

YOGYAKARTA AIR BORNE QUALITY BASED ON THE LEAD PARTICULATE CONCENTRATION

Kualitas Udara Kota Yogyakarta Ditinjau dari Kadar Partikulat Timah Hitam (Pb)

Zaenal Abidin^{1,*} and Sunardi²

¹Polytechnic Institute of Nuclear Technology, Babarsari St. PoBox 6101 YKBB Yogyakarta 55281 Indonesia

²Centre for Accelerator and Material Process Technology, Babarsari St. Babarsari St. PoBox 6101 YKBB Yogyakarta 55281 Indonesia

Received December 18, 2008; Accepted October 10, 2009

ABSTRACT

Analysis of Yogyakarta air quality based on concentration of lead particulate using Fast Neutron Activation Analysis (FNAA) method has been done. The sample was taken 3 times in 16 strategic locations of Yogyakarta city using Hi-Vol air sampler that equipped with cellulose filter TFA 2133. The sample irradiated for 30 min with 14 MeV fast neutron and then counted using gamma spectroscopy (AccuSpec). The result indicated that concentration of Pb-208 along Diponegoro street up to Janti street respectively are minimally (0.689 – 0.775) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and maximally: (1.598 – 1.785) $\mu\text{g}/\text{m}^3$. According to DIY governor decree No. 153/2002 about the limited toxicity ambient on Yogyakarta area it is concentration that Pb. The concentration of Pb-208 are still below the permitted value of 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, but in certain areas, the Pb concentration is almost equal to upper limit of permitted concentration of Pb.

Keywords: air borne, neutron generator, FNAA

PENDAHULUAN

Udara mempunyai arti yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup, karena udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Pencemaran udara diartikan dengan turunnya kualitas udara atau udara telah mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya yang akhirnya tidak dapat digunakan lagi sebagaimana mestinya. Pencemaran udara selalu terkait dengan kendaraan bermotor dan kegiatan industri, selain akibat aktivitas manusia, alampun dapat merupakan sumber pencemar tersendiri, misalnya akibat meletusnya gunung berapi, debu tanah yang terbang tertiuip angin dan lain sebagainya.

Dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang berlanjut dengan berkembangnya industri yang menghasilkan limbah dan dibuang ke lingkungan, maka kebutuhan akan perlindungan dan pemeliharaan lingkungan hidup yang sehat dan aman perlu mendapatkan perhatian. Sejalan dengan itu kebutuhan akan sarana transportasi juga akan meningkat, terbukti berbagai jenis kendaraan setiap hari lalu lalang memadati ruas jalan tertentu. Hal ini dikhawatirkan dapat menurunkan tingkat kualitas udara atau berdampak pada tercemarnya udara.

Pencemaran udara di kota Yogyakarta sudah menjadi permasalahan yang pelik saat ini, yang perlu penanganan secara intensif. Pada daerah perkotaan,

sektor transportasi dan industri mempunyai andil yang besar pada pencemaran udara, karena 70% pencemaran berasal dari asap kendaraan bermotor. Peningkatan volume kendaraan tidak sebanding dengan panjang atau penambahan jalan baru. Kemudian muncul persoalan kemacetan, tidak teraturinya lalu lintas dan polusi udara yang lebih banyak disebabkan oleh timbal yang berasal dari asap kendaraan bermotor, dan ini terjadi di kota Yogyakarta. Pertumbuhan kendaraan bermotor dapat diketahui dengan meningkatnya volume kendaraan yang melintas di jalan-jalan dalam kota Yogyakarta, tidak hanya kendaraan roda empat yang jumlahnya semakin hari semakin meningkat tetapi angka terbesar ditempati oleh kendaraan roda dua. Banyaknya kendaraan roda dua salah satunya disebabkan oleh kehadiran para pendatang, baik untuk niaga maupun menuntut ilmu [1].

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara dan dengan Keputusan Gubernur DIY nomor 253 tahun 2002 tentang baku mutu udara ambien di daerah propinsi DIY, bahwa udara sebagai sumber daya alam yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya harus dijaga dan dipelihara kelestariannya dan dijamin mutunya, maka diperlukan usaha untuk memelihara udara, menjaga dan menjamin mutu udara melalui pengendalian

* Corresponding author.
Email address : zaenala6@gmail.com

pencemaran udara dengan tujuan terpeliharanya kualitas udara ambien.

