

# PENERAPAN METODE *PASSIVE SAMPLER* UNTUK ANALISA NO<sub>2</sub> UDARA AMBIEN DI BEBERAPA LOKASI DI JAKARTA DAN SEKITARNYA

Oleh : Joko Prayitno Susanto\* dan Teguh Prayudi <sup>\*)</sup>

## Abstrak

*Analisa polutan udara ambien seperti NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> dan lain-lain dengan menggunakan Metode Passive Sampler telah banyak digunakan di negara-negara maju seperti Jepang, Thailand, China, USA. Sedangkan di Indonesia, metode ini masih belum dikenal luas. Metode ini memiliki banyak kelebihan dibanding dengan metode lain, antara lain mudah dibawa dan mempunyai tingkat mobilitas yang tinggi, dapat digunakan untuk menganalisa udara pada kondisi cuaca yang berbeda dll.*

*Dalam paper ini, penulis bekerja sama dengan Universitas Tokushima, Jepang telah mencoba menerapkan metode Passive Sampler yang dikembangkan oleh Yanagisawa<sup>(1)</sup> untuk menganalisa konsentrasi NO<sub>2</sub> dalam udara ambien di beberapa lokasi di Jakarta dan sekitarnya dari bulan Januari 1997 sampai Agustus 1997*

*Hasil analisa menunjukkan bahwa kandungan NO<sub>2</sub> udara ambien di wilayah Jakarta dan sekitarnya belum melebihi nilai ambang batas yang ditentukan.*

**Katakunci :** *Passive sampler, Analisa NO<sub>2</sub> udara ambien*

## 1. PENDAHULUAN

Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) merupakan bahan polutan udara terpenting, yaitu sebagai salah satu komponen utama yang memberikan kontribusi terhadap kualitas udara maupun kualitas air hujan (hujan asam) yang terjadi, disamping sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>).

Berbagai cara telah banyak digunakan untuk menganalisa kadar NO<sub>2</sub> udara ambien, baik yang konvensional, seperti dengan metode TEA plate<sup>(2)</sup>, maupun yang sudah menggunakan teknologi tinggi seperti alat monitoring otomatis yang banyak ditempatkan pada stasiun tempat monitor kualitas udara diperkotaan padat lalu lintas maupun daerah industri.

Metoda passive sampler 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 baterai maupun pompa saat pengambilan sampel, tidak terpengaruh perubahan cuaca seperti oleh kecepatan/arahan angin, kelembaban udara dll.

Berdasarkan keunggulan-keunggulan ini, berbagai jenis passive sampler dikembangkan seperti oleh E. Yamada<sup>(3)</sup> dan T. Korenaga dkk.<sup>(4)</sup> yang telah mengembangkan passive sampler untuk mengukur kadar gas SO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> dan gas SO<sub>2</sub>.<sup>(5)</sup>

Dalam paper ini, penulis mencoba memperkenalkan metode passive sampler, yang merupakan metode baru untuk menganalisa kadar gas NO<sub>2</sub> udara ambien, yang telah dikembangkan oleh Yanagisawa<sup>(1)</sup>

<sup>\*) Penulis adalah staf peneliti pada Kelompok Teknologi Produksi Bersih dan Pencegahan Pencemaran Udara, pada Direktorat Teknologi Lingkungan – Deputi Bidang Teknologi Informatika, Energi, Material dan Lingkungan - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi</sup>

guna mengukur kadar gas NO<sub>2</sub> udara ambien di berbagai lokasi di Jakarta dan sekitarnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mengetahui secara detail tentang metode *passive sampler*, dalam paper ini disajikan tentang teori yang melatarbelakangi metode ini, gambaran alat, reaksi-kimia yang terjadi, prosedur analisa serta cara penghitungan kadar NO<sub>2</sub>.

