

## KAJIAN KUALITI UDARA DI BANDAR KAJANG, SELANGOR

<sup>1</sup>Mohd. Talib Latif, <sup>2</sup>Mohamed Rozali Othman dan <sup>1</sup>Zaharizam Johnny

<sup>1</sup>*Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam*  
<sup>2</sup>*Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan*  
*Fakulti Sains dan Teknologi*  
*Universiti Kebangsaan Malaysia*  
*43600 UKM Bangi*

**Abstrak.** Kajian kualiti udara telah dijalankan di lima stesen yang sesak dengan lalulintas di Bandar Kajang, Selangor. Parameter bahan pencemar udara yang telah dipilih adalah gas SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> dan zarahhan terampai bersaiz diameter lebih kecil daripada 10 mikrometer (PM<sub>10</sub>) berserta komposisi anion (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), kation (Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>) dan logam berat (Pb, Ni, Fe, Zn dan Cd) di dalamnya. Penentuan gas telah dijalankan berdasarkan kaedah kolorimetri setelah udara diserap ke dalam larutan penyerap masing-masing gas menggunakan pam udara kawal alir untuk tempoh masa 1 jam. Penentuan PM<sub>10</sub> untuk tempoh masa 24 jam telah ditentukan menggunakan pensampel udara isipadu rendah yang dilengkapi dengan kertas turas gentian kaca yang ditimbang sebelum dan selepas pensampelan dijalankan. Penentuan anion dijalankan menggunakan spektrofotometer lampau ungu (UV) selepas kertas turas yang mengandungi zarahhan diekstrak menggunakan air suling nyahion manakala penentuan logam berat ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS) pembakar grafit setelah kertas turas diekstrak menggunakan campuran asid nitrik dan asid perklorik. Hasil kajian menunjukkan bahawa julat purata kepekatan untuk tempoh pendedahan selama 1 jam gas SO<sub>2</sub> (0.065 – 0.072 ppm), NO<sub>2</sub> (0.026 - 0.060 ppm), CO (3.38 – 6.71 ppm) dan O<sub>3</sub> (0.017 – 0.028 ppm) masih berada di bawah paras yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia untuk masing-masing gas iaitu 0.13 ppm, 0.17 ppm, 30 ppm dan 0.1 ppm dalam tempoh pendedahan yang sama. Purata kepekatan PM<sub>10</sub> pula berada di antara 29.17 hingga 37.03 µgm<sup>-3</sup>, jauh lebih rendah daripada paras yang disarankan untuk tempoh pendedahan selama 24 jam iaitu 150 µgm<sup>-3</sup>. Turutan komposisi dalam PM<sub>10</sub> adalah SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Zn > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Fe > Pb, Ni > Cd yang mencadangkan bahawa pembakaran dalam enjin dan debu tanah merupakan sumber utama PM<sub>10</sub>. Hasil kajian ini juga menunjukkan kepekatan bahan pencemar udara yang direkodkan di Bandar Kajang adalah jauh lebih tinggi daripada kepekatan bahan pencemar yang sama yang direkodkan oleh Stesen ASMA yang terletak kira-kira 4 km daripada Bandar Kajang.

**Abstract.** Air quality study was conducted at five stations located at congested areas in Kajang Town, Selangor. Air pollutants parameter selected were SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> gases and suspended particulate matter with diameter less than 10-micrometer (PM<sub>10</sub>) and its anions (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), cations (Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>) and heavy metals (Pb, Ni, Fe, Zn and Cd) composition. Gases concentration were determined by colorimetric method after air was absorb into respective absorbing solution using air sampling pump equipped with flow rate meter for 1 hour. Determination of PM<sub>10</sub> for 24 hours was conducted using low volume air sampler equipped with weighted fiberglass filter paper before and after sampling was done. Anions concentration was determined by ultra violet (UV) spectrophotometer after filter paper with particulate matter was extracted with deionised water. Determination of heavy metals was conducted by using atomic absorption spectrophotometer (AAS) after filter paper with particulate matter was extracted with mixture of nitric and perchloric acid. Results showed that the range of concentration for one hour SO<sub>2</sub> (0.065 – 0.072 ppm), NO<sub>2</sub> (0.026 - 0.060 ppm), CO (3.38 – 6.71 ppm) and O<sub>3</sub> (0.017 – 0.028 ppm) gases still under permissible value recommended by Malaysian Department of Environment for respective gases which are 0.13 ppm, 0.17 ppm, 30 ppm and 0.1 ppm for the same sampling period. Average concentration of PM<sub>10</sub> still at the range 29.17 to 37.03 µgm<sup>-3</sup>, far below the level recommended for 24 hours sampling which is 150 µgm<sup>-3</sup>. Sequence of PM<sub>10</sub> composition determined was SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Zn > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Fe > Pb, Ni > Cd suggested that engine combustion processes and soil dust were main contributor of PM<sub>10</sub>. The study also showed that the concentration of air pollutants in Kajang town were higher than the data collected at ASMA station about 4 kilometers from Kajang Town.

**Keywords:** air quality, air pollutants, town

## Pendahuluan

Kajian yang dilakukan oleh JICA menunjukkan bahawa tahap kualiti udara di Lembah Kelang adalah lebih baik berbanding dengan beberapa negara membangun tetapi jauh lebih rendah sekiranya dibandingkan dengan beberapa negara maju. Sebagai contoh kepekatan oksida sulfur dan karbon monoksida yang dicatatkan di Lembah Kelang adalah masing-masing 2 kali dan 1.8 kali lebih tinggi daripada yang dicatatkan di Tokyo. Walaupun pencemaran udara di Malaysia masih belum mencapai tahap yang serius sehingga mengorbankan nyawa<sup>1</sup>, namun fenomena jerebu yang berlaku pada tahun 1982, 1988, 1991, 1994 1997 dan 2004 menimbulkan masalah terutama kesan buruknya terhadap kesihatan dan penurunan jarak penglihatan<sup>2,3,4</sup>.

