

KUALITAS UDARA BEBERAPA KOTA DI ASIA (Monitoring Kandungan SO₂ Udara Ambien Dengan Passive Sampler)

Joko Prayitno Susanto

Peneliti Muda pada Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Within this paper will be presented a result of passive sampler method to determine SO₂ level of ambient air as the same method development to the previously determine NO₂ level^(1,2). The result of development had applied for analyzing and comparing the quality SO₂ on ambient air at several cities in Asia such as Peking, Shanghai, Seoul, Hong Kong, Kuala Lumpur, including several locations in surrounding Jakarta. This passive sampler method is simple and easy to be applied, therefore it make possible to monitor the air quality from urban till every border.

The SO₂ level result indicate air quality in Jakarta is still on the safety level as the others cities in Asia.

Kata kunci: Passive sampler, Analisa SO₂, Udara ambien

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hampir tidak ada kota di dunia ini yang dapat menghindari dari bencana modern pencemaran udara. Bahkan kota-kota yang dulu terkenal dengan udaranya yang bersih tidak tercemar misalnya Buenos Aires, Denver, dan Madrid saat ini telah mengalami pencemaran yang begitu hebat sehingga dapat menyebabkan sebagian penduduknya mengalami berbagai penyakit yang memerlukan perawatan rumah sakit.⁽³⁾

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan sekitar 70 persen penduduk kota di dunia pernah sesekali menghirup udara tercemar, sedangkan 10 persen lain menghirup udara yang bersifat "*marjina*". Bahkan di Amerika Serikat, yang tingkat pencemaran udaranya cenderung jauh lebih rendah dibandingkan dengan kota-kota di negara berkembang, hasil studi para peneliti di Universitas Harvard menunjukkan bahwa kematian akibat pencemaran udara berjumlah antara 50.000 dan 100.000 per tahun.⁽³⁾

Dari studi tersebut diketahui bahwa penderita penyakit akibat pencemaran udara paling banyak dialami oleh anak-anak. Studi juga membuktikan bahwa bahwa anak-anak yang tinggal di kota dengan tingkat pencemaran udara lebih tinggi cenderung

mempunyai berat badan yang rendah dan mempunyai paru-paru lebih kecil. Rendahnya berat badan anak-anak dan kecilnya organ-organ pertumbuhan mereka memberi risiko yang lebih tinggi pula bagi mereka.⁽³⁾

Mengingat besarnya dampak pencemaran udara ini terhadap kehidupan manusia, maka masalah penanggulangan terjadinya pencemaran udara harus menjadi perhatian yang serius, khususnya untuk kota-kota besar.

Menyadari besarnya dampak pencemaran secara umum, pada tahun 1982 Pemerintah RI telah menetapkan Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang kemudian pada tahun 1997 telah direvisi menjadi Undang-undang no 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.^(4,5)

Undang-undang tersebut telah menandai awal pengembangan perangkat hukum sebagai dasar bagi upaya pengelolaan lingkungan hidup Indonesia sebagai bagian integral dari upaya pembangunan yang berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup. Sejak diundangkannya Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982, kesadaran lingkungan hidup masyarakat telah meningkat dengan pesat, yang ditandai antara lain oleh makin banyaknya ragam organisasi masyarakat yang bergerak di bidang lingkungan hidup selain lembaga swadaya masyarakat.

Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang merupakan pelaksanaan undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tersebut, mendefinisikan pencemaran udara sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.⁽⁶⁾

Diantara bahan pencemar yang sangat berpengaruh terhadap penurunan kualitas udara adalah sulfur dioksida, disamping bahan-bahan lain yaitu, debu, NH₃, Pb, CO, hidrokarbon, NO_x, dan H₂S, yang secara bersamaan maupun sendiri-sendiri memiliki potensi bahaya bagi lingkungan, yang meliputi dampak bagi kesehatan masyarakat, hewan, tanaman maupun bagi material (benda) seperti bangunan, logam dll.