### 2.1 Teori Passive Sampling<sup>(5)</sup>

Konsentrasi gas asam (SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>) yang terserap pada passive sampler dihitung berdasarkan Hukum Fick, Hukum Henry dan teori *absorption* (penyerapan) gas. Dasar dari metode ini adalah adanya proses penyerapan bahan polutan (gas) menggunakan *coefficient mass transfer* (koefisien pemindahan masa) K<sub>OG</sub>. *Mass flux* (aliran mass) yang dipindahkan melalui difusi molekuler dihitung dengan menggunakan Hukum Henry sebagai berikut:

$$N = -D[dC/dx] \quad (1)$$

dimana

$$N = \text{mass flux} [\text{mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})],$$

$$D = \text{Molecular diffusivity} (\text{cm}^2/\text{s}),$$

$$C = \text{molarity} (\text{mol}/\text{cm}^3)$$

Bila koefisien *mass transfer* dinyatakan sebagai K<sub>g</sub>, mass flux di dalam phase gas menjadi :

$$N_g = K_g (C_g^i - C_g^o) \quad (2)$$

dimana

$$K_g = D_g/d_x$$

$$C_g^i = \text{Konsentrasi NO}_2 \text{ di dalam phase gas}$$

$$C_g^o = \text{Konsentrasi NO}_2 \text{ di dalam phase cair}$$

Jika NO<sub>2</sub> tidak bereaksi di dalam phase cair, *mass flux* dapat didefinisikan sebagai:

$$N_i = K_i (C_i^o - C_i^i)$$

$$\text{dimana} \quad K_i = D_i / d_x$$

$$C_i^o = \text{Konsentrasi NO}_2 \text{ di dalam phase gas}$$

$$C_i^i = \text{Konsentrasi NO}_2 \text{ di dalam phase cair}$$

Apabila NO<sub>2</sub> bereaksi dalam phase cair, maka *mass flux* dapat didefinisikan sebagai:

$$N_i = C_i (k \times D_i) \times 0,5 \quad (4)$$

Sampler yang telah diberi *absorbent reagent* (bahan penyerap) sebagai phase cair, akan mengikuti hukum Henry yang berlaku untuk phase gas dan phase cair sebagai berikut:

$$C_g^i = m p_i^i$$

dimana m adalah konstanta Henry.

*Massa flux* dari phase gas ke phase cair dinyatakan dalam persamaan:

$$N = N_g = N_l = B_{OG} C_g \quad (6)$$

dimana B<sub>OG</sub> adalah *coefisien overall mass transfer*. Berdasarkan phase gas, B<sub>OG</sub> didefinisikan sebagai:

$$1/K_{OG} = m/K_l + 1/k_g \quad (7)$$

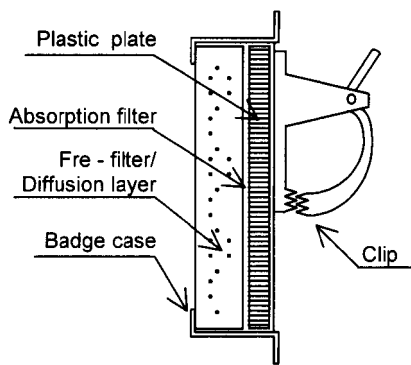
Apabila banyaknya NO<sub>2</sub> yang melalui permukaan *passive sampler A* (cm<sup>2</sup>) selama waktu T(detik) adalah M, maka:

$$M = K_{OG} \times A \times T \times (1/RT) \times f_{gas} \times 10^{-9} \quad (8)$$

Dimana R dan T adalah konstanta gas ideal dan temperatur, f<sub>gas</sub> adalah konsentrasi NO<sub>2</sub> yang terserap (ppb).

### 2.2 Passive Sampler Jenis Yanagizawa<sup>(5)</sup>

*Passive sampler* Jenis Yanagisawa mempunyai *diffusion layer* (lapisan difusi) yang melindungi *absorption filter* (filter penyerap) sebelum terjadi proses penyerapan gas NO<sub>2</sub>. Skema *passive sampler* jenis Yanagizawa ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. *Passive Sampler* Jenis Yanagizawa

*Passive sampler* ini secara umum dibagi dalam 2 bagian, yaitu *diffusion zone* (bagian difusi) dan *absorbent zone* (bagian penyerapan).

*Diffusion zone* ini terdiri dari lapisan-lapisan bahan terbuat dari *polytetrafluorethylene*. Lapisan ini digunakan untuk melindungi bagian penyerapan terhadap kecepatan angin yang dapat mempengaruhi proses reaksi maupun penyerapan gas  $\text{NO}_2$  ke dalam lapisan penyerap. Sedangkan bagian penyerapan terbuat dari *filter cellulose* yang mengandung larutan *triethanolamine (TEA)*, yang berfungsi sebagai bahan penyerap gas  $\text{NO}_2$ .