Menurut Jabatan Alam Sekitar, JAS hampir 82 peratus daripada lebih tiga juta tan bahan pencemar udara yang dibebaskan oleh kenderaan bermotor<sup>5</sup>. Selain melalui ekzos, pencemar udara juga boleh terbebas dalam bentuk hidrokarbon melalui evaporasi pada karburator dan evaporasi pada tangki minyak<sup>6</sup>. Di samping itu, teknologi enjin, umur kenderaan serta bahan api yang digunakan turut mempengaruhi kuantiti pencemar yang dibebaskan. Selebihnya, hampir 9 peratus pencemar udara disumbangkan oleh stesen-stesen janakuasa dan 5 peratus dibebaskan oleh sektor industri. Namun begitu, pada tahun 1998 peratusan pencemar udara yang dibebaskan oleh kenderaan bermotor menurun kepada 74 peratus<sup>7</sup>.

Kajang merupakan bandar yang agak padat dengan kenderaan bermotor. Beberapa kajian yang dijalankan oleh Sham (1979), Azman (1984,1987) dan Jamaludin (1989) menunjukkan kepekatan jumlah zarahhan terampai yang tinggi di sekitar Kajang terutamanya kawasan yang berdekatan dengan jalanraya utama dan kawasan industri<sup>8,9,10,11</sup>. Kajian gas karbon monoksida menunjukkan kepekatan di antara 1 hingga 9 ppm yang masih berada di bawah paras yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia iaitu 30 ppm<sup>11</sup>.

Kajian ini ingin meninjau semula tahap pencemaran 5 parameter utama iaitu PM<sub>10</sub> beserta komposisinya, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO) dan ozon (O<sub>3</sub>) di beberapa stesen yang merupakan laluan penting serta padat dengan kenderaan bermotor di Bandar Kajang.

## Bahan dan Kaedah

### Bahan-bahan kimia

Bahan kimia yang telah digunakan adalah daripada gred reagen analisis (Analar) terdiri daripada asid nitrik pekat (HNO<sub>3</sub>), asid perklorik (HClO<sub>4</sub>) serta asid sulfurik (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Bahan kimia yang digunakan bagi penentuan anion di dalam PM<sub>10</sub> dibekalkan oleh HACH Company manakala bahan kimia bagi penentuan gas dibekalkan oleh LaMotte Sdn. Bhd.

### Alat radas

Alat radas yang digunakan adalah alat radas kaca, pensampel udara isipadu rendah (MiniVol PM<sub>10</sub>), pam pensampel udara LaMotte, kertas turas bergentian kaca (47mm), ketuhar, kukus air, penuras vakum, penimbang elektrik, penggoncang ultrasonik, plat pemanas, spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer Model 3300, spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer Model 4100ZL dan spektrofotometer Hach DR 2010.

### Latar belakang kawasan kajian

Kajang terletak kira-kira 25 kilometer dari bahagian tenggara Kuala Lumpur. Bandar ini merupakan laluan penting untuk ke Kuala Lumpur, Bangi serta Semenyih. Sebanyak 5 lokasi titik persampelan telah dipilih di kawasan Kajang. Titik-titik persampelan yang telah dipilih ialah tempat letak kereta Hospital Kajang (Stesen 1), Taman Rekreasi Kajang (Stesen 2), perkarangan Hotel Metro Kajang (Stesen 3), Balai Polis Kajang (Stesen 4) dan Kedai Tenaga TNB (Stesen 5). Stesen-stesen ini dipilih berdasarkan kedudukannya yang merupakan antara laluan utama di bandar Kajang.

### Parameter Kajian

Parameter-parameter yang terlibat di dalam penyelidikan ini ialah kepekatan zarahhan yang kurang daripada 10 µm (PM<sub>10</sub>) bersama komposisi logam, anion dan kation di dalamnya serta kepekatan gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) dan karbon monoksida (CO). Penentuan nilai parameter

dilakukan secara *in-situ* dan ujian makmal. Parameter sokongan dalam kajian ini diambil daripada Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA).

### **Jumlah Zarah Terampai (PM<sub>10</sub>)**

Pensampel udara isipadu rendah (MiniVol PM<sub>10</sub>) yang dilengkapi dengan kertas turas bergentian kaca digunakan untuk menyedut udara di persekitaran lokasi kajian pada kadar 5 liter per minit pada sela masa 24 jam. Penentuan jumlah zarah ditentukan dengan melakukan perbandingan antara jisim kertas turas sebelum persampelan dengan jisim kertas turas selepas persampelan. Kertas turas yang telah ditimbang disimpan untuk penentuan PM<sub>10</sub>. Seterusnya, kertas turas tersebut akan dipotong menjadi dua bahagian. Sebahagiannya digunakan untuk penentuan kandungan jumlah logam-logam dan sebahagian lagi digunakan untuk penentuan bahan-bahan logam dan bukan logam yang terlarut dalam air (anion dan kation).

### **Logam-logam dalam zarah**

Kertas turas bergentian kaca yang telah dibahagi dua digunting kepada bahagian-bahagian kecil dan dimasukkan ke dalam kelalang kun 250 ml. Sebanyak 15 ml campuran asid HNO<sub>3</sub> pekat dan HClO<sub>4</sub> pekat dengan nisbah isipadu (i/i) 3:2 ditambah untuk penghadaman kertas turas di atas plat pemanas. Penghadaman dilakukan sehingga semua sebatian karbon telah teroksida. Seterusnya 50 ml 2% (i/i) asid nitrik ditambah sambil kertas turas dihancurkan menggunakan rod kaca. Sampel disejukkan terlebih dahulu dan kemudiannya dituras ke dalam kelalang isipadu 250 ml. Hasil turasan kemudiannya dicairkan ke paras senggatan 250 ml dengan menggunakan air suling. Kepekatan logam-logam dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer Perkin Elmer Model 3300 dan 4100ZL. Ujian "blank" dilakukan dengan menggunakan kertas turas bergentian kaca yang tidak diggunakan untuk pengambilan sampel zarah terampai dengan kaedah yang sama seperti di atas untuk menentukan kandungan logam-logam yang sedia ada dalam kertas turas tersebut dan juga kesan penggunaan gunting<sup>12,13</sup>.