Polusi udara adalah masuknya zat, energi, atau benda ke dalam lingkungan udara atau atmosfer sehingga atmosfer tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Udara itu penting untuk pernapasan dan metabolisme tubuh manusia, hewan dan tumbuhan. Kalau udara tercemar polutan, maka fungsi-fungsi udara tidak berjalan sebagaimana peruntukannya.

Asap kendaraan bermotor mengandung timah hitam (Pb) yang akan mencemari lingkungan udara, sehingga udara yang tercemar tersebut akan dihirup manusia [2]. Padahal timah hitam (Pb) sangat membahayakan kesehatan manusia, misalnya akan gangguan pada sistem pembentukan sel-sel darah, dapat memperpendek umur sel darah merah, menyebabkan anemia, bahkan dapat mengakibatkan penurunan kualitas inteligensia pada anak-anak. Logam pencemar timah hitam bisa terakumulasi dalam tubuh, menyerang organ-organ penting, bahkan bisa merusak kualitas keturunan.

Sehubungan dengan kekhawatiran akan terjadinya penurunan kualitas udara di Yogyakarta beserta dampak negatifnya bagi makhluk hidup, perlu ada langkah nyata untuk melakukan pemantauan kualitas udara secara intensif dan terpadu khususnya pemantauan unsur Pb. Selanjutnya dari hasil pemantauan dapat dipakai sebagai masukan dan langkah tindakan lebih lanjut dalam mengambil kebijakan pengelolaan lingkungan khususnya pengendalian pencemaran lingkungan udara.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara sebagian kota Yogyakarta ditinjau dari kadar partikulat timah hitamnya, dengan metode analisis aktivasi neutron cepat (AANC). Metode ini memiliki selektivitas, sensitivitas dan keakuratan yang tinggi sampai skala nanogram, tidak merusak bahan, dapat melacak beberapa isotop dalam waktu yang bersamaan, penyiapan cuplikan mudah dan cepat. Data penelitian yang diperoleh diharapkan bisa sebagai acuan yang berwenang untuk menetapkan kebijakan pengelolaan mutu lingkungan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cuplikan udara yang diambil dari 16 tempat di kota Yogyakarta, filter selulosa TFA 233, sumber radioaktif standar Co-60, Cs-137, Eu-152.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit generator neutron SAMES J-25 untuk aktivasi



Gambar 1. Skema langkah-langkah penelitian

neutron, PC/AT dan AccuSpec, perangkat spektrometer gamma dengan detektor HPGe, dan alat penyedot partikulat udara *Hi-vol sampler* (Staplex). Proses penelitian secara lengkap diberikan pada Gambar 1.

Prosedur Kerja

Pengambilan cuplikan

Cuplikan udara dari beberapa lokasi sampling disedot dengan alat penyedot *Hi-Vol air sampler* (Staplex) yang dilengkapi dengan filter selulosa TFA 2133 selama 15 menit. Pengambilan cuplikan dilakukan sebanyak 3 kali pada bulan Maret, April dan Mei tahun 2007 dengan memperhatikan debit pompa, keadaan cuaca serta lokasi pencuplikan. Gambar 2 dan Tabel 1 memperlihatkan lokasi pengambilan cuplikan di wilayah kota Yogyakarta. Cuplikan udara yang berupa filter selulosa dimasukkan dalam wadah plastik dan diberi label sesuai dengan lokasi pencuplikan, sedangkan filter blanko langsung dimasukkan dalam kantong plastik dan diberi kode.

Iradiasi dan Pencacahan cuplikan

Masing-masing cuplikan diiradiasi dengan neutron cepat 14 MeV menggunakan generator neutron selama 30 menit dengan arus deuteron 900 μ A, tegangan operasi generator neutron sebesar 110 kV. Kemudian dilakukan pencacahan dengan alat spektrometer gamma (AccuSpec) yang dilengkapi dengan detektor HPGe.

