

KEPEKATAN PLUMBUM, KADMIUM, NITRAT DAN AMMONIUM DI UDARA

Norela Sulaiman¹, Maimon Abdullah¹, Mohd Rozali Othman²

¹Program Sains Sekitaran, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
²Program Kimia, Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan
Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan.

Abstrak: Pam udara LaMotte telah digunakan untuk menyerap udara yang berkemungkinan mengandungi logam, anion dan kation di atmosfera. Kepekatan plumbum (Pb) dan kadmium (Cd) dalam bentuk meruap ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer-relau grafit Model 4100 ZL manakala kepekatan nitrat (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+) ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer HACH DR 2010. Hasil kajian menunjukkan hanya corak harian Pb menghampiri nilai yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar, iaitu $1.5 \mu\text{g m}^{-3}$ dan corak harian spesies kimia lain melebihi kepekatan latar belakang masing-masing.

Abstract: LaMotte air sampling pump was used to monitor air that may contains metals, anions and cations in the atmosphere. Concentration of volatile plumbum (Pb) and cadmium (Cd) was determined by atomic absorption spectrophotometer furnace graphite Model 4100 ZL, while concentration of nitrate (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+) were determined by HACH DR 2010 spectrophotometer. Results showed that only the diurnal pattern of Pb was close to the permitted level suggested by Department of Environment that is $1.5 \mu\text{g m}^{-3}$ and diurnal pattern of other chemicals species exceeded their background of concentration.

Key words: Air sampling pump, Plumbum, Cadmium, Nitrate, Ammonium

Pengenalan

Plumbum merupakan sejenis logam berat yang sangat toksik. Punca Pb di atmosfera kebanyakannya adalah dalam bentuk plumbum tetraetil [$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$] dalam minyak petrol yang kemudiannya dibebaskan melalui ekzos kenderaan. Lebih kurang 75% daripada Pb dalam gasolin dikeluarkan melalui ekzos dan selebihnya akan kekal didalam enjin atau dibersihkan melalui minyak enjin [1]. Pb ditambah ke dalam minyak petrol untuk menjadikan prestasi enjin lebih lancar [2]. Di Malaysia kempen penggunaan minyak tanpa Pb telah dilancarkan pada bulan Julai 1985 dimana kandungan plumbum dalam petrol telah dikurangkan daripada 0.84 g/L kepada 0.40 g/L. Hasil kajian JAS mendapati pengurangan pelepasan plumbum ke atmosfera dari sumber-sumber pencemaran semakin ketara manakala laporan terkini kualiti udara di Malaysia yang dikemukakan oleh Jabatan Alam Sekitar, Malaysia mendapati paras kepekatan Pb berada di antara 0 – 0.2 $\mu\text{g m}^{-3}$, jauh lebih rendah daripada piawaian yang ditetapkan iaitu $1.5 \mu\text{g m}^{-3}$ [3 - 9]. Secara semulajadi, kepekatan latar belakang bagi Pb di atmosfera ialah di antara 0.0004 – 0.0012 $\mu\text{g m}^{-3}$ [2].

Pada keadaan normal, kepekatan Pb dalam darah bagi penduduk bandar ialah disekitar 20 $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ darah dan bagi penduduk luar bandar di sekitar 15 $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ darah. Perbezaan ini adalah disebabkan oleh lebih banyak bahan pencemar dari kenderaan di bandar berbanding dengan di luar bandar. Kepekatan plumbum di sekitar 60 dan 80 $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ akan menyebabkan kerosakan otak (encephalopathy) [10]. Tubuh pula bertindak balas dengan membuang plumbum berlebihan melalui air kencing dan selebihnya dimendapkan di dalam tubuh, terutama dalam sum-sum tulang. Selain daripada itu kepekatan Pb yang tinggi memberi kesan pada buah pinggang, tisu saraf periferi, pembengkakkan (ezema) pada tisu otak dan kekejangan. Punca yang boleh dikaitkan dengan kesan Pb (“plumbism”) adalah bahan penggilap seramik, pemateri, bekas penyimpan bateri dan cat rumah. Walau bagaimanapun kesan kronik Pb terhadap tubuh bergantung pada dos pendedahan, penyimpanan Pb dalam tubuh dan jangka masa pendedahan [1].