### **Kandungan logam dan bukan logam terlarut air (kation dan anion).**

Kertas turas bergentian kaca yang mengandungi sampel zarah yang telah dibahagi dua diambil dan digunting kepada bahagian-bahagian kecil sebelum dimasukkan ke dalam bikar 250 ml. Sebanyak 100 ml air suling nyah ion ditambahkan dan kemudian dihadamkan di atas kukus air selama 2 jam. Penggoncang ultrasonik digunakan untuk menggoncangkan sampel tersebut selama 15 minit. Penghadaman dan penggoncangan tersebut bertujuan untuk memindahkan bahan-bahan terlarut dari kertas turas ke dalam air. Seterusnya, sampel dituras dengan menggunakan pam vakum dan hasil turasan dipindahkan ke dalam kelalang kon 250 ml. Kertas turas dibilas dengan air suling nyah ion sebanyak tiga kali dan hasil turasan kemudian dicairkan ke senggatan 250 ml sebelum analisis lanjut dilakukan. Ujian "blank" dilakukan ke atas kertas turas yang tidak digunakan untuk persampelan zarah dengan melakukan cara kerja yang sama.

Penentuan bahan-bahan terlarut bukan logam (anion) ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer Hach DR 2010 manakala penentuan bahan-bahan logam terlarut air dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer Model 3300 dan 4100 ZL.

### **Kepekatan gas di udara**

Gas-gas yang ditentukan kepekatannya adalah sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO) dan ozon (O<sub>3</sub>). Penentuan kepekatan gas dijalankan menggunakan kaedah yang diperkenalkan oleh LaMotte Chemicals. Udara disedut menggunakan pam ke dalam larutan penyerap tertentu selama satu jam sebanyak 4 kali sehari bagi setiap persampelan. Untuk kajian ini, waktu yang dipilih untuk persampelan gas ialah 8.00-9.00 pagi, 12.00-1.00 tengahari, 4.00-5.00 petang dan 8.00-9.00 malam selama tiga hari bagi setiap stesen. Kepekatan gas-gas di udara ditentukan menggunakan kolorimeter dan carta piawai yang telah dibekalkan<sup>14,15</sup>.

### **Hasil dan Perbincangan**

Purata kepekatan PM<sub>10</sub> dan komposisi kation, anion serta logam berat diringkaskan dalam Jadual 1 dan 2. Secara keseluruhannya, kepekatan PM<sub>10</sub> di antara stesen-stesen kajian adalah seragam dan berada di dalam julat  $16.2 \pm 7.13$  hingga  $24.07 \pm 9.03$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jadual 1). Stesen 2 mencatatkan kepekatan PM<sub>10</sub> tertinggi dengan kepekatan  $39.35 \pm 27.58$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  manakala kepekatan terendah direkodkan di Stesen 5 iaitu pada paras  $29.17 \pm 11.86$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kepekatan keseluruhan PM<sub>10</sub> jauh lebih rendah berbanding paras yang

disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) iaitu  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ujian statistik (ANOVA satu hala) yang dijalankan menunjukkan perbezaan yang tidak signifikan antara stesen ( $p > 0.05$ ).

Jadual 1: Kepekatan  $\text{PM}_{10}$  dan komposisi anion dan kation didalamnya dalam unit  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $\text{mg}/\text{g}^{-1}$  (dalam kurungan)

Stesen	$\text{PM}_{10}$	Anion		Kation	
		Nitrat	Sulfat	Kalsium	Magnesium
1	$37.03 \pm 21.22$	$0.220 \pm 0.045$ ( $8.57 \pm 1.73$ )	$2.05 \pm 0.115$ ( $79.47 \pm 4.47$ )	$0.347 \pm 0.045$ ( $13.49 \pm 1.75$ )	$0.153 \pm 0.038$ ( $5.95 \pm 1.48$ )
2	$39.35 \pm 27.58$	$0.185 \pm 0.035$ ( $6.77 \pm 1.28$ )	$2.025 \pm 0.180$ ( $74.08 \pm 6.59$ )	$0.287 \pm 0.083$ ( $10.49 \pm 3.05$ )	$0.147 \pm 0.038$ ( $5.37 \pm 1.39$ )
3	$33.32 \pm 19.46$	$0.203 \pm 0.028$ ( $8.80 \pm 1.20$ )	$2.308 \pm 0.225$ ( $99.79 \pm 9.73$ )	$0.303 \pm 0.070$ ( $13.10 \pm 3.02$ )	$0.163 \pm 0.035$ ( $7.04 \pm 1.51$ )
4	$32.87 \pm 7.65$	$0.218 \pm 0.022$ ( $9.14 \pm 0.96$ )	$2.267 \pm 0.167$ ( $99.28 \pm 7.32$ )	$0.267 \pm 0.040$ ( $11.69 \pm 1.77$ )	$0.147 \pm 0.035$ ( $6.44 \pm 1.53$ )
5	$29.17 \pm 11.86$	$0.177 \pm 0.044$ ( $8.74 \pm 2.17$ )	$2.141 \pm 0.177$ ( $105.70 \pm 8.75$ )	$0.247 \pm 0.035$ ( $12.18 \pm 1.74$ )	$0.247 \pm 0.035$ ( $6.75 \pm 1.53$ )
Piawai JAS	150	-	-	-	-