Identifikasi unsur Pb

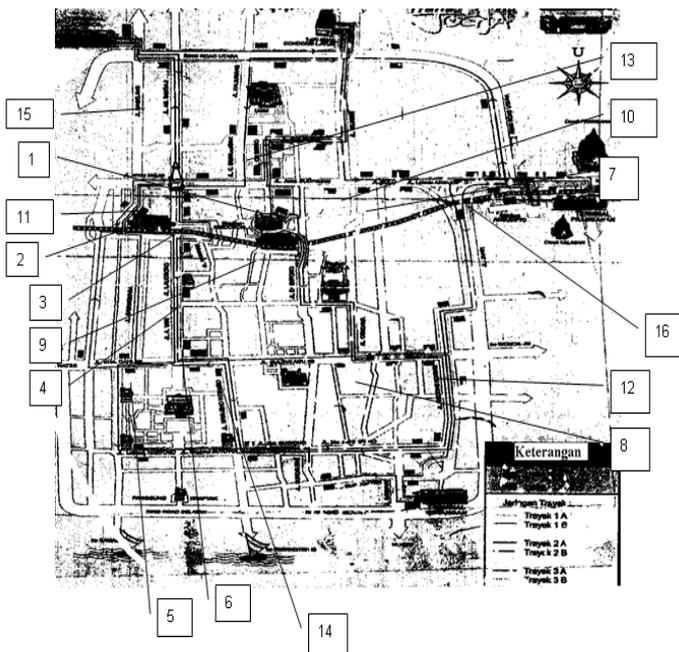
Unsur Pb dapat dianalisis dengan aktivasi neutron cepat dengan batas deteksi unsur Pb sekitar 5 μ g [3]. Hasil cuplikan udara yang tersaring dalam filter diiradiasi dengan neutron cepat selama 30 menit menggunakan generator neutron. Analisis kualitatif dapat diperoleh dengan melakukan identifikasi nomor salur atau energi spektrum radiasi yang dipancarkan oleh cuplikan, sedangkan analisis kuantitatif dengan menghitung jumlah cacah atau luas spektrumnya. Jumlah cacah yang diperoleh dari alat spektrometri gamma adalah [3-4]

$$C = \frac{mN_A}{BA} a \frac{\phi\sigma\epsilon Y}{\lambda} (1 - e^{-\lambda ta}) e^{-\lambda td} (1 - e^{-\lambda tc}) \quad (1)$$

Untuk menghitung massa unsur dalam cuplikan maka persamaan (1) dapat diubah sebagai berikut:

Tabel 1. Kode dan tempat pengambilan cuplikan udara di sebagian kota Yogyakarta:

Kode Cuplikan	Lokasi sampling	Kordinat
1	Jalan Diponegoro (barat Gramedia)	7°46'59.21"S; 110°22'28.13"E
2	Jalan Tentara Pelajar (depan BPD)	7°47' 6.71"S; 110°21'38.03"E
3	Jalan P. Mangkubumi (depan PLN)	7°47'15.78"S; 110°21'59.45"E
4	Jalan Malioboro (depan Dinas Pariwisata)	7°47'43.04"S; 110°21'56.16"E
5	Jalan K.H.A. Dahlan (pertigaan PKU)	7°48' 4.43"S; 110°21'43.49"E
6	Jalan A. Yani (depan pasar Beringharjo)	7°47'56.46"S; 110°21'54.42"E
7	Jalan Solo (perempatan IAIN)	7°46'59.00"S; 110°23'42.33"E
8	Jalan Kusumanegara (depan UST)	7°48' 7.07"S; 110°23'18.83"E
9	Jalan Ipda Tut Harsono (depan STTNAS)	7°47'19.02"S; 110°22'25.75"E
10	Jalan Urip Sumoharjo (perempatan Demangan)	7°46'59.32"S; 110°23'15.23"E
11	Simpang empat Pingit	7°46'58.80"S; 110°21'38.31"E
12	Simpang empat Gedong Kuning	7°48' 9.14"S; 110°24'6.88"E
13	Simpang empat Mirota Kampus	7°46'33.68"S; 110°22'28.22"E
14	Simpang empat Gondomanan	7°48' 5.95"S; 110°22'8.14"E
15	Jalan Magelang depan TVRI	7°45'50.79"S; 110°21'42.25"E
16	Simpang empat Janti	7°46'59.54"S; 110°24'38.66"E

**Gambar 2.** Peta lokasi pencuplikan kota Yogyakarta

$$m = \frac{CB_A \lambda}{N_A a \phi \sigma \varepsilon Y} \times \frac{1}{(1 - e^{-\lambda t_a})(e^{-\lambda t_d})(1 - e^{-\lambda t_c})} \quad (2)$$

dengan ϕ = fluks neutron; σ = tampang lintang reaksi; λ = tetapan peluruhan; t_a = waktu yang diperlukan untuk iradiasi; t_d = waktu tunda (*cooling time*); t_c = waktu yang diperlukan untuk pencacahan; m = massa cuplikan; a = kelimpahan relatif isotop cuplikan; Y = *yield* gama; N_A = bilangan Avogadro; B_A = berat atom unsur cuplikan

Hasil pencacahan pada alat spektrometri gamma diamati energi pada puncak spektrum bentukan dari Pb-208, energi isotop hasil interaksi neutron cepat dengan

unsur Pb-208 adalah 583 keV dengan reaksi Pb-208 (n,p) Tl-208, dengan waktu paro isotop 3,05 menit, kelimpahan isotop 52,4%, yield gamma 86%. Dengan mempertimbangkan energi isotop, tampang lintang reaksi, waktu paruh isotop, dan kelimpahan isotop maka pada tiap-tiap puncak energi dapat ditentukan unsurnya.

