna larutan setelah 15 – 30 menit dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 m dan gunakanlah blanko yaitu labu ukur yang berisi 0 ml larutan induk standar SO_2 .

(b) Larutan contoh

Pindahkan larutan penyerap TCM yang mengandung SO_2 ke dalam labu ukur 50 ml, tambahkan 1 ml larutan asam sulfamat 0,6% dan biarkan selama 5 menit, tambahkan lagi 2 ml larutan formaldehid 0,2% dan 1 ml larutan pararosalin. Encerkan dengan air suling sampai 50 ml. Ukur dengan spektrofotometer seperti pada pengukuran larutan standar kurva kalibrasi SO_2 .

(c) Menghitung kandungan SO_2 di udara dalam $\mu\text{g}/\text{M}^3$.

$$\text{SO}_2 (\mu\text{g} / \text{M}^3) = \frac{\mu\text{g}}{V} \times \frac{t + 273}{298} \times 1000$$

μg = μg contoh SO_2 yang didapat dari grafik

t = suhu dalam °C

V = Volume udara dalam L

(d) Standarisasi larutan induk standar SO_2

Pipet 10 ml larutan induk standar SO_2 , pindahkan ke dalam Erlenmeyer, tambahkan 5 ml larutan Iodin 0,01N, dan 5 ml larutan HCl 0,1 N. Tutup segera Erlenmeyer tersebut dan biarkan selama 5 menit terlindung dari cahaya. Titrasasi larutan tadi dengan Natrium Thiosulfat 0,01 N (gunakan larutan Amilum sebagai indikator). Penetapan blanko dengan menggunakan 10 ml air suling sebagai pengganti larutan induk standar SO_2 .

$$\text{SO}_2 (\mu\text{g} / \text{ml}) = \frac{(A - B) \times N \times 0,00032 \times 1000 \times 1000}{0,01 \times 10}$$

A = Volume Natrium Thiosulfat untuk penitaran blanko (ml)

B = Volume Natrium Thiosulfat untuk penitaran contoh (ml)

N = Normalitas Natrium Thiosulfat

Standarisasi dilakukan setiap kali akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Contoh hasil perhitungan SO₂ pengukuran di lapangan

(a) Menghitung volume udara. Data selama pengukuran 90 menit tersaji pada tabel 2 dan Gambar 1 menunjukkan aktivitas selama pengukuran

Tabel 2. Hasil pengukuran pada titik contoh
Table 2. Measurement on sample site

Waktu (menit)	Flow rate debu	TBk	TBb	RH ⁽¹⁾
0	33,5	25	24	92
15	34,0	26	24	84
30	33,5	26	24	84
45	34,0	28	25	77
60	33,0	33	28	67
Rata-rata ₁	33,6			
75	34,0	28	27	92
90	34,0	30	28	85
Rata-rata ₂	34,0			

Keterangan: TBk = suhu bola kering, TBb = suhu bola basah, RH = kelembapan udara. RH diperoleh dari tabel kelembapan udara.

$$V \text{ udara}_1 = \bar{x} \text{ flow rate (t = 60 menit) x 60} \\ = 33,6 \times 60 = 2 \text{ 016 l/jam}$$

$$V \text{ udara}_2 = \bar{x} \text{ flow rate (t = 30 menit) x 30} \\ = 34,0 \times 30 = 1 \text{ 020 l/jam}$$

$$V \text{ total selama pengukuran} = V_1 + V_2 \\ = 2 \text{ 016} + 1 \text{ 020} = 3 \text{ 036 l/jam}$$

b. Menghitung SO₂

Untuk penghitungan SO₂ volume udara yang dipergunakan adalah selama waktu 60 menit, yaitu sekitar 1020 l/jam. Hasil perhitungan SO₂ dari penelitian tersaji pada Tabel 2.

Nilai SO₂ di dalam tabel 3. harus dibuat kurva atau grafik hubungannya dengan larutan contoh untuk mendapat slope yang akan digunakan dalam perhitungan kandungan SO₂ (gambar 2).



(a)



(b)

Alat pengukur gas
(SO₂, O₃, NO₂, H₂S)



(c)

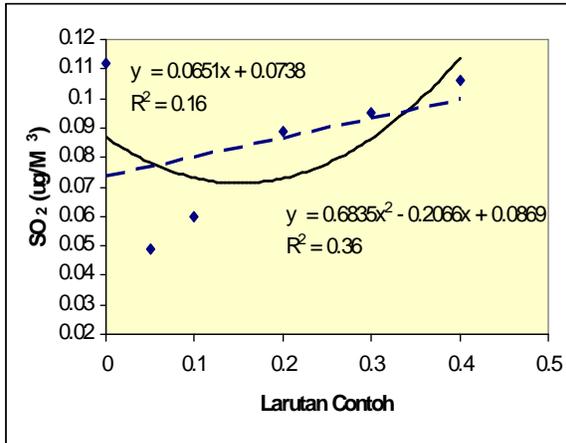
Alat pengukur debu

Gambar 1. Aktivitas penelitian (a) peralatan yang dipergunakan untuk mengukur kualitas udara dan (b) aktivitas penelitian yang diikuti oleh beberapa mahasiswa magang.