#### Anion dalam $\text{PM}_{10}$

Kepekatan anion sulfat dan nitrat adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1 Secara keseluruhannya, sulfat merupakan anion yang lebih tinggi berbanding nitrat. Situasi ini adalah sama seperti kajian yang pernah dilakukan di Air Keruh, Melaka dan Teluk Kalung, Terengganu tetapi berbeza daripada kajian di Kota Kinabalu di mana kepekatan nitrat adalah lebih tinggi daripada kepekatan sulfat<sup>2,16</sup>. Secara umumnya, kepekatan sulfat dan nitrat di setiap stesen adalah sekata ( $p > 0.05$ ). Kepekatan sulfat yang tertinggi direkodkan di Stesen 3 dengan kepekatan  $2.30 \pm 0.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ini diikuti oleh Stesen 4 yang mencatatkan kepekatan  $2.27 \pm 0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bacaan terendah direkodkan di Stesen 2 dengan nilai  $2.02 \pm 0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Keadaan ini mungkin disebabkan penggunaan petrol dan diesel yang kaya dengan sulfur daripada kenderaan bermotor yang lalu-lalang. Kepekatan nitrat yang tertinggi direkodkan di Stesen 1 dengan kepekatan  $0.22 \pm 0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Stesen 5 pula mencatatkan nilai nitrat yang terendah iaitu  $0.18 \pm 0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kepekatan nitrat berkemungkinan dipengaruhi oleh kuantiti nitrogen dioksida yang dibebaskan oleh kenderaan bermotor semasa melalui stesen-stesen tersebut. Ini kerana nitrat merupakan hasil pengoksidaan oksida nitrogen<sup>2</sup>.

#### Kation dalam $\text{PM}_{10}$

Kepekatan kation kalsium dan magnesium adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Secara keseluruhannya, didapati kalsium merupakan kation yang lebih tinggi berbanding magnesium. Ujian statistik ANOVA satu hala menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan ( $p > 0.05$ ) antara stesen bagi kalsium dan magnesium.

Secara umumnya, kepekatan kalsium adalah sekata di setiap stesen. Kepekatan kalsium yang tertinggi direkodkan di Stesen 3 dengan kepekatan  $0.35 \pm 0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ini diikuti oleh Stesen 1 yang mencatatkan kepekatan  $0.30 \pm 0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bacaan paling rendah direkodkan di Stesen 5 iaitu  $0.18 \pm 0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kepekatan magnesium yang tertinggi pula direkodkan di Stesen 3 dengan kepekatan  $0.16 \pm 0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Stesen 5 pula mencatatkan nilai magnesium yang terendah iaitu  $0.14 \pm 0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kalsium dan magnesium adalah unsur utama bumi yang biasanya dihasilkan oleh debu tanah<sup>17</sup>.

### Logam berat dalam PM<sub>10</sub>

Kepekatan logam berat adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Secara keseluruhannya, didapati logam zink dan ferum mendominasi kepekatan logam berat dalam PM<sub>10</sub>. Kepekatan logam ferum tertinggi dapat dilihat di Stesen 3 dengan kepekatan  $0.10 \pm 0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ini diikuti oleh Stesen 1 ( $0.098 \pm 0.003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 2 ( $0.082 \pm 0.015 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 4 ( $0.039 \pm 0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan Stesen 5 ( $0.034 \pm 0.008 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kepekatan logam zink tertinggi direkodkan di Stesen 3 dengan kepekatan  $0.135 \pm 0.035 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ini diikuti oleh Stesen 4 ( $0.116 \pm 0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 1 ( $0.098 \pm 0.022 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 2 ( $0.082 \pm 0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan Stesen 5 ( $0.0618 \pm 0.0165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Logam Fe dan Zink merupakan dua logam yang dikaitkan dengan kehadirannya yang tinggi dalam debu tanah. Selain daripada itu zink turut dibebaskan oleh tayar kenderaan yang bergerak<sup>18</sup>.

Bagi logam plumbum pula, kepekatan yang tinggi dapat dilihat di Stesen 2 ( $0.069 \pm 0.012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 1 ( $0.067 \pm 0.016 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan Stesen 3 ( $0.052 \pm 0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) manakala Stesen 5 dan 4 mencatatkan kepekatan yang paling rendah iaitu  $0.032 \pm 0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $0.019 \pm 0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kepekatan plumbum berkait rapat dengan pengaruh bilangan kenderaan bermotor yang melalui kawasan berhampiran stesen persampelan. Walau bagaimanapun ujian ANOVA satu hala menunjukkan perbezaan yang tidak bererti antara stesen ( $p > 0.05$ ).

Kepekatan logam kadmium tertinggi direkodkan di Stesen 3 dengan kepekatan  $0.009 \pm 0.003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ini diikuti oleh Stesen 1 ( $0.009 \pm 0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 4 ( $0.008 \pm 0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 2 ( $0.007 \pm 0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan seterusnya yang paling rendah di Stesen 5 ( $0.006 \pm 0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kepekatan logam nikel mencatatkan kepekatan tertinggi iaitu di Stesen 1 dengan kepekatan  $0.061 \pm 0.003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ini diikuti oleh Stesen 2 ( $0.0449 \pm 0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 3 ( $0.0445 \pm 0.0081 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Stesen 5 ( $0.0361 \pm 0.0071 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan Stesen 4 ( $0.0306 \pm 0.0032 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kepekatan kedua-dua logam ini di dalam PM<sub>10</sub> secara relatifnya adalah rendah dengan beberapa kajian yang telah dijalankan<sup>16,18,19</sup>.

### Kepekatan gas di atmosfera

Kepekatan gas-gas hasil persampelan di Kajang adalah seperti di dalam Jadual 3.