Untuk menghitung kadar cuplikan dengan metode absolut, maka data nuklir seperti *abundansi* (a), tampang lintang aktivasi (σ), yield gamma (Y), tetapan peluruhan isotop (λ), berat atom (B_A) harus diketahui. Fluks neutron dihitung dengan persamaan (1) yang dapat diubah menjadi:

$$\phi = \frac{C \lambda B_A}{N_A \sigma \varepsilon m a Y} \left[\frac{1}{(1 - e^{-\lambda t_r})(e^{-\lambda t_d})(1 - e^{-\lambda t_c})} \right] \quad (3)$$

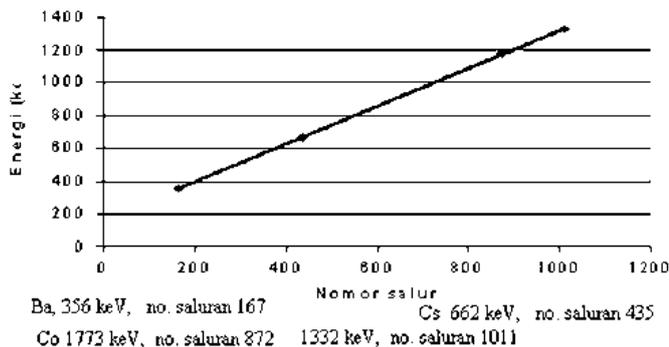
Untuk menghitung massa unsur dalam cuplikan dihitung dengan persamaan:

$$m = \frac{CB_A \ln 2}{N_A a \phi \sigma \varepsilon Y T_{1/2}} \times \frac{1}{(1 - e^{-\lambda t_a}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c})} \quad (4)$$

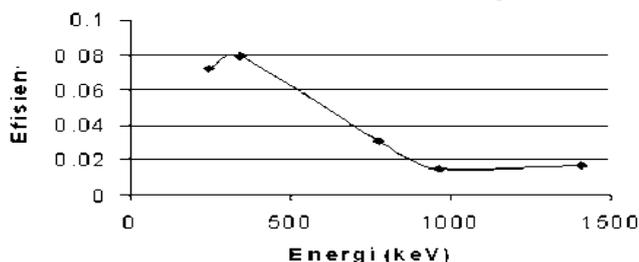
Masa hasil perhitungan dibandingkan dengan volume total yang terambil alat *air sampler*, sehingga diperoleh nilai kadar unsur dalam cuplikan.

Kalibrasi spektrometri gamma

Sebelum dilakukan pencacahan, maka perlu dilakukan terlebih dahulu kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi pada alat spektrometri gamma (AccuSpec). Kalibrasi energi ini dilakukan dengan tujuan agar dalam pencacahan cuplikan diperoleh hubungan antara nomor salur (kanal) yang bersesuaian dengan energi isotop dalam cuplikan.



Gambar 3. Hasil kalibrasi energi



Energi (keV)	efisiensi
244	0,072
344	0,079
778	0,031
963	0,015
1407	0,017

Gambar 4. Hasil kalibrasi efisiensi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi spektrometri gamma

Dengan bantuan program (*software*) *grecol* yang tersedia pada *AccuSpec*, maka dapat ditentukan kalibrasi energi pada alat spektroskopi gamma. Gambar 3 adalah hasil kalibrasi energi menggunakan sumber standar Ba-33, Co-60, Cs-137. Untuk menentukan Pb dengan energi 583 keV dicari nomor salurannya dari menu *AccuSpec*. Kalibrasi efisiensi dilakukan dengan menggunakan sumber standar Eu-152 seperti pada Gambar 4, besar efisiensi pencacahan spektrometri gamma Pb diambil pada energi 583 keV, sehingga ketelitiannya terjaga.