Kadmium yang wujud sebagai bentuk zarah terampai atau bentuk volatil merupakan salah satu logam berat yang dianggap sebagai pencemar udara yang bersifat toksik. Di antara punca logam ini ialah pelepasan kenderaan bermotor, industri penghasilan tembaga, perak dan aloi-aloi aluminium dan reaktor-reaktor nuklear. Kebanyakan Cd terdapat dalam minyak pelincir motor (sebagai kadmium dwitio fosfat) dan

tayar (sebagai kadmium oksida, kadmium dietil dan dimetil karbamat). Kepekatan Cd dalam minyak pelincir ialah di antara 0.20 – 0.26 ppm manakala dalam minyak diesel ialah di antara 0.07 – 0.10 ppm dan kepekatan Cd dalam tayar pula di antara 20 – 90 ppm [11]. Garam Cd juga digunakan di dalam racun makluk perosak, racun serangga, agen anti parasit dan baja [12].

Punca garam NH_4^+ di atmosfera pula mungkin berasal daripada sebatian sulfur kerana gas amonia yang mudah melarut di atmosfera dan menjadi agen penting interaksi di antara kitaran sulfur dan nitrogen global yang meneutralkan aerosol sulfat yang berasid [13], [14]. Anion nitrat merupakan sebatian sekunder yang penting dalam gas-gas NO_x seperti NO , N_2O_5 , HCN yang akan segera dioksidakan menjadi nitrogen dioksida (NO_2) oleh ozon (O_3) [15]. Masa mastautin gas-gas NO_x di atmosfera adalah singkat dan akan segera dioksidakan kepada aerosol nitrat atau asid nitrik [16]. NO_3^- merupakan komponen penting hujan asid dan agen pengoksida fotokimia yang kuat [17].

Ekperimental

Sebanyak sepuluh stesen kajian di sekitar Serdang Selangor telah dipilih (Jadual 1). Udara yang mungkin mengandungi logam-logam (Pb dan Cd) bentuk meruap disedut masuk ke dalam larutan asid nitrik 1% menggunakan pam udara LaMotte selama satu jam dalam selang masa sejam secara berterusan selama 48 jam. Kepekatan Pb dan Cd ditentukan di makmal dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom-relau grafit Perkin Elmer Model 4100 ZL. Bagi nitrat (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+) udara disedut ke dalam larutan air suling nyahion dan kepekatannya ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer Hach DR 2010.

Jadual 1: Kedudukan stesen kajian

Stesen	Alamat	Garis lintang	Garis bujur
SJS	Rumah Pengawal Stesen Janaelektrik Serdang	2° 58.04' U	101° 41.11' T
NUR	Nurseri Mesra Alam	2° 58.20' U	101° 41.64' T
MAR	Stor Bahagian Penyelidikan Buah-buahan Mardi, Serdang	2° 59.33' U	101° 41.06' T
INF	Infoport Research Park, Universiti Putra Malaysia	2° 58.31' U	101° 42.76' T
UPM	Fakulti Rekabentuk & Senibina, Universiti Putra Malaysia	3° 00.16' U	101° 43.34' T
KUI	Kuil West Country	2° 58.59' U	101° 43.59' T
ABB	Sekolah Rendah Agama Islam Datok Abu Bakar Baginda, Sepang	2° 57.63' U	101° 43.85' T
TNB	Tenaga Nasional Berhad Research	2° 57.98' U	101° 43.97' T
RAS	Kampung Sungai Rasau, Puchong	2° 57.63' U	101° 38.69' T
UKM	Rumah Tumbuhan, Universiti Kebangsaan Malaysia	2° 55.26' U	101° 47.03' T