Emisi sulfur dioksida terutama timbul dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur terutama batubara yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik atau pemanasan rumah tangga. Sistem pemantauan lingkungan global yang disponsori PBB memperkirakan bahwa pada 1987 dua pertiga penduduk kota hidup di kota-kota yang konsentrasi sulfur dioksida di udara sekitarnya di atas atau tepat pada ambang batas yang ditetapkan WHO. Gas yang berbau tajam tapi tak berwarna ini dapat menimbulkan serangan asma dan, karena gas ini menetap di udara, bereaksi dan membentuk partikel-partikel halus dan zat asam.⁽³⁾

Nitrogen oksida terjadi ketika panas pembakaran menyebabkan bersatunya oksigen dan nitrogen yang terdapat di udara memberikan berbagai ancaman bahaya. Zat nitrogen oksida ini sendiri menyebabkan kerusakan paru-paru. Setelah bereaksi di atmosfer, zat ini membentuk partikel-partikel nitrat amat halus yang menembus bagian terdalam paru-paru. Partikel-partikel nitrat ini pula, jika bergabung dengan air baik air di paru-paru atau uap air di awan akan membentuk asam. Akhirnya zat-zat oksida ini bereaksi dengan asap bensin yang tidak terbakar dan zat-zat hidrokarbon lain di sinar matahari dan membentuk ozon rendah atau "smog" kabut berwarna coklat kemerahan yang menyelimuti sebagian besar kota di dunia.⁽³⁾

1.2. Pemanfaatan Metoda Passive Sampler Sebagai Alat Monitoring Kualitas Udara

Pemanfaatan passive sampler untuk monitoring kualitas lingkungan, bukan menjadi suatu hal yang baru di negara-negara maju, seperti Jepang, Amerika dll. Secara prinsip, metoda passive sampler terdiri dari 2 (dua) proses, yaitu proses difusi udara dan proses reaksi udara dengan bahan pereaksi yang terdapat didalam pasive sampler tersebut.

Metoda ini, dikembangkan berdasarkan hukum Fick dan hukum Henry, sangat mudah untuk mengukur polutan-polutan udara di luar ruangan (*outdoor*) maupun di dalam ruangan (*indoor*), dan dapat dikembangkan untuk menganalisa sekaligus beberapa polutan secara simultan. Disamping itu, beberapa keunggulan dapat diperoleh seperti sangat mudah untuk pengambilan sampel, tidak diperlukan battery maupun pompa saat pengambilan sampel, tidak terpengaruh perubahan cuaca seperti oleh kecepatan/arang angin, kelembaban udara dll.

Berdasarkan keunggulan-keunggulan ini, berbagai jenis *passive sampler* dikembangkan seperti oleh E. Yamada⁽⁷⁾ dan T. Korenaga dkk.⁽⁸⁾, yang telah mengembangkan passive sampler untuk mengukur kandungan gas SO₂ udara ambien. Disamping untuk mengukur bahan polutan secara terpisah, passive sampler ini juga telah dikembangkan untuk menganalisa secara simultan beberapa polutan sekaligus seperti pengukuran gas NO₂ dan gas SO₂⁽⁹⁾

Dalam paper ini, Tim monitoring kualitas udara menggunakan metode *passive sampler*, untuk menganalisa kandungan gas udara ambien yang telah dikembangkan oleh Yamada⁽¹⁰⁾ guna mengukur kandungan gas SO₂ udara ambien di berbagai kota di Asia.

1.3. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini merupakan bagian dari kerjasama penelitian dengan Departement Of Chemistry and Material Technology dan Center of Environmental Science, Kyoto Institute of Technology, Japan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kualitas udara beberapa kota besar di Asia, yaitu Peking, Shanghai, Seoul, Hong Kong, Kuala Lumpur dan Jakarta.

2. METODA PENELITIAN

2.1. Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel di Indonesia, yaitu di wilayah Jakarta dan sekitarnya, dipilih dengan kriteria yang dapat mewakili daerah pemukiman dengan asumsi tingkat pencemarannya masih rendah dan daerah perkotaan yang yang diasumsikan memiliki tingkat pencemaran cukup tinggi sebagai dampak dari perkembangan industrialisasi dan transportasi di kota-kota tersebut.

Lokasi pengambilan sampel tersebut adalah 1. Puspiptek Serpong (Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten), 2. Perumahan Pondok Safari Indah (Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten), 3. Jalan Bangka (Kodya Jakarta Selatan), 4. Pulogadung (Kodya Jakarta Timur), 5. Jalan M.H. Thamrin (Kodya Jakarta Pusat) dan Pasar Senen.

Sedangkan lokasi pengambilan sampel di kota-kota Asia lainnya, dengan pertimbangan teknis dipusatkan pada pusat kota masing-masing.

2.2. Metode Pengambilan Sampel

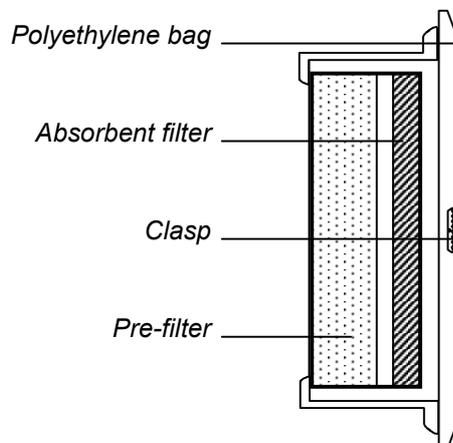
Pengambilan sampel di lokasi dilaksanakan sebagaimana digambarkan didalam tulisan sebelumnya, dengan mengganti passive sampler untuk analisa SO₂ (gambar 2) sebagai pengganti passive sampler NO₂ pada tulisan sebelumnya.