### Sulfur dioksida

Kepekatan purata gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) untuk kesemua stesen persampelan berada di dalam julat  $0.065 \pm 0.016$  hingga  $0.072 \pm 0.009$  ppm (Jadual.3) dan agak sekata pada waktu-persampelan yang berbeza (Rajah 1). Nilai kepekatan sulfur dioksida yang direkodkan di semua stesen masih tidak melebihi had yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar iaitu 0.13 ppm. Berdasarkan ujian statistik Anova (satu hala) antara stesen-stesen menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan yang bererti antara stesen – stesen persampelan ( $p > 0.05$ ). Kepekatan SO<sub>2</sub> yang direkodkan di kawasan kajian adalah hampir sekata pada masa persampelan yang berbeza (Rajah 1) dan hampir sama dengan nilai yang diperolehi di Air Keruh (0.07 ppm) dan di Teluk Kalung (0.066 ppm)<sup>16</sup>.

Jadual 2: Komposisinya logam berat dalam PM<sub>10</sub> dalam unit  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $\text{ngg}^{-1}$  (dalam kurungan)

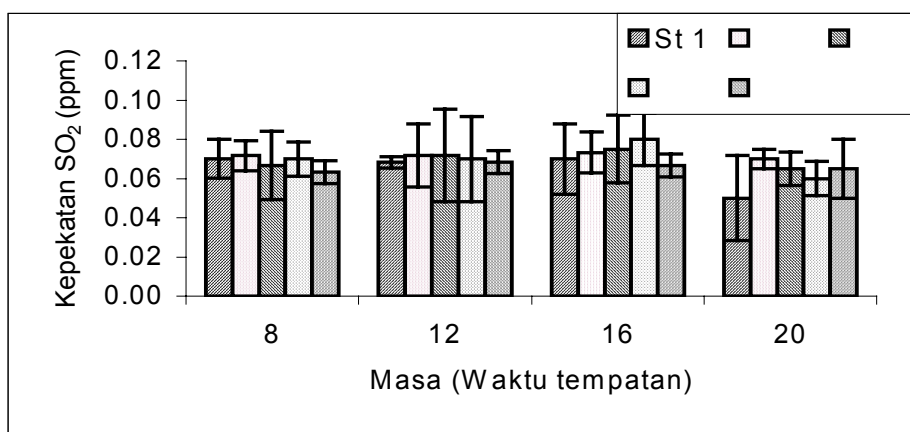
Stesen	Logam Berat				
	Plumbum	Nikel	Kadmium	Zink	Ferum
1	$0.067 \pm 0.016$ (6.533 ± 1.563)	$0.061 \pm 0.004$ (5.921 ± 0.358)	$0.009 \pm 0.002$ (0.875 ± 0.204)	$0.098 \pm 0.022$ (9.547 ± 2.187)	$0.098 \pm 0.003$ (9.548 ± 0.321)
2	$0.069 \pm 0.012$ (6.358 ± 1.107)	$0.045 \pm 0.020$ (4.108 ± 0.686)	$0.008 \pm 0.002$ (0.686 ± 0.229)	$0.082 \pm 0.014$ (7.529 ± 1.300)	$0.082 \pm 0.015$ (7.502 ± 0.348)
3	$0.052 \pm 0.006$ (5.651 ± 0.616)	$0.044 \pm 0.008$ (4.808 ± 0.875)	$0.009 \pm 0.003$ (0.994 ± 0.335)	$0.135 \pm 0.035$ (14.640 ± 3.836)	$0.108 \pm 0.011$ (11.680 ± 1.221)
4	$0.019 \pm 0.007$ (2.053 ± 0.778)	$0.031 \pm 0.003$ (3.306 ± 0.346)	$0.008 \pm 0.001$ (0.875 ± 0.162)	$0.116 \pm 0.009$ (12.511 ± 0.994)	$0.039 \pm 0.009$ (4.214 ± 0.983)
	$0.032 \pm 0.005$ (3.962 ± 0.666)	$0.0361 \pm 0.007$ (4.455 ± 0.876)	$0.006 \pm 0.001$ (0.728 ± 0.160)	$0.618 \pm 0.016$ (7.627 ± 2.036)	$0.034 \pm 0.008$ (4.245 ± 1.012)

Jadual 3: Nilai purata (n=12) kepekatan parameter-parameter gas dalam unit ppm.

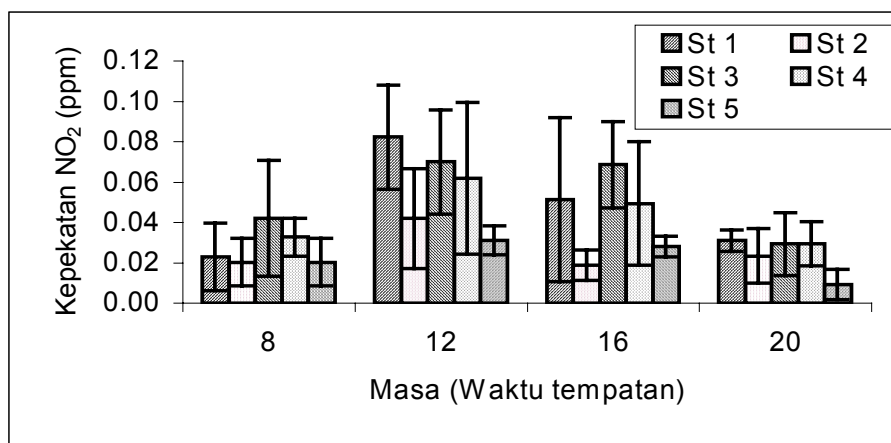
Stesen	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
1	0.065 ± 0.016	0.06 ± 0.047	6.71 ± 1.39	0.028 ± 0.025
2	0.072 ± 0.009	0.026 ± 0.017	6.38 ± 1.69	0.019 ± 0.008
3	0.070 ± 0.016	0.053 ± 0.027	5.29 ± 2.93	0.019 ± 0.009
4	0.071 ± 0.016	0.031 ± 0.013	5.50 ± 1.85	0.024 ± 0.008
5	0.066 ± 0.008	0.034 ± 0.029	3.38 ± 1.88	0.017 ± 0.009