Kaedah penentuan NO_3^- yang digunakan adalah ubahsuai daripada kaedah penurunan kadmium. Nitrat akan diturunkan menjadi nitrit dengan kehadiran kadmium. Nitrit yang terhasil kemudian bertindak balas dengan sulfanamida dan membentuk sebatian diazo yang berwarna. Tindak balas gandingan dilakukan dengan menambah N-(naftil)-etilena diamida dihidroklorida. Sebatian yang terhasil mempunyai perkadaran yang sama dengan kepekatan nitrat. Keamatan bahan pewarna diazo yang terhasil kemudiannya diukur secara kolorimetri pada panjang gelombang 400 nm. Sebanyak 25 ml sampel dimasukkan ke dalam sel. Reagent NitraVer 5 dicampurkan ke dalam sampel dan digoncangkan. Sel ditutup dan dibiarkan bertindak balas selama satu minit. Air suling nyah ion bertindak sebagai 'blank' juga dicampurkan dengan Reagent NitraVer 5. Campuran dibiarkan bertindak balas selama lima minit. Setelah itu, kepekatan sampel diukur menggunakan spektrofotometer Hach, setelah diselaraskan dengan sampel 'blank'.

Kaedah penentuan NH_4^+ yang digunakan ialah kaedah Nessler. Tindak balas antara ammonia dengan reagen Nessler membentuk beberapa siri warna menunjukkan kepekatan ammonia yang dapat ditentukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 400-425 nm. Sebanyak 25 ml sampel dipipetkan ke dalam bikar berpenutup. Tiga titis agen penstabil dan tiga titis polivinil alkohol dimasukkan ke dalam bikar yang mengandungi sampel dan digoncang perlahan-lahan. Sebanyak 1 ml reagen Nessler dicampurkan ke dalam campuran sampel dan digoncang sekali lagi perlahan-lahan. Campuran dibiarkan selama satu minit. Kepekatan sampel (dalam mg/L) diukur menggunakan spektrofotometer setelah diselaraskan dengan sampel 'blank' menggunakan air suling nyah ion menggantikan sampel dan diperlakukan dalam cara yang sama.

Hasil dan Perbincangan

Jadual 2 menunjukkan kepekatan Pb, Cd, NO₃⁻ dan NH₄⁺ bagi setiap stesen kajian. Stesen SJS mencatatkan purata kepekatan yang tertinggi iaitu 0.770 ± 0.403 µgm⁻³. Kepekatan Pb yang tinggi ini mungkin berpunca daripada banyaknya kenderaan yang keluar masuk ke SJS. Sebanyak 91% daripada kenderaan di jalanraya didapati menggunakan petrol dan yang selebihnya menggunakan diesel [6]. Kepekatan Pb di dalam gasolin motor yang telah ditetapkan di bawah Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kawalan kepekatan Pb dalam gasolin motor) 1985 ialah 0.15 g/L [7]. Walau bagaimanapun kepekatan Pb yang dicerap di SJS ini adalah di bawah daripada nilai yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia di bawah Akta Kualiti Alam Sekeliling, 1974, Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Udara Bersih), 1978 iaitu 1.5 µgm⁻³ bagi Pb untuk tempoh satu jam. Stesen kedua mencatatkan purata kepekatan Pb tertinggi adalah NUR, diikuti oleh KUI, ABB dan TNB dengan masing-masing kepekataannya ialah 0.541 ± 0.370, 0.519 ± 0.281, 0.412 ± 0.199, dan 0.404 ± 0.328 µgm⁻³. Stesen-stesen lain yang mempunyai kepekatan yang semakin mengurang adalah MAR, INF, RAS, UKM, dan UPM dengan masing-masingnya berkepekatan 0.382 ± 0.145, 0.381 ± 0.210, 0.358 ± 0.254, 0.335 ± 0.179, dan 0.295 ± 0.133 µgm⁻³.

Jadual 2 Nilai purata (n=36) kepekatan plumbum dan kadmium dalam unit µgm⁻³ serta ion-ion nitrat dan ammonium dalam unit mgm⁻³ di kawasan kajian