### 2.3 Perhitungan $\text{NO}_2$ Untuk *Passive Sampler* Jenis Yanagizawa<sup>(6)</sup>

Untuk menghitung jumlah gas  $\text{NO}_2$  yang terserap pada *passive sampler*, digunakan persamaan garis lurus yang diperoleh dari hubungan antara konsentrasi  $\text{NO}_2$  standar dengan absorbansi dengan menggunakan detektor analisa spektropotometer. Persamaan yang diperoleh Yanagizawa adalah:

$$(I - I_0) = (3,65 \times 10^{-6}) \times M \quad (9)$$

Dimana  $I$  adalah absorbansi setelah penyerapan gas  $\text{NO}_2$ ,  $I_0$  adalah absorbansi sebelum penyerapan gas  $\text{NO}_2$ ,  $M$  adalah jumlah gas  $\text{NO}_2$  yang terserap pada *passive sampler* dan bilangan  $(3,65 \times 10^{-6})$  adalah konstanta yang diperoleh dari kalibrasi.

Berdasarkan hasil penelitiannya, Yanagizawa memperoleh nilai  $K_{OG}$  sebesar 0,14 cm/detik, yaitu nilai yang diperoleh pada

kondisi sampling : temperatur  $20^\circ\text{C}$  ( $293^\circ\text{K}$ ), kelembaban udara relatif : 60% dan kecepatan angin : 2 m/detik. Luas permukaan filter yang digunakan untuk menyerap  $\text{NO}_2$  ditetapkan  $9,88 \text{ cm}^2$ , waktu sampling dilaksanakan selama 24 jam (86.400 detik) dan konstanta gas ideal adalah  $82,05 \text{ cm}^2 \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot ^\circ\text{K}$ . Dengan variabel tersebut, maka diperoleh

$$M = 4,97 \times 10^{-9} \times f_{\text{NO}_2} \quad (10)$$

Sehingga hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi yang diserap pada filter selama 24 jam adalah

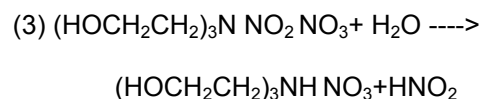
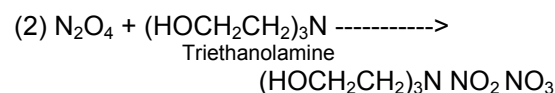
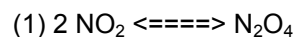
$$(I - I_0) = (3,65 \times 10^{-6}) \times 4,97 \times 10^{-9} \times f_{\text{NO}_2}$$

atau

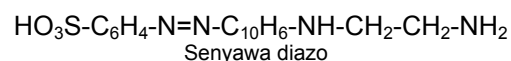
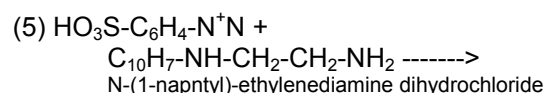
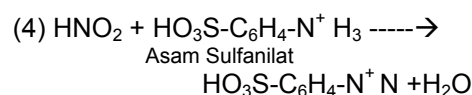
$$f_{\text{NO}_2} = 55 \times (I - I_0) \quad (11)$$

### 2.4 Reaksi kimia

Menurut Gold<sup>(7)</sup>, mekanisme reaksi yang terjadi antara *triethanolamine* dengan gas  $\text{NO}_2$  melalui pembentukan senyawa antara *nitroso ammonium nitrate* sebagai berikut:



Sedangkan dalam metode *passive sampler* ini pada saat analisa sampel terjadi reaksi pembentukan senyawa diazo berdasarkan mekanisme reaksi Griess sebagai berikut:

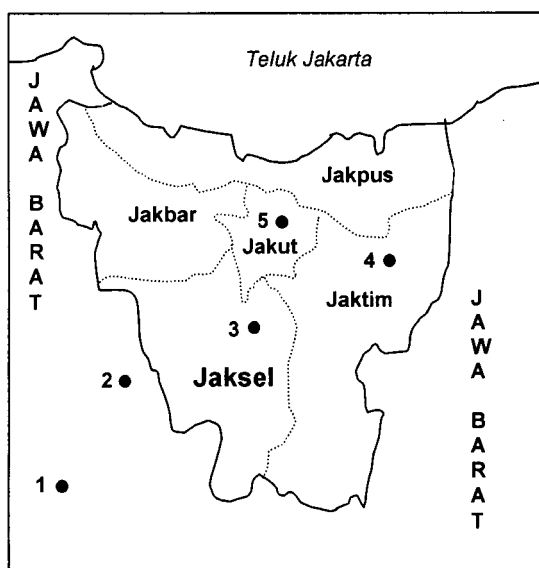


Senyawa diazo yang terbentuk merupakan senyawa berwarna oranye kemerah-merahan yang dapat dianalisa menggunakan spektropotometer pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 525 nm.

### 3. PERCOBAAN

#### 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Menggunakan *passive* yang telah dikembangkan oleh Yanagizawa ini penulis mencoba untuk menerapkannya di Indonesia dengan melakukan pengukuran kadar gas  $\text{NO}_2$  di beberapa lokasi Jakarta dan sekitarnya. Lokasi-lokasi tersebut dipilih didasarkan pada asumsi bahwa lokasi di dalam kota memiliki tingkat polusi udara yang lebih tinggi dibanding dengan lokasi di luar kota Jakarta seperti Serpong maupun daerah perbatasan JakartaTangerang yaitu Kecamatan Pondok Aren, Daerah Tingkat II Kabupaten Tangerang. Peta lokasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel tersebut adalah: 1. Puspipstek Serpong (Kabupaten Dati II Tangerang), 2. Perumahan Pondok Safari Indah (Kabupaten Dati II Tangerang), 3. Jalan Bangka (Kodya Jakarta Selatan), 4. Cakung (Kodya Jakarta Timur) dan 5. Gedung BPPT (Kodya Jakarta Pusat).

#### 3.2 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dengan menggunakan *passive sampler* ini sangat sederhana dan mudah, dan dapat dilaksanakan oleh setiap orang karena tidak memerlukan tingkat pengetahuan yang tinggi.

Mula-mula *passive sampler* dalam kemasan kantong dari bahan *polyethylene* (sebagai pelindung terhadap kontaminasi udara) dikeluarkan dengan cara merobek kantong tersebut. Selanjutnya, *passive sampler* ditempatkan pada lokasi yang terlindung dari hujan dengan cara menggantungnya pada suatu tempat selama 24 jam atau kelipatannya sesuai dengan prediksi kadar  $\text{NO}_2$  setempat. Setelah sampling, *passive sampler* dimasukkan kembali ke dalam kantong semula dan kantong ditutup rapat dengan menggunakan selotip untuk menghindari kontaminasi udara. Dalam kantong ini sampler dapat bertahan dalam waktu yang cukup lama sebelum dilakukan analisa Kmia di laboratorium.

#### 3.3 Waktu Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 1997 serta bulan Agustus 1997 untuk lokasi Puspipstek Serpong dan Jalan Bangka. Sedangkan ketiga lokasi yang lainnya, pengambilan sampel hanya dilaksanakan pada bulan Agustus 1997.

#### 3.4 Bahan dan Prosedur Analisa Sampel

##### 3.4.1. Bahan

*Passive sampler*. Digunakan *passive sampler Filter Badge*, produksi Toyo Roshi Ltd., Tokyo, Japan. Sebagai pelarut, digunakan air distilasi yang diperoleh melalui pemurnian air hasil distilasi menggunakan alat Milli-Q Lab system (Millipore, Milford, MA, USA).

Larutan Salzman. Dibuat dengan melarutkan 5 gram asam sulfanilat ke dalam labu ukur yang telah berisi 700 ml air distilasi, menambahkan 50 ml asam fosfat pekat kedalam larutan tersebut, dan mengocoknya hingga sempurna. Selanjutnya kedalam larutan ini ditambahkan 50 ml larutan  $\text{N}-(1\text{naphtyl})\text{-ethylendiamine dihydrochloride } 0,1 \% \text{ (w/w)}$ , dan diencerkan sehingga menjadi 1000 ml.