Pengukuran fluks neutron

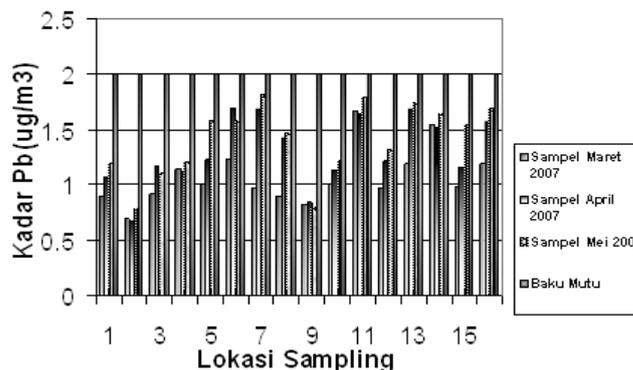
Dengan data nuklir yang termuat dalam literatur [5] maka fluks neutron dari generator neutron maupun masa unsur dalam cuplikan dapat dihitung. Fluks neutron generator neutron dapat dihitung dengan persamaan (1) yang dapat diubah menjadi:

$$\phi = \frac{C \cdot B \cdot \ln 2}{m N_A \sigma \varepsilon Y t_{1/2}} \cdot \frac{1}{\left(1 - e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}\right) \left(e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}\right) \left(1 - e^{-\lambda \cdot t_c}\right)} \quad (5)$$

Tabel 2. Konsentrasi unsur Pb dalam partikulat udara kota Yogyakarta

Kode lokasi sampling	Kadar unsur Pb (µg/m ³)		
	I	II	III
1	0,897 ± 0,076	1,065 ± 0,086	1,193 ± 0,085
2	0,689 ± 0,049	0,673 ± 0,048	0,775 ± 0,045
3	0,917 ± 0,078	1,171 ± 0,097	1,104 ± 0,0791
4	1,143 ± 0,084	1,115 ± 0,099	1,210 ± 0,0847
5	1,012 ± 0,079	1,230 ± 0,094	1,586 ± 0,143
6	1,236 ± 0,094	1,697 ± 0,143	1,579 ± 0,148
7	0,963 ± 0,077	1,684 ± 0,143	1,805 ± 0,132
8	0,897 ± 0,071	1,421 ± 0,103	1,472 ± 0,126
9	0,820 ± 0,074	0,845 ± 0,069	0,789 ± 0,066
10	1,003 ± 0,091	1,129 ± 0,088	1,214 ± 0,094
11	1,665 ± 0,102	1,598 ± 0,174	1,785 ± 0,141
12	0,971 ± 0,086	1,214 ± 0,095	1,318 ± 0,096
13	1,190 ± 0,099	1,684 ± 0,125	1,744 ± 0,144
14	1,549 ± 0,119	1,191 ± 0,080	1,637 ± 0,121
15	0,986 ± 0,075	1,157 ± 0,083	1,534 ± 0,110
16	1,187 ± 0,091	1,575 ± 0,110	1,682 ± 0,013

Keterangan: I = pencuplikan tanggal 15 Maret 2007
 II = pencuplikan tanggal 19 April 2007
 III = pencuplikan tanggal 24 Mei 2007



Gambar 5. Konsentrasi unsur Pb dalam partikulat udara kota Yogyakarta

Dengan data nuklir yang ada, diperoleh nilai fluks neutron saat dilakukan untuk aktivasi cuplikan adalah 5,91.10⁷ neutron/cm².detik.

Analisis cuplikan

Pengambilan cuplikan udara kota Yogyakarta dilakukan pada tanggal 15 Maret 2007, tanggal 19 April dan 24 Mei 2007. Pada saat pencuplikan cuaca dalam keadaan cerah dengan suhu udara berkisar antara 23-30 °C, kelembaban udara berkisar antara 58-95%, dan kecepatan angin antara 0-15 knot. Untuk parameter suhu udara, kelembaban, kecepatan angin dan cuaca di semua lokasi sampling di sekitar daerah Yogyakarta dalam kondisi normal bila dikaitkan dengan kondisi geografis DIY [6].

Data hasil analisis terhadap cuplikan partikulat udara yang diaktivasi dengan neutron cepat 14 MeV ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Polusi udara bersumber dari kegiatan bergerak maupun tidak bergerak, sumber bergerak yaitu berasal dari kendaraan bermotor, sedang sumber tidak bergerak seperti cerobong asap industri kecil, menengah, dan besar, asap pembakaran sampah. Sumber polusi udara terbanyak berasal dari sumber bergerak, yaitu alat transportasi kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin ataupun solar yang melepaskan Pb ke udara yang berlangsung terus-menerus sepanjang hari, sehingga kandungan Pb di udara akan terakumulasi menjadi besar. Berdasarkan estimasi, sekitar 80-90% Pb di udara ambien berasal dari pembakaran bensin mengandung Pb [7].