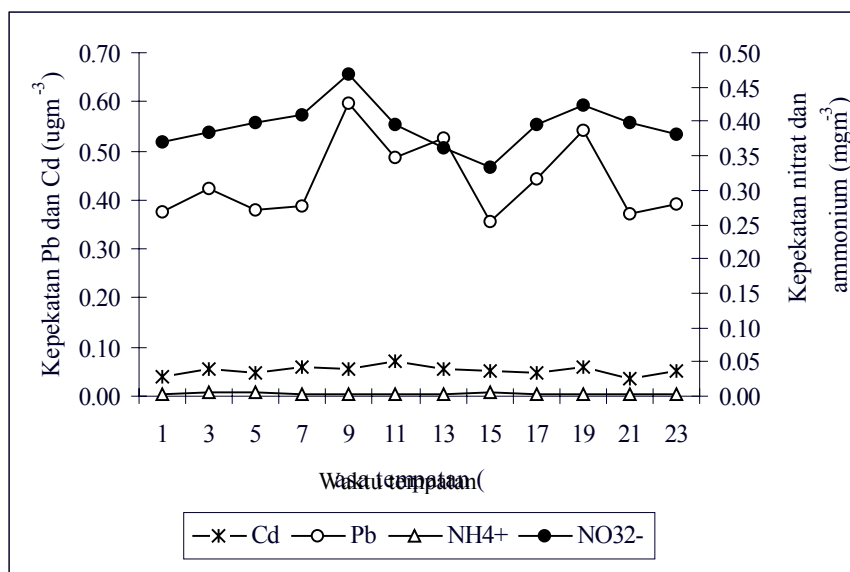
Stesen	Parameter dan kepekatan			
	Pb	Cd	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
SJS	0.770±0.403	0.086±0.057	0.329±0.045	0.003±0.002
NUR	0.541±0.370	0.028±0.017	0.298±0.016	0.003±0.001
MAR	0.382±0.145	0.050±0.018	0.507±0.091	0.005±0.005
INF	0.381±0.210	0.043±0.015	0.265±0.044	0.004±0.001
UPM	0.295±0.133	0.043±0.021	0.399±0.104	0.004±0.004
KUI	0.519±0.281	0.038±0.015	0.555±0.244	0.002±0.001
ABB	0.412±0.199	0.037±0.014	0.259±0.090	0.002±0.001
TNB	0.404±0.326	0.08±0.015	0.437±0.083	0.010±0.003
RAS	0.358±0.254	0.059±0.034	0.421±0.169	0.005±0.003
UKM	0.335±0.179	0.054±0.017	0.461±0.154	0.003±0.001

Purata kepekatan Pb yang didapati dalam kajian ini adalah lebih tinggi daripada purata kepekatan Pb bagi seluruh stesen di Malaysia dengan julat di antara 0 hingga 0.2 µgm⁻³ [18]. Jika dibandingkan dengan kepekatan Pb di Lembah Kelang, purata kepekatan Pb di kawasan kajian adalah dua kali lebih rendah [18]. Ini adalah kerana jumlah, dan kepadatan kenderaan yang tinggi di Lembah Kelang berbanding dengan kawasan kajian. Geometri jalanraya yang terdiri daripada simpang, lampu isyarat, jejantas, dan bulatan yang diapit oleh bangunan-bangunan tinggi menyebabkan kepekatan bahan pencemar lebih tinggi [19]. Selain daripada itu geometri jalanraya tersebut menghalang laluan angin, dan tidak disebarkan ke tempat lain, menyebabkan bahan pencemar terkumpul dan menjadi semakin pekat. Hasil kajian yang dilakukan di kawasan perindustrian mendapati kepekatan Pb di berkenaan adalah dalam julat 0.275 hingga 0.682 µgm⁻³ [20] Oleh itu purata kepekatan Pb dalam kajian ini berada dalam julat tersebut. Ini menunjukkan kepekatan ini adalah kepekatan yang biasa dicerap di kawasan perumahan dan perindustrian.

Secara keseluruhannya kepekatan Pb meningkat bermula daripada waktu pagi dan menurun semula pada waktu petang selari dengan aktiviti pekerjaan manusia (Rajah 1). Oleh kerana kawasan kajian terdiri daripada kawasan perumahan, kawasan komersil dan kawasan trafik, maka terdapat ketidakseragaman corak kepekatan Pb yang dihasilkan dalam kajian ini. Puncak tertinggi kepekatan Pb menghampiri had maksima dalam kajian ini yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar ialah pada kepekatan 1.344 µgm⁻³ yang direkodkan di stesen SJS. Nilai yang serupa juga pernah direkodkan di Dewan Bandaraya Kuala Lumpur dan di Pudu di sekitar tahun 1988 – 1990 [17]. Nilai kepekatan Pb ini diperolehi walaupun kempen penggunaan minyak petrol tanpa Pb telah mula dilancarkan pada bulan Julai 1985. Walau bagaimanapun kepekatan Pb semakin menurun sehingga kurang daripada 0.4 µgm⁻³ di sekitar tahun 1993 sehingga kini.