**Nitrogen dioksida**

Kepekatan purata gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) untuk kesemua stesen persampelan berada di dalam julat 0.026 ± 0.017 hingga 0.060 ± 0.047 ppm (Jadual.3). Kepekatan NO<sub>2</sub> tertinggi dicatatkan di stesen 1 (0.060 ± 0.047 ppm) manakala bacaan terendah direkodkan di stesen 2 (0.026 ± 0.017 ppm). Kepekatan nitrogen dioksida didapati berada pada kepekatan yang tertinggi pada waktu tengahari dan petang iaitu pada masa kenderaan berada pada paras yang maksima (Rajah 2). Berdasarkan ujian statistik Anova (satu hala) antara stesen-stesen menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang bererti antara stesen. Walaubagaimanapun, nilai-nilai yang diperolehi masih tidak melepasi had yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar iaitu 0.17 ppm. Hasil kajian oleh pihak ASMA mendapati kepekatan NO<sub>2</sub> berada pada julat 0.007 hingga 0.023 ppm, lebih rendah berbanding data di kawasan kajian. Perbandingan dengan kajian terdahulu menunjukkan nilai di kawasan kajian adalah hampir sama dengan nilai yang diperolehi di Air Keruh (0.027 ppm) dan Teluk Kalung (0.029 ppm) oleh Latif dan Rozali (1999)<sup>16</sup>.



Rajah 1: Kepekatan SO<sub>2</sub> di stesen-stesen persampelan mengikut masa (waktu tempatan)

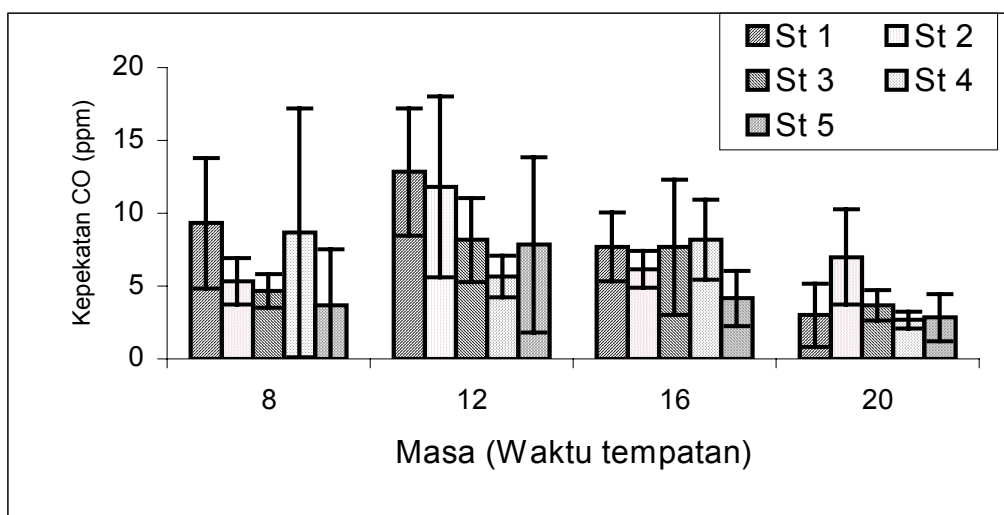


Rajah 2: Kepekatan NO<sub>2</sub> di stesen-stesen persampelan mengikut masa (waktu tempatan)

### Karbon monoksida

Kepekatan purata gas karbon monoksida (CO) untuk kesemua stesen persampelan berada dalam julat  $3.38 + 1.88$  hingga  $6.71 + 1.39$  ppm (Jadual 3). Kepekatan CO didapati mencatatkan kepekatan yang tinggi pada waktu siang berbanding waktu malam di mana kenderaan berkurangan. Beberapa stesen seperti stesen menunjukkan kepekatan yang tinggi seawal jam 8.00 pagi apabila jalanraya mula sesak dengan kenderaan bermotor. Walau bagaimanapun kepekatan dicatatkan di semua stesen kajian masih tidak melepasi had yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar iaitu 30 ppm. Berdasarkan ujian statistik Anova (satu hala) antara stesen-stesen menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan yang bererti antara stesen ( $p > 0.05$ ). Pola kepekatan karbon monoksida seperti yang ditunjukkan oleh Rajah 3 menunjukkan Stesen 1 yang paling sesak dengan kenderaan mencatatkan kepekatan yang tinggi pada waktu pagi dan tengahari. Kepekatan karbon monoksida biasanya dikaitkan dengan pergerakan kenderaan yang perlahan<sup>20</sup>.

Kerja-kerja pemantauan yang dilakukan oleh pihak Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA) yang membuat cerapan di stesen Country Heights menunjukkan kepekatan purata tahunan bagi karbon monoksida berada dalam julat 0.522 hingga 1.199 ppm. Perbezaan yang ketara ini disebabkan oleh bilangan kenderaan bermotor yang jauh lebih tinggi di kawasan kajian berbanding Country Heights. Perbandingan dengan kepekatan yang diperolehi di bandar lain menunjukkan kepekatan di kawasan kajian adalah lebih tinggi berbanding kepekatan yang diperolehi di Air Keruh (3.11 ppm) dan Teluk Kalung (2.17 ppm) oleh Latif dan Rozali (1999)<sup>16</sup>.