Dari hasil 3 kali pemantauan pada 16 lokasi sampling ternyata kandungan unsur Pb masih di bawah baku mutu udara yang diijinkan. Namun demikian harus diwaspadai karena di beberapa lokasi sampling seperti depan pasar Beringharjo, jalan Solo batas kota, perempatan Pingit, perempatan Mirota Kampus, masing-masing antara (1,236-1697) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (0,963-1,805) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (1,598-1,785) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (1,190-1,744) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi unsur Pb ini hampir mendekati baku mutu udara yang dipersyaratkan yaitu 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Emisi Pb ke dalam lapisan atmosfer dapat berbentuk gas dan partikulat. Emisi Pb dalam bentuk gas, terutama berasal dari buangan gas kendaraan bermotor yang merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi dalam mesin kendaraan. Unsur Pb hasil pembakaran bahan bakar ini berasal dari senyawa tetrametil-Pb(TML) dan tetraetil-Pb(TEL) yang selalu ditambahkan dalam bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti ketuk (*anti-knock*) pada mesin kendaraan. Di samping itu, bahan bakar kendaraan biasanya ditambahkan bahan *scavenger*, yaitu etilendibromida ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_{12}$) dan etilendiklorida ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_{12}$). Bahan aditif yang biasa dimasukkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor pada umumnya terdiri dari 62% TEL, 18% etilendiklorida, 18% etilendibromida, dan sekitar 2% campuran tambahan dari bahan lainnya. TEL dan TML adalah bahan organik, tetapi setelah pembakaran di dalam mesin akan diemisikan Pb inorganik ke udara berupa PbBrCl , PbBrCl , 2 PbO dan sedikit TEL atau TML yang bersifat akumulatif [8]. Tidak hilangnya Pb dalam pembakaran pada mesin menyebabkan jumlah Pb yang terbuang ke udara melalui asap buangan kendaraan bermotor menjadi sangat tinggi [2]. Pada pembakaran bensin, timbal akan tinggal di udara 20% sampai 50%.

Pada Tabel 2 terlihat kadar unsur Pb yang relatif tinggi yaitu daerah pencuplikan jalan Solo (perempatan IAIN) pada bulan April dan Mei 2007, perempatan Pingit pada pencuplikan Maret, April, Mei 2007, Mirota Kampus

saat sampling bulan April dan Mei, serta daerah perempatan Gondomanan, jalan Magelang depan TVRI dan Perempatan Janti yang masing-masing dengan konsentrasi 1,684 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,805 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,665 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,598 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,785 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,684 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,744 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,637 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,534 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 1,682 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini dimungkinkan karena pada daerah ini lokasi pencuplikan di perempatan yang padat kendaraan dari berbagai arah yang cenderung macet serta pada daerah tersebut tidak ada pohon perindang di tepi jalan. Di samping itu daerah tersebut banyak pasar ataupun supermaret, pertokoan dan usaha lain sehingga selalu dipadati oleh pengunjung yang menggunakan kendaraan bermotor yang cenderung macet sehingga asap kendaraan akan terakumulasi besar dan pada daerah ini. Menurut [9] bahwa pohon perindang dapat menjerap unsur Pb, karena pohon atau daun dapat mengurangi kecepatan angin yang bertiup, sehingga partikulat Pb yang melayang di udara akan terjepit oleh permukaan daun. Kadar unsur Pb pada pencuplikan bulan Maret relatif rendah jika dibanding bulan April atau Mei, hal ini dimungkinkan karena pada bulan Maret masih ada hujan pada daerah tertentu, sehingga partikulat yang melayang di udara terbawa oleh air hujan ke lapisan tanah.

Di daerah Malioboro dan sekitar Pasar Beringharjo kadar Pb juga cenderung meningkat dari waktu ke waktu yaitu dengan kadar tertinggi 1,697 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada sampling bulan Mei 2007. Saat ini Malioboro bisa dikatakan sebagai jantung keramaian kota Yogyakarta, sehingga berbagai jenis kendaraan akan lalu-lalang di jalan ini, hal ini akan menyebabkan potensi pencemaran udara, dalam penelitian diperoleh kadar yang tinggi walaupun belum melebihi batas ambang yang diijinkan namun perlu diwaspadai karena daerah ini padat kendaraan bermotor dan cenderung macet, tidak ada pohon perindang sebagai penjerap partikulat Pb serta sisi kanan dan kiri gedung bertingkat sehingga tiupan angin sedikit berkurang.