Nilai maksima kepekatan yang pernah direkodkan di kawasan perumahan ialah 0.80 µgm⁻³, kawasan komersial ialah 1.45 µgm⁻³, kawasan trafik ialah 1.90 µgm⁻³, dan kawasan perindustrian ialah 1.10 µgm⁻³ [5] Oleh itu nilai maksima kepekatan Pb dalam kajian ini adalah kepekatan yang setara dicerap oleh JAS di kawasan perumahan, trafik dan kawasan perindustrian. Hasil kajian ini juga menunjukkan kepekatan

minima adalah lebih tinggi daripada $0.1 \mu\text{g m}^{-3}$. Nilai minima ini lebih tinggi daripada kepekatan latar belakang Pb iaitu $0.0004 - 0.0012 \mu\text{g m}^{-3}$ [2].



Rajah 1: Corak purata harian bagi Pb, Cd, NO₃⁻ dan NH₄⁺ bagi setiap stesen kajian

Purata kepekatan Cd dalam kajian ini adalah lebih rendah daripada kepekatan Pb (Jadual 2). Stesen yang mempunyai purata kepekatan Cd yang tertinggi adalah TNB iaitu $0.088 \mu\text{g m}^{-3}$ diikuti oleh stesen SJS, RAS, UKM dan MAR dengan masing-masing nilai purata kepekatan iaitu 0.086 ± 0.057 , 0.059 ± 0.034 , 0.054 ± 0.017 , dan $0.050 \pm 0.018 \mu\text{g m}^{-3}$. Urutan stesen persampelan yang mempunyai purata kepekatan Cd yang semakin mengurang adalah UPM dan INF mempunyai purata kepekatan yang sama iaitu 0.043 ± 0.015 dan 0.043 ± 0.021 , diikuti oleh stesen KUI, ABB, dan NUR dengan masing-masing kepekatan iaitu 0.038 ± 0.015 , 0.037 ± 0.014 , dan $0.028 \pm 0.017 \mu\text{g m}^{-3}$. Purata kepekatan Cd dalam kajian ini adalah lebih rendah daripada nilai yang direkodkan di kawasan perindustrian di Melaka dan Terengganu [20], di Kota Kinabalu [21] dan Sipitang [22], begitu juga di kawasan perumahan [23] dan kawasan bandar [24]. Jika dibandingkan purata kepekatan Cd dalam kajian ini dengan purata kepekatan Cd yang direkodkan di kawasan perindustrian Nilai, Negeri Sembilan didapati purata kepekatan di kawasan kajian adalah lebih tinggi [25]. Punca utama kehadiran Cd di kawasan kajian kemungkinan daripada tayar kenderaan yang melintasi kawasan kajian terutama pada waktu siang di mana jumlah kenderaan bertambah di jalanraya dan kekerapan kenderaan berat yang lalu lalang di sekitar kawasan pembinaan Putrajaya. Cd dan Pb berkait rapat dengan kenderaan dan logam Cd juga dicampurkan dengan minyak pelincir motor, diesel, tayar getah dan bahagian-bahagian bergalvani dalam kenderaan [24]. Selain daripada itu, kehadiran kadmium di atmosfera adalah melalui pembakaran bahan-bahan berkadmiun seperti beg plastik, perabut, dan barang-barang yang diperbuat daripada polivinil klorida [26].

Paras kepekatan Cd adalah rendah pada waktu pagi, meningkat pada waktu tengahari, dan menurun semula pada waktu petang dan meningkat semula pada waktu malam seperti juga pada logam Pb (Rajah 1). Paras kepekatan yang rendah pada sebelah pagi mungkin disebabkan udara panas yang kurang tumpat mudah naik ke altitud yang lebih tinggi. Pada sebelah malam pula, paras kepekatan Cd adalah tinggi kerana udara yang lebih tumpat akan turun, dan memerangkap Cd dalam udara panas yang kurang tumpat. Zarah Cd juga berupaya bergabung dengan wap air dalam udara sejuk, dan menjadikannya bertambah berat dan seterusnya turun bersama dengan embun [24] dan [27]. Kepekatan maksima Cd yang diperolehi ialah $0.177 \mu\text{g m}^{-3}$ dicerap di stesen SJS di mana pencerapan Pb juga dilakukan. Kepekatan minimum Cd berada melebihi $0.02 \mu\text{g m}^{-3}$ seperti juga pada Pb kerana kesibukan kenderaan yang melalui kawasan ini.