2.3. Persiapan Pembuatan Passive Sampler

Penelitian dilaksanakan secara berlanjut sejak bulan Agustus 1997 hingga Agustus 1998.

2.4. Penentuan Kandungan SO₂ Udara Ambien

Passive sampler yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Yanagisawa untuk SO₂, dengan filter penyerap (absorbent filter) terbuat dari cellulose filter (kertas saring dengan bahan cellulose) yang mengandung larutan sodium carbonate, yang bagian luarnya dilindungi dengan kotak kecil dari bahan polycarbonate berukuran 36 mm x 46 mm (gambar 2).



Gambar 2. Passive Sampler Jenis Yanagisawa Untuk Analisa SO₂

Filter ini dilindungi dengan bagian pre-filter terhadap kecepatan angin yang dapat mempengaruhi proses reaksi maupun penyerapan gas SO₂ ke dalam lapisan penyerap. Absorbent filter ini dibuat dengan cara mencuci (2 kali) cellulose filter menggunakan air distilasi dan mengeringkannya pada suhu 60 C selama 30 menit. Selanjutnya merendam cellulose filter ini kedalam larutan sodium carbonate 2,5% selama 1 jam dan dikeringkan dalam desikator selama beberapa hari.⁽¹⁰⁾

2.5. Penentuan Kandungan SO₂ di Udara Ambien

Setelah pengambilan sampel SO₂ yang dilaksanakan selama 30 hari penyerapan secara terus, filter absorben dimasukkan ke dalam tabung polyethylene 30 ml yang berisi 15 ml air distilasi. Selanjutnya, dengan penambahan 0,3 ml larutan H₂O₂ 30% maka SO₂ yang telah terserap akan teroksidasi dengan cepat menjadi SO₄²⁻. Larutan ini dapat disimpan dalam almari pendingin dan dianalisa dengan menggunakan ion chromatography (IC) Shimadzu Model HIC-6A dalam waktu tidak lebih 2 minggu.

Analisa dilaksanakan dengan menginjeksikan larutan melalui cation-exchange cartridge (Tosoh TOYOPAR IC-SP S), dengan menggunakan larutan 3.2 mM Bitris-8 mM p-hydroxy benzoic acid sebagai eluent dengan kecepatan alir 1,5 ml/menit.

Dari hasil analisa *Ion Chromatography* tersebut maka M (jumlah mol) SO₂ yang terserap dalam luasan (A) absorben filter (cm²) selama t detik dapat dihitung :

$$M = K_{OG} \times A \times t \times (1/RT) \times f \times 10^{-9}$$

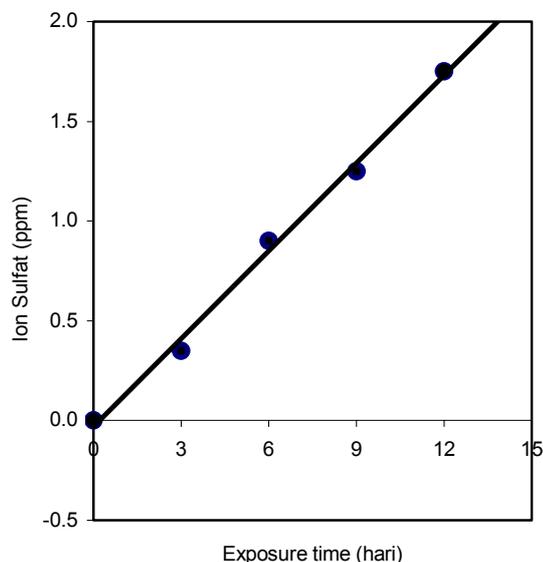
Dimana K_{OG} adalah koefisien pemindahan masa (*overall mass transfer coefficient*); f adalah konsentrasi (dalam ppb) SO₂ di udara ambien; R adalah konstanta gas ideal; T adalah temperatur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Metoda *Passive Sampler*.

Untuk memperoleh hasil yang optimal terhadap penggunaan metoda *passive sampler* untuk memonitor kandungan SO₂ di udara ambien, sebelumnya telah dilakukan pengujian metode yang dilaksanakan di Departement Of Chemistry and Material Technology dan Center of Environmental Science, Kyoto Institute of Technology, Japan.