Kontributor pencemar lingkungan udara adalah sumber bergerak yaitu kendaraan bermotor yang mengemisikan gas buang melalui knalpot kendaraan. Asap kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin dapat mengemisikan unsur timah hitam sampai sebesar 8,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, menggambarkan bahwa kendaraan bermotor memberikan sumbangan pencemar udara timah hitam (Pb) dari asap kendaraan bermotor [10]. Hasil ini relatif kecil, namun dengan banyaknya kendaraan bermotor yang lalu-lalang dengan jutaan kilometer perjalanan, maka unsur Pb akan terakumulasi menjadi besar [11].

Sektor transportasi merupakan kontributor dalam pencemaran udara yang terjadi di perkotaan. Terjadinya pencemaran udara oleh faktor transportasi adalah akibat penggunaan bahan bakar yang

dipergunakan sebagai penggerak bagi kendaraan yang menjadi sarana utama sektor transportasi tersebut. Penguapan bahan bakar, sistem ventilasi mesin dan yang utama adalah gas buangan dari knalpot hasil pembakaran bahan bakar adalah merupakan pencampuran ratusan gas dan aerosol.

Dari Tabel 2 dan Gambar 5 terlihat kadar Pb relatif kecil terletak pada daerah sampling jalan Tentara Pelajar depan BPD, jalan Ipda Tut Harsono, hal ini dimungkinkan karena sekitar lokasi tersebut banyak pohon perindang di sebelah kanan maupun sebelah kiri, sehingga sedikit banyak pohon ini ikut menjerap partikulat Pb, di samping itu pada daerah tersebut tidak dilalui oleh angkutan umum sehingga jumlah kendaraan yang lewat relatif lebih sedikit. Kalau dilihat dari tahapan sampling maka sampling I (bulan Maret) kadar unsur Pb relatif kecil dan meningkat seiring dengan tahapan sampling II (April) dan III (Mei), hal ini dapat diduga karena saat sampling tahap I masih ada hujan, sehingga partikulat yang melayang di udara akan terbawa turun oleh air hujan, sedang tahap II dan III keadaan hujan semakin berkurang sehingga partikulat udara masih melayang-layang di udara yang menyebabkan kadar unsur yang terdeteksi makin meningkat.

Beberapa polutan/pencemar yang dihasilkan oleh sektor transportasi adalah karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), sulfurdioksida (SO₂), timah hitam (Pb). Menurut penelitian Kementerian Lingkungan Hidup, kendaraan bermotor bensin (*spark ignition engine*) menyumbang 70% karbon monoksida (CO), 70% timbal (Pb), 60% hidrokarbon (HC) [12] Senyawa tersebut seluruhnya bersifat merugikan atau berbahaya bagi manusia, baik secara langsung atau tidak langsung terhadap kesehatan manusia atau makhluk hidup lainnya.

Volume kendaraan banyak berpengaruh pada pencemar udara, hal ini dikarenakan jalan merupakan arteri kehidupan kota, digunakan untuk berbagai fungsi kegiatan. Selain itu, jalan merupakan fasilitas penggerak, pemberhenti, dan berkumpulnya kendaraan bermotor serta sebagai sarana pergerakan antar daerah. Pada data pengukuran volume kendaraan selama 30 menit tidak membedakan jenis kendaraan. Kepadatan tertinggi terjadi di ruas jalan Malioboro sebesar 5221 unit. Hal ini dikarenakan faktor letak jalan tersebut, yang berada di tengah kota dan merupakan pusat perbelanjaan serta pusat budaya di DIY. Sedangkan kepadatan terendah sebesar 1896 unit terjadi di ruas jalan Ipda Tut Harsono. Faktor penyebabnya adalah di ruas jalan tersebut tidak dilalui oleh kendaraan umum, seperti angkutan kota. Dilihat dari letaknya, semua ruas jalan tersebut mempunyai letak yang strategis dan berada di tengah perkotaan. Letak yang strategis ini disebabkan karena jalan-jalan tersebut dekat pusat

perbelanjaan dan pertokoan kecuali jalan Ipda Tut Harsono [13].

Polutan Pb akan memberikan dampak terhadap kesehatan manusia terutama pada pertumbuhan anak. Gejala keracunan kronis bisa menyebabkan hilang nafsu makan, muntah atau diare akut, lelah, sakit kepala dan gangguan penglihatan.