Figure 1. Research activity. (a) instrumentation was used to measurement air quality and (b) research activity that was followed by undergraduate student volunteer.

Tabel 3. Analisis SO₂
Table 3. SO₂ analysis

Larutan contoh	SO ₂ (µg/M ³)
0,00	0,112
0,05	0,049
0,10	0,060
0,20	0,089
0,30	0,095
0,40	0,106



Gambar 2. Hubungan antara Larutan contoh solution dan SO₂

Figure 2. Correlation between sample solution and SO₂

Gambar 2. menunjukkan bahwa persamaan

$$Y = 0.6835 X^2 - 0.2066 X + 0.0869$$

dengan $R^2 = 0.36$ lebih baik digunakan dari persamaan liniernya. Jadi slope didapat dengan menurunkan persamaan di atas menjadi

$$Y = 2 \times 0.6835 X - 0.2066 + 0.0869.$$

Slope menjadi $0.075604 X$, sehingga

$$SO_2 (\mu g / M^3) = \frac{\mu g}{V} \times \frac{t + 273}{298} \times 1000$$

$$SO_2 (\mu g / M^3) = \frac{0.075604}{2016} \times \frac{33,6 + 273}{298} \times 1000$$

$$SO_2 (\mu g / M^3) = 3.75017E - 05 \times 1,03 \times 1000$$

$$SO_2 (\mu g / M^3) = 0.038584007 \text{ atau}$$

$$SO_2 (ppm) = 0,000945 \text{ atau}$$

$$SO_2 (\%) = 0,0945$$

Nilai prosentase pada wilayah Bogor ini (0,0945%), lebih kecil dari kriteria Kirk & Othmer (1969) sehingga masih aman bagi penduduk sekitarnya. Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan pemukiman di Jakarta yang mencapai 10,70% (Soedomo & Irsyad, 1992). Hal ini diduga keberadaan SO₃ di udara dalam bentuk gas hanya mungkin jika konsentrasi uap air sangat rendah, sementara itu hasil pengukuran (Tabel 2) menunjukkan konsentrasi air yang tinggi (RH). Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup seperti biasanya, SO₃ dan air akan segera bergabung membentuk *droplet* asam sulfat (H₂SO₄).

Kemudian, transportasi bukan merupakan satu-satunya sumber utama polutan SO_x, tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya, misalnya pembakaran batu arang kayu, minyak bakar, gas, kayu dan sebagainya.

Menurut Ponco dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kota Bogor mengatakan, pencemaran udara yang berasal dari asap kendaraan tidak begitu berpengaruh di Kota Bogor, yang paling berpengaruh adalah lahan yang peruntukannya kebanyakan untuk perumahan. Wilayah kajian merupakan pemukiman yang masih terpelihara dengan banyak hijau seperti pepohonan besar dan taman (<http://www.indonesiaheadlines.com>, 2010).

SIMPULAN

- (1) Pencemaran oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (SO₃), dan keduanya disebut sebagai SO_x.
- (2) Transportasi bukan merupakan satu-satunya sumber utama polutan SO_x, terbukti nilai prosentasenya pada wilayah kajian kecil (0,0945%) jika dibandingkan dengan pemukiman di Jakarta yang mencapai 10,70%.

SARAN

Perlu pengukuran secara kontinyu dengan pendekatan model kontinyu, sehingga diperoleh fluktuasi data selama pengukuran, pada musim hujan dan kemarau.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan rangkaian tugas akhir dari MK Meteorologi Pencemaran Udara di PS Agroklimatologi IPB. Terimakasih disampaikan kepada Abdul Syakur dan Yayan Apriana mahasiswa program Doktor PS Agroklimatologi, serta mahasiswa D3 Teknik Lingkungan IPB.

DAFTAR PUSTAKA

Cooper, CD & Alley, FC. Air Pollution Control, a Design Approach. Waveland Press, INC. 2th Edition. Illinois; 694 pp.

Direktorat Program Diploma – IPB. 2007. Penuntun Penelitian Kualitas Udara. Bogor; 14 hal.

Fardiaz, Srikandi. 1992. Pencemaran Air dan Udara. Pen. Kanisius. Yogyakarta; 190 hal.

Kirk, R.E & Othmer, D.F. 1969. Physiological effects of sulfur dioxide gas. Encyclopedia of Chemical Technology. John Wiley and Sons. Inc., New York.

Pal Arya, S. 1999. Air Pollution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press. New York; 310 pp.

Soedomo M & Irsyad, M. 1992. Pemantauan kualitas udara ambient di kota Jakarta dan Bandung.

Soedomo, M. 2001. Pencemaran Udara – Kumpulan karya Ilmiah. Pen. ITB Bandung. Bandung; 374 hal.

Welburn A. 1990. Air Pollutan and Accid Rain, the Biological Impact. New York; 99 pp.

Referensi Elektronik

<http://www.indonesiaheadlines.com/index.php?id=895670> (diakses tanggal 25 Mei 2010).