Dalam pengujian ini, telah digunakan system terowongan angin untuk mengetahui pengaruh *exposure time* (waktu paparan, yaitu waktu pengambilan sampel sejak pertama kali *passive sampler* dibuka) terhadap jumlah serapan SO₂ pada *passive sampler*. Sistem terowongan angin ini dibuat dari dua buah silinder yang terbuat dari bahan poly(vinyl chloride) dengan silinder dalam berdiameter 15,8 cm sepanjang 156,7 cm, sedangkan silinder luar berdiameter 17 cm sepanjang 181 cm. Kandungan SO₂ didalam udara dimonitor secara kontinu dengan menggunakan alat analisa fluorescense. Aliran udara didalam silinder dibuat sedemikian sehingga terjadi sirkulasi melalui silinder dalam dan silinder luar pada kecepatan konstan. Hasil disajikan dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi SO₂ dengan exposure time.⁽¹¹⁾

Keterangan : Konsentrasi SO₂ (100 ppb); kecepatan angin (1,0 m/detik); suhu udara (20 °C) dan kelembaban udara (40-51%).

Dari hasil pengujian ini dapat diketahui bahwa terdapat hubungan linier antara jumlah SO₂ yang terserap ke dalam *passive sampler* dengan waktu paparan udara pada *passive sampler* tersebut. Hasil perhitungan terhadap grafik pada gambar 2, diperoleh koefisien pemindahan masa (K_{OG}) sebesar 0,42 centimeter per detik. Lebih lanjut, dengan variasi temperatur -2 °C dan -10 °C, nilai K_{OG} yang diperoleh masing-masing adalah 0,44 dan 0,41 centimeter per detik. Dari hasil ini dapat dinyatakan bahwa pengaruh temperatur terhadap hasil analisa dapat diabaikan. Demikian pula terhadap pengaruh kelembaban udara yang dapat diabaikan.

Metoda ini mempunyai sensitifitas deteksi (*Limit of Detection*) sebesar 0,1 ppb yang diperoleh dari hasil pengujian 5 kali ulangan (n=5) dengan relatif standar deviasi sebesar 5,2 %.

3.2. Analisa Kualitas Udara Kota Jakarta.

Hasil pengukuran SO₂ di masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar SO₂ Udara Ambien Jakarta dan sekitarnya.

LOKASI MONITORING	SO ₂ (ppb)	
	Rata-rata (n)	STDEV
Pasar Senen	8,7 (6)	1,08
Pulogadung	8,4 (6)	0,96
Jalan Thamrin	7,2 (9)	0,86
Jalan Bangka	4,2 (9)	0,43
Perumahan PSI, Pondok Aren	5,2 (6)	0,58
Puspiptek Serpong	4,2 (9)	0,50

Standar Baku Mutu : 100 ppb ⁽⁶⁾

Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum kualitas SO₂ dalam udara ambien di Jakarta relatif buruk dibandingkan dengan kualitas udara daerah-daerah di sekitar Jakarta. Hal ini sangat terkait dengan tingkat emisi kendaraan dan tingkat kepadatan kendaraan yang cukup tinggi.

Kualitas udara terburuk digambarkan pada daerah Pasar Senen dan Pulo Gadung, dimana pengambilan sampel udara dilaksanakan di sekitar terminal yang padat kendaraan. Demikian pula yang terjadi pada jalan protokol DKI, yaitu jalan M.H. Thamrin. Meskipun kualitas udaranya relatif lebih baik dibanding dengan kadar SO₂ di daerah terminal. Untuk daerah-daerah pemukiman di sekitar DKI, kualitas udaranya jauh lebih baik mengingat pada daerah ini kepadatan kendaraannya tidak setinggi di DKI. Kondisi ini, menggambarkan bahwa kualitas udara pada daerah-daerah pemukiman di sekitar Jakarta masih cukup layak dan cukup sehat bagi para penghuninya.

Hasil ini juga menunjukkan bahwa kadar SO₂ secara umum masih cukup rendah sehingga masih belum menguatirkan.

Hasil yang sama juga telah ditunjukkan oleh kualitas NO₂ pada daerah-daerah tersebut, sebagaimana telah dilaporkan pada tulisan sebelumnya. ^(1,2)

3.3. Analisa Kualitas Udara Beberapa Kota di Asia

Hasil pengukuran kualitas udara ambien beberapa kota di Asia yang telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti yang bergabung dalam Tim kerjasama penelitian "Grant-In Acid For International Scientific Research" dari Ministry of Education, Science, Sports and Culture, Japan; disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Ambien beberapa Kota di Asia.