Rajah 3: Kepekatan CO di stesen-stesen persampelan mengikut masa (waktu tempatan)

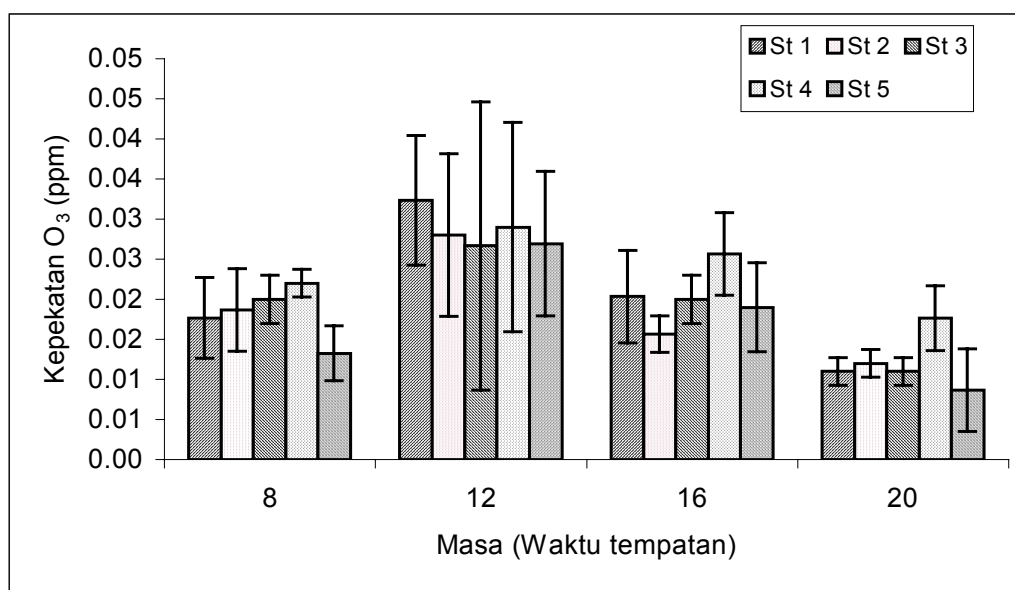
### Ozon

Kepekatan purata gas ozon ( $O_3$ ) untuk kesemua stesen persampelan berada di dalam julat  $0.017 \pm 0.009$  hingga  $0.028 \pm 0.025$  ppm. Walau bagaimanapun, nilai-nilai yang diperolehi masih tidak melepasi had yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar iaitu 0.1 ppm. Kepekatan  $O_3$  tertinggi dicatatkan di Stesen 1 ( $0.028 \pm 0.025$  ppm) manakala bacaan terendah direkodkan di Stesen 5 ( $0.017 \pm 0.009$  ppm) (Rajah 4). Kepekatan tertinggi di Stesen 1 mungkin disumbangkan oleh kenderaan bermotor di mana Stesen 1 merupakan tempat yang dilalui paling banyak kenderaan. Keadaan sebaliknya berlaku di Stesen 5 di mana stesen tersebut paling kurang dilalui oleh kenderaan berbanding stesen lain. Berdasarkan ujian statistik Anova (satu hala) antara stesen-stesen menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan yang bererti antara stesen ( $p > 0.05$ ).

Perbandingan dengan data daripada pihak ASMA menunjukkan kepekatan di kawasan kajian berada dalam julat kepekatan yang direkodkan oleh pihak ASMA iaitu antara 0.0019 hingga 0.0527 ppm. Perbandingan dengan kajian yang telah dilakukan sebelum ini menunjukkan nilai di kawasan kajian adalah tinggi sedikit berbanding nilai yang diperolehi di Teluk Kalung (0.015 ppm) dan Air Keruh (0.013 ppm).

**Kesan bahan pencemaran terhadap kesihatan manusia**

Untuk membolehkan perbandingan data-data pencemar udara dengan keupayaannya menjejaskan kesihatan manusia maka data-data yang telah diperolehi telah ditukarkan kepada nilai Indeks Pencemar Udara (IPU) seperti yang telah dicadangkan oleh Azman (1994)<sup>21</sup>. Purata data dalam bentuk indeks (Jadual 4) menunjukkan semua nilai indeks yang diperolehi kurang daripada 50 iaitu dalam kategori “Baik” dan tidak mendatangkan bahaya kepada kesihatan manusia. Nilai indeks yang tertinggi adalah indeks NO<sub>2</sub> iaitu 39. Oleh itu, NO<sub>2</sub> merupakan parameter indeks bagi kawasan Kajang di mana nilai puratanya adalah dalam kategori “Baik”. Walaubagaimanapun, Stesen 1 dan Stesen 3 berada dalam kategori “Sederhana”. Berdasarkan purata nilai indeks ini didapati bahawa turutan bahan pencemar yang mempengaruhi tahap kualiti udara di Bandar Kajang adalah NO<sub>2</sub> > CO > PM<sub>10</sub> > SO<sub>2</sub> > O<sub>3</sub>. Hal yang sedemikian jelas menunjukkan bahawa kenderaan bermotor yang merupakan punca utama NO<sub>2</sub> dan CO merupakan faktor utama penghasilan bahan pencemar udara di Bandar Kajang.



Rajah 4: Kepekatan O<sub>3</sub> di stesen-stesen persampelan mengikut masa (waktu tempatan)

Jadual 4: Purata indeks pencemar udara bagi setiap stesen.