##### 3.4.2. Prosedur Analisa Sampel

Untuk menganalisa  $\text{NO}_2$  dalam sampler, pertama-tama filter penyerap

dikeluarkan dari badge dengan mengikuti petunjuk yang diberikan Analisa kandungan NO<sub>2</sub> dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Filter penyerap yang telah menyerap NO<sub>2</sub>, dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 ml larutan Salzman.
2. Mengocok larutan di atas selama 10 menit pada suhu antara 25°C - 30°C, dan mengulangi sampai 4 kali sehingga seluruh NO<sub>2</sub> yang terserap dalam filter bereaksi sempurna dengan pereaksi.
2. Memindahkan larutan ke dalam *cell quarsa* ukuran 10 mm, mengukur absorbansi larutan (I) menggunakan detektor spektropotometer pada  $\lambda$  525 nm. (Dalam pengukuran absorbansi ini dipakai larutan Salzman sebagai larutan pembanding).
3. Untuk memperoleh absorbansi larutan blanko (I<sub>0</sub>), mengulang langkah-langkah 1~3 di atas dengan menggunakan filter penyerap yang belum digunakan untuk sampling.
5. Dari hasil absorbansi sampel dan absorbansi blanko, maka kadar NO<sub>2</sub> dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (11), yaitu  $f_{NO_2} = 55 \times (I - I_0)$ .

#### 4. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran harian kadar NO<sub>2</sub> di lokasi Puspipstek, serpong dan Jalan Bangka, Jakarta Selatan dapat dilihat pada gambar 3.

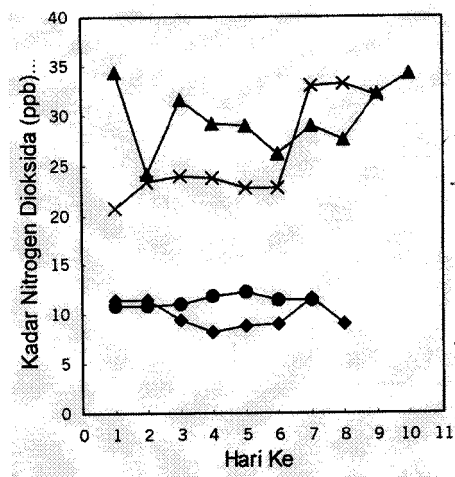
Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa secara umum kadar NO<sub>2</sub> di jalan Bangka, Jakarta Selatan (dalam hal ini dianggap mewakili kualitas udara kota Jakarta) hampir 3 (tiga) kali lipat nilai yang diperoleh dari lokasi Puspipstek Serpong (yang dianggap mewakili kualitas udara luar kota). Buruknya kualitas udara Jakarta ini, diduga sebagian besar merupakan kontribusi dari emisi kendaraan yang cukup padat setiap hari.

Dengan asumsi bahwa bulan Januari mewakili musim hujan dan bulan Agustus mewakili musim kemarau, hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas NO<sub>2</sub> udara ambien hampir tidak mengalami perbedaan yang berarti untuk musim yang berbeda. Hal ini berbeda dengan negara-negara sub-tropis, dimana perbedaan musim sangat mempengaruhi kadar NO<sub>2</sub> di udara. Pada musim panas akan terjadi peruraian NO<sub>2</sub> sebagai akibat terjadinya reaksi fotokimia (*photochemical reaction*) dengan radikal bebas OH yang disebabkan oleh kuatnya radiasi matahari dimusim panas.<sup>(8)</sup>

Tabel 1. Rata-rata Kadar NO<sub>2</sub> di Beberapa Lokasi di Jakarta dan Sekitarnya.

Lokasi	Rata-rata NO <sub>2</sub> (ppb)	
	Januari	Agustus
Puspipstek	9,9	11,4
Pondok Safari Indah*	-	21,9
Jl Bangka	29,7	26,2
Cakung*	-	23,7
Jl Thamrin*	-	38,0

\* Tidak dilakukan pengamatan pada bulan Januari



Gambar 3. Hasil Pengukuran Harian Kadar NO<sub>2</sub> Di Puspipstek dan Jalan Bangka

- (-6-) Puspipstek daritanggal27 Januari1997
- (-!-) Puspipstek daritanggal27 Agustus1997
- (-▲-) Man Bangka daritanggal14 Januari1997
- (-x-) Jalan Bangka daritanggal 26 Agustus1997)