KOTA	Kadar SO ₂ (ppb)
Peking, RRC	17,3
Shanghai, RRC	15,6
Hong Kong, RRC	3,2
Kuala Lumpur, Malaysia	8,3
Seoul, Korea Selatan	8,6
Jakarta, Indonesia	4,2 ~ 8,7

Dari hasil pengukuran kualitas udara tersebut tampak bahwa secara umum kualitas udara kota di RRC relatif buruk kecuali kualitas udara di Hongkong yang cukup baik dibandingkan dengan kota lain di Asia. Rendahnya kualitas udara di kota-kota RRC ini sangat terkait dengan proses perubahan negara RRC dari negara berkembang menuju negara industri, yang lebih mengutamakan peningkatan sektor ekonomi sehingga cenderung mengabaikan permasalahan lingkungan. Hal ini berbeda dengan Hongkong yang telah maju, sebelum diserahkan kepada RRC dari penguasa sebelumnya, yaitu Negara Inggris.

Untuk kota-kota lainnya, yaitu Kuala Lumpur, Seoul dan Jakarta, meskipun tingkat kualitas udara ambiennya masih relatif rendah dan pada tingkatan yang sama, namun kondisi ni tetap arus menjadi bahan pertimbangan bagi masing-masing kota untuk dapat mengendalikan sehingga tidak menjadi lebih buruk.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dengan menggunakan metode *passive sampler* tersebut dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode *passive sampler* ini cukup sederhana dan mudah diterapkan sehingga dimungkinkan memonitor kualitas udara mulai dari perkotaan sampai seluruh pelosok. Untuk mendukung metode ini hanya diperlukan peralatan laboratorium sederhana, seperti Ion Chromatography.
2. Hasil analisa SO₂ di beberapa lokasi menunjukkan bahwa kualitas udara Kota Jakarta masih pada tingkat yang aman, demikian pula dengan kota-kota lain di Asia.

4.2. Saran

1. Untuk mencegah bertambah buruknya kualitas udara kota Jakarta, perlu lebih digiatkan usaha monitoring dan pengendalian/ pencegahan polusi melalui pengetatan peraturan perundang-undangan lingkungan.
2. Mengingat terbatasnya fasilitas laboratorium di Indonesia, maka disarankan dalam rangka memonitor kualitas SO₂ dapat digunakan *passive sampler*, yang merupakan teknologi murah, sederhana dan mempunyai mobilitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Susanto. J.P dan Prayudi.T, 2000. *Penerapan Metode Passive Sampler Untuk Analisa NO₂ Udara Ambien di Beberapa Lokasi di Jakarta*, Journal Teknologi Lingkungan, Direktorat Teknologi Lingkungan-BPPT, Jakarta, Vol. 1 (3), hal. 227-232.

2. Susanto.J.P, 2004. *Pemanfaatan Passive Sampler Untuk Monitoring Kualitas NO₂ Dalam Udara Ambien Di Beberapa Kota Di Indonesia*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan-BPPT, Jakarta, Vol. 5 (2), hal 75-81.
3. Moore.C. Makalah *Hijau : Mutu Udara Kota*, Kedutaan Besar Amerika Serikat, <http://www.usembassyjakarta>, Jakarta.
4. Anonim 1982, Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.
5. Anonim 1997, Undang-undang no 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
6. Anonim 1999, Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemara Udara.
7. Yamada,E. 1996, *Spatial Analysis of Pollution in Kyoto by Using Sensitive Diffusional Samplers*, Annual Report Grand Aid International Scientific Research 1995~1996 Number 07044171, Ministry of Education, Science and Culture, Japan.
8. Korenaga,T. and Yanagisawa,T. 1995, *Development of Passive Sampler for Sulfur Dioxide Monitoring*, Journal of Ecotechnology Research, Vol. 1 No. 2.
9. Korenaga,T. 1999, *Simultaneous SO₂, NO₂ Monitoring With Passive Sampling and Advanced Micro-Sensing Devices in China*, Annual Report Grand Aid International Scientific Research 1996~1998 Number 08041125, Ministry of Education, Science and Culture, Japan.
10. Yamada, E., Yoshida, D., Hu, L.C,m Yamada, T. (1996), *Bunseki Kagaku*, Vol 12, hal 1083.
11. Yamada, E., Kimura, M., Tomozawa, K. and Fuse, Y., 1999, *Simple Analysis of Atmospheric NO₂, SO₂, and O₃ in Mountain by Using Passive Samplers*, Environmental Science & Technology, Vol. 33 (23), hal 4141-4145.