Stesen	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO
1	37	32	58	16	43
2	39	35	25	11	41
3	33	34	51	11	34
4	33	35	30	14	36
5	29	32	33	10	22
Purata	34	33	39	12	35

**Kesimpulan**

Berdasarkan kajian yang telah dijalankan, didapati paras PM<sub>10</sub> dan gas-gas SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> dan ozon masih mematuhi tahap yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar. Perbandingan antara gas-gas yang dikaji menunjukkan gas karbon monoksida mencatatkan kepekatan yang tertinggi. Walau bagaimanapun, keadaan ini bertepatan dengan kepekatan semulajadi gas tersebut yang telah sedia tinggi di atmosfera iaitu sekitar 3



hingga 4 ppm. Perbandingan dengan data-data ASMA di stesen Country Heights serta kajian terdahulu di Air Keruh, Melaka dan Teluk Kalung, Terengganu menunjukkan tiada perbezaan yang ketara dengan data yang diperolehi di kawasan kajian kecuali bagi gas karbon monoksida.

Indeks Pencemaran Udara (IPU secara puratanya kurang daripada 50 iaitu nilai purata yang terletak dalam kategori “Baik”. Terdapat dua stesen yang mencatatkan nilai purata “Sederhana” iaitu Stesen 1 (58) dan Stesen 3 (51). Nilai Indeks Kualiti Udara yang berdasarkan nilai bahan pencemar yang tertinggi ini diberikan oleh kepekatan nitrgen dioksida (NO<sub>2</sub>) diikuti oleh karbon monoksida (CO), PM<sub>10</sub> dan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>). Ini jelas menunjukkan kenderaan bermotor terutamanya yang bergerak perlahan merupakan sumber utama bahan pencemaran di Bandar Kajang.

### **Penghargaan**

Ucapan terima kasih diucapkan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas Geran Penyelidikan ST/7/2001 dan Kerajaan Malaysia di atas Geran Penyelidikan IRPA 08-02-02-0047

### **Rujukan**

1. Japan International Cooperation Agency (JICA). 1993. Air quality management study for Klang Valley Region. Final Report. Volume I.
2. Latif, M. T. & Rozali, M. O. 2000. Inorganic Components of Total Suspended Solid of Kota Kinabalu, Sabah. Proceedings Malaysian Science and Technology Congress 2000 (MSTC 2000), Symposium B. Vol IV. Confederation of Scientific and Technological Associations in Malaysia (COSTAM). 30-37.
3. Soleiman, A., Ohtman, M., Abu Samah, A., Sulaiman, N. M., Radojevic, M. 2003. The occurrence of haze in Malaysia: A case study in an urban industrial area. *Pure and Applied Geophysics*. 160: 221-238.
4. Latif, M. T., Brimblecombe, P., Ramli, N. A., Sentian, J., Sukhapan, J. & Sulaiman, N. 2005. Surfactants in South East Asian Aerosols. *Environ. Chem.* 2: 198-204.
5. Jabatan Alam Sekitar (JAS). 1996. Laporan keadaan kualiti alam sekeliling peringkat negeri-negeri. Kuala Lumpur: Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar.
6. Cernuschi, S., Giugliano, M. Cermin, A. dan Giovannini, I. 1994. Model analysis of vehicles emission factors. *The Sci. of Total Environ.* 169: 175-183.
7. Chan, C. L. 2001. Kajian kualiti udara di beberapa stesen minyak di Bandar Baru Bangi. Tesis Sm. Sn. Universiti Kebangsaan Malaysia.
8. Sham, S. 1979. *Aspects of air pollution climatology in a tropical city*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
9. Azman, Z. A. 1984. A preliminary air quality in Kajang with emphasis on suspended particulate matter. Tesis BSc. Universiti Pertanian Malaysia.
10. Azman, Z. A. 1987. Measurements and analysis of selected air pollutants in Kuala Lumpur, Kajang and Universiti Pertanian Malaysia with emphasis on suspended particulate matter. Thesis S. Sn., Universiti Pertanian Malaysia.
11. Jamaludin, M. J. 1996. *Impak pembangunan terhadap alam sekitar*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
12. Fuzzi, S., Mariotti, M. & Orsi, G. 1982. Characterization of a local aerosol on a rural site of the Po Valley. Dlm. Benarie, M. M. (pynt.). *Atmospheric pollution 1982*: 361-367. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
13. Rozali, M. O., Khadijah, K., Wiliam, K., Mei Fong, C. & Ridzwan, B. H. 1990. Kandungan logam-logam berat dalam zarah-zarah terampai di udara. *Sumber* 6: 45-56.
14. LaMotte (1977a). *Instruction manual, 'Air pollution sampling and test equipment'*. Chestertown: LaMotte Chem. Prod. Co.
15. LaMotte (1977b). *Instruction manual, Method manual for air pollution analysis*. Chestertown: LaMotte Chem. Prod. Co.
16. Latif, M. T. & Rozali, M. O. 1999. Kualiti Udara di Kawasan Perindustrian Air Keruh (Melaka) dan Teluk Kelung (Terengganu). *Malays. J. Anal. Sci.* 5(1): 119-128.
17. Plaisane, H., Galloo, J. C. & Guillermo, R. 1997. Source identification and variation in the chemical composition at two rural site in France. *Sci. Total Environ.* 206: 79-93.

18. Vasconcelos, M. T. S. D. & Tavaras, H. M. F. 1998. Atmospheric metal pollution (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) in Oporto City derived from results from low volume aerosol samplers and from the moss sphagnum auriculatum bioindicator. *Sci. Total. Environ.* **212**: 11-20.
19. Chutke, N. L., Ambulkar, M. N., Aggarwal, A. L. & Garg, A. N. 1994. Instrumental neutron activation analysis of ambient air dust particulates from metropolitan cities in India. *Environ. Pollut.* **85**: 67-76.
20. Stern, A. C., Boubel R. W., Turner, D. B. & Fox, D. L. 1984. *Fundamental of air pollution*. Ed. ke-2. Orlando: Academic Press, Inc.
21. Azman, Z. A., Lay L. T., Fadzillah, O. & Haslina, M. 1994. A proposed air quality index for Malaysia. Serdang: Universiti Pertanian Malaysia. ↵