Dari hasil 3 kali pengamatan terhadap kadar Pb di 16 lokasi sampling, dapatlah disimpulkan bahwa kondisi udara kota Yogyakarta sebagian besar mengkhawatirkan walaupun belum melebihi batas ambang yang diijinkan, tetapi hal ini harus segera dibenahi, misal dengan penanaman pohon perindang, kendaraan bermotor dengan bensin non timbal, dibuatkan jalan alternatif untuk mengurangi kadar partikulat Pb. Usaha untuk mengurangi polusi udara yaitu melakukan program uji emisi bagi kendaraan yaitu menguji emisi mesin kendaraan untuk mengetahui apakah mesinnya layak jalan atau tidak. Mesin yang layak jalan adalah mesin yang hasil polusinya sangat kecil. Selain itu ruang terbuka hijau (RTH) juga perlu diadakan, misalnya memperbanyak tanaman/taman yang ditanami pohon-pohon. Transportasi perlu dikelola lebih baik agar tidak terjadi kemacetan, karena kalau ada kemacetan menyebabkan pencemaran unsur Pb menjadi semakin tinggi.

KESIMPULAN

Dari pemantauan kualitas udara yang telah dilakukan di 16 titik lokasi sampling selama 3 periode, terdapat kadar Pb belum melebihi batas maksimum yang diijinkan sesuai baku mutu udara ambien yaitu 2 µg/m³, namun demikian perlu diwaspadai karena pada lokasi tertentu kadar Pb hampir melebihi baku mutu udara ambien.

Konsentrasi Pb tertinggi mencapai 1,805 µg/m³ di lokasi jalan Solo batas kota pada bulan Mei 2007, sedangkan konsentrasi Pb terendah di lokasi 0,673 µg/m³ pada lokasi jalan Tentara Pelajar saat sampling bulan April 2007. Konsentrasi unsur Pb makin meningkat jika dibanding saat sampling sebelumnya atau tahap III akan meningkat jika dibanding saat sampling tahap II ataupun tahap I.

Perlu pembenahan secara intensif dan terpadu terhadap transportasi agar tidak terjadi kemacetan kendaraan bermotor serta diperlukan taman kota atau pepohonan di tepi jalan untuk mengurangi pencemaran lingkungan khususnya partikulat timah hitam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Suraji dan Bapak

Maryono yang telah membantu dalam sampling dan aktivasi cuplikan. Semoga bantuan bapak-bapak menjadi amal yang baik dan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

1. Santoso, E., 2006, *Polusi Udara dan Sepeda Motor di Yogya*, KR 15-1, 12,3-6, Yogyakarta.
2. Haryando P., 2004, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
3. Nargolwalla, Sam..S. et al., 1973, *Activation Analysis with Neutron Generators*, John Wiley and Sons, New York.
4. Dezco, Z. and Csikai, J., 1978, *Fast Neutron Activation Analysis*, IAEA Tranning Course on Utilization of Neutron Generator, Debrecen.
5. Gerhar, D.E., 1976, *Neutron Activation Tables*, Kernchemie in Einseldarstellungen, Vol.6, Verlag Chemie, weinheim, New york.
6. Anonim, 2007, *Informasi Cuaca Harian*, Badan Meteorologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Yogyakarta, tgl 16 Maret, Yogyakarta,
7. Anonim, 2007, *Laporan Analisis Data Kualitas Udara dengan Metode Pasif dan Aktif di Provinsi DIY*, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah DIY.
8. Retno, A. and Mukono, 2005, *Air Pb Level, Blood Pb Level and Its Effects on The Health Disorders of Street Vendors in Surabaya*, http://www.cleanairnet.org/caiaisa/1412/article-71625_Poster_6.doc. Access date March 4, 2009
9. Hafizhotu, D., Ngasifudin, and Wisnu, A. W., 2005, *Kemampuan Daun Perindang Jalan Menangkap Partikel Pb Dalam Udara Kota Yogyakarta*, Prosiding Seminar Nasional dalam Rangka Dies ke 50, FMIPA UGM, Yogyakarta.
10. Sunardi, Taftazani, A., and Saptajaji, R., 2003, *Aplikasi Generator Neutron untuk Analisis Unsur Gas Buang Kendaraan Bermotor Roda Dua*, Prosiding Pertemuan dan presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, 5:1, P3TM-BATAN, Yogyakarta.
11. Anak, A.G.S, 2008, *Jurnal Bumi Lestari*, 8, 2, 162-167.
12. <http://www.kompas.com> diakses tanggal 23 April 2007
13. Kinta, D.A., 2007, *Tugas Akhir D IV, Program Studi Teknokimia, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.