Nitrat merupakan anion yang terhasil daripada pengoksidaan unsur bernitrogen terutamanya nitrogen dioksida. Kepekatan purata bagi nitrat di semua stesen persampelan ditunjukkan dalam Jadual 2. Stesen KUI mempunyai kepekatan purata nitrat yang tertinggi iaitu $0.555 \pm 0.244 \text{ mg m}^{-3}$. Stesen yang sama juga dicerap mempunyai nilai kepekatan purata NO₂ yang tertinggi. Keadaan ini menyokong bahawa anion nitrat terhasil daripada pengoksidaan nitrogen dioksida. Kepekatan purata kedua tertinggi adalah pada stesen MAR, diikuti oleh stesen UKM, TNB, dan RAS dengan masing-masing nilainya ialah 0.507 ± 0.091 , 0.461 ± 0.154 , dan $0.437 \pm 0.083 \text{ mg m}^{-3}$. Kepekatan purata bagi stesen lain mengikut kepekatan semakin mengurang adalah UPM, SJS, NUR, INF, dan ABB dengan masing-masing nilai ialah 0.399 ± 0.104 , 0.329 ± 0.045 , 0.298 ± 0.016 , 0.265 ± 0.04 , dan $0.259 \pm 0.090 \text{ mg m}^{-3}$. Kepekatan nitrat yang tinggi ini

disumbangkan oleh jumlah kenderaan yang tinggi di jalanraya. Selain daripada NO_2 , oksida-oksida nitrogen lain juga menyumbang kepada pembentukan nitrat. Ini menyokong fakta yang menyatakan kepekatan NO_2 yang tinggi turut menyebabkan kepekatan nitrat yang tinggi. Jika dibandingkan nilai kepekatan purata nitrat dalam kajian ini dengan menggunakan kaedah analisis yang sama oleh pengkaji-pengkaji terdahulu, nilai purata kepekatan nitrat dalam kajian ini adalah lebih rendah daripada kawasan perindustrian di Terengganu [20], [23], [25] dan [28].

Secara keseluruhannya purata kepekatan nitrat berkurangan pada waktu pagi, meningkat pada waktu tengahari dan mengurang semula pada waktu malam (Rajah 1). Ini adalah kerana pada waktu malam nitrat yang terhasil daripada tindakan NO_2 dan O_3 , akan menukarkan NO_x kepada N_2O_5 dan HNO_3 [29]. Pada waktu siang pula kepekatan nitrat yang tinggi kerana mengalami proses fotolitik dan akan mengurangkan kepekatannya pada waktu malam. Tindakan nitrat pada waktu malam juga akan membentuk sejumlah kecil OH untuk membentuk semula NO_2 [29]. Puncak tertinggi ialah pada kepekatan 0.985 mgm^{-3} iaitu pada stesen RAS yang juga merupakan di antara stesen yang mempunyai kepekatan purata NO_2 yang tinggi. Nilai ini adalah lebih tinggi daripada kepekatan latar nitrat iaitu $0.12 \text{ } \mu\text{gm}^{-3}$ [15].