Pada tabel 1 di atas juga dapat dilihat hasil rata-rata pengukuran NO<sub>2</sub> di beberapa lokasi. Dari lokasi-lokasi tersebut tampak bahwa kualitas udara semakin buruk untuk wilayah-wilayah dalam kota dibanding lokasi luar kota. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dari lokasi pengambilan sampel seperti yang tertera pada gambar 1 di atas. Sebagai wilayah yang jauh dari kota Jakarta, Puspipstek serpong masih dipandang sebagai wilayah yang mempunyai udara segar. Selanjutnya Komplek perumahan Pondok Safari indah yang terletak di perbatasan DKI dengan Propinsi Jawa Barat, meskipun kualitas NO<sub>2</sub> nya lebih buruk dibanding dengan Puspipstek, namun masih jauh berada dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan

(15 0 ppb, Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara) sehingga masih cukup layak sebagai wilayah pemukiman. Untuk lokasi lokasi di dalam kota Jakarta, meskipun nilai NO<sub>2</sub> nya juga masih dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan, tetapi terlihat semakin ke dalam kota, mempunyai kecenderungan meningkat

Untuk mengetahui kemampuan minimum metode ini dalam menganalisa kadar NO<sub>2</sub> di udara ambien, dicoba membandingkan hasil sampling di dalam ruangan (*indoor*) dan diluar ruangan (*outdoor*) suatu Hotel yang terletak di Jakarta Pusat. Hasil analisa menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar antara kadar NO<sub>2</sub> dalam ruangan (3,1 ppb) dan diluar ruangan (21,2 ppb). Dari percobaan ini dapat dinyatakan pula bahwa *passive sampler* dapat menganalisa NO<sub>2</sub> pada kadar yang cukup rendah, sehingga cukup layak untuk digunakan sebagai alat memonitor kualitas NO<sub>2</sub>, baik memonitor daerah yang belum tercemar maupun daerah-daerah yang telah tercemar berat seperti daerah-daerah industri.

## 5. KESIMPULAN

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

1. Metode 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 spektropotometer.
2. Hasil analisa NO<sub>2</sub> di beberapa lokasi menunjukkan bahwa kualitas udara Kota Jakarta cukup memprihatinkan karena di konsentrasi NO<sub>2</sub> di beberapa lokasi sudah mendekati nilai ambang batas yang diijinkan, sehingga menjadi peringatan bagi instansi yang terkait dengan masalah pengendalian udara.

## 6. SARAN

1. Untuk menghindari semakin buruknya kualitas udara kota Jakarta, perlu lebih digiatkan usaha monitoring dan pengendalian/pencegahan polusi melalui pengetatan terhadap peraturan-peraturan lingkungan yang terkait.

2. Mengingat terbatasnya fasilitas laboratorium di Indonesia, maka disarankan dalam rangka memonitor kualitas NO<sub>2</sub> dapat digunakan teknologi-teknologi murah dan sederhana seperti *passive sampler*, dibanding menggunakan teknologi tinggi yang diperoleh melalui pinjaman Luar Negeri.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Y. Yanagisawa, 1982, *Environmental International*, **Vol 8**, p.235-242.
2. S. C. Barton and H. G. Mcadie, 1974, *A Cumulative Survey Technique for Atmospheric Nitrogen Dioxide*, Presentation note at the 67th annual meeting of the air pollution control association.
3. E. Yamada, 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.
4. T. Korenaga and Y. Yanagisawa, 1995, *Development of Passive Sampler for Sulfur Dioxide Monitoring*, Journal of Ecotechnology Research, **Vol 1**, No. 2
5. T. Korenaga, 1999, *Simultaneous SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Monitoring With Passive Sampling and Advanced Micro-Sensing Devices in China*, Annual Report Grand Aid International Scientific Research 19961998 Number 08041125, Ministry of Education, Science and Culture, Japan
6. Y. Yanagizawa and K. Sugiura, 1996, *Introduction of The Yanagizawa Badge (NO<sub>2</sub> Filter Badge)*, Annual Report Grand Aid International Scientific Research 19951996 Number 07044171, inistry of Education, Science and Culture, Japan.
7. A. Gold, 1977, *Stoichiometry of Nitrogen Dioxide Determination in The Triethanolamine Trapping Solution Analytical Chemistry*, **Vol 49**, p.1448-1450.
8. p. J. Crutzen, J. Lelieveld and C. Bruhl, 1994, *Environmental Oxidants*, John Wiley & Son, inc. pp.63.