Kepekatan purata NH_4^+ ditunjukkan dalam Jadual 2. Kepekatan purata NH_4^+ tertinggi adalah pada stesen MAR, dan RAS yang berkongsi nilai yang sama dengan masing-masing nilai ialah 0.005 ± 0.005 dan $0.005 \pm 0.001 \text{ mgm}^{-3}$. Diikuti oleh stesen UPM, dan INF yang juga berkongsi nilai yang sama iaitu 0.004 ± 0.004 , $0.004 \pm 0.001 \text{ mgm}^{-3}$. Stesen lain yang berkongsi nilai kepekatan purata yang sama adalah SJS, NUR, dan UKM, dengan masing-masing nilai ialah 0.003 ± 0.002 , 0.003 ± 0.001 , dan $0.003 \pm 0.001 \text{ mgm}^{-3}$. Kesemua nilai kepekatan purata NH_4^+ dalam kajian ini adalah jauh lebih rendah daripada nilai kepekatan semulajadi yang terdapat di kawasan khatulistiwa iaitu 0.14 mgm^{-3} [30]. Nilai kepekatan NH_4^+ di atmosfera berpunca daripada gas amonia yang dibebaskan oleh kilang-kilang pembuatan plastik, asid nitrik dan pewarna selain daripada penghasilannya secara semulajadi [4]. Di sekitar kawasan kajian tidak terdapat kilang yang boleh menghasilkan amonia ke atmosfera, maka bolehlah dikatakan bahawa punca NH_4^+ dalam kajian ini mungkin daripada punca semulajadi seperti proses pereputan [21], [32]. Nilai kepekatan NH_4^+ dalam kajian ini adalah jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kepekatan NH_4^+ di kawasan perindustrian Melaka dan Terengganu [20], [21] dan Sipitang [22], begitu juga di kawasan perumahan [23] dan kawasan bandar [24].

Kepekatan NH_4^+ meningkat pada waktu pagi berbanding dengan waktu tengahari dan malam (Rajah 1). Ini mungkin kerana kepekatan NH_4^+ dari punca setempat tidak disebarkan oleh angin kerana keadaan atmosfera yang stabil pada waktu pagi berbanding dengan waktu siang. Didapati kepekatan tertinggi ialah pada kepekatan 0.018 mgm^{-3} direkodkan di stesen MAR. Namun nilai kepekatan tertinggi ini masih lebih rendah daripada kepekatan semulajadi NH_4^+ di kawasan khatulistiwa.

Kesimpulan

Hasil kajian mendapati kepekatan kesemua parameter kajian meningkat secara perlahan-lahan pada waktu awal pagi sebelum naik mendadak pada lewat pagi dan menurun semula pada waktu tengahari dan meningkat semula waktu lewat petang. Aktiviti manusia memainkan peranan penting dalam mempengaruhi corak taburan harian parameter kajian. Kepekatan kebanyakan parameter juga kecuali NH_4^+ adalah amat dipengaruhi oleh kedudukan kawasan kajian samada di sekitar kawasan industri atau perumahan.. Kandungan Pb dan Cd di udara masih berada di bawah nilai maksima yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia. Kepekatan NO_3^- dan NH_4^+ di udara kawasan perumahan adalah lebih rendah jika dibandingkan dengan kawasan perindustrian.

Penghargaan

Pengarang ingin merakamkan penghargaan kepada Tenaga Nasional Berhad Research (TNBR) kerana menaja sepenuhnya projek penyelidikan ini. Terima kasih juga kepada En. Fauzan, En. Zainal, En. Yushaury, En. Fazan, En. Din dan En. Zulfadhly kerana membantu dalam persampelan. Tidak lupa juga kepada pihak Universiti Putra Malaysia (UPM), MARDI, Stesen Janaelektrik Serdang (SJS), Sekolah Rendah Agama Datok Abu Bakar Baginda, Sepang dan penduduk tempatan yang telah bekerjasama dalam penyelidikan ini.

Rujukan

1. Williamson, S.J. 1973. *Fundamental of air pollution*. Addison-Wesley Publishing Company. Reading. Hlm 55-57.
2. Horowitz, J.L. 1982. *Air quality analysis of urban transportation planning*. The MIT Press, 16-25, 63-65 ms.

3. Department of Environment (DOE).1985. Environment quality report, 1984. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
4. Department of Environment (DOE).1989. Environment quality report, 1988. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
5. Department of Environment (DOE). 1991. Environment quality report, 1990. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
6. Department of Environment (DOE). 1996. Environment quality report, 1995. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
7. Department of Environment (DOE). 1997. Environment quality report, 1996. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
8. Zaini Ujang, 2000. *Pengenalan Pencemaran Udara*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Cetakan ke-2. 244 ms.
9. Jamaluddin, J. 1996. *Impak pembangunan terhadap Alam Sekitar*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia. ms 88-93.
10. Chisolm, J.J. 1971. "Lead Poisoning" *Sci. Amer.* **224**: 15.
11. Leggerwerff, J.V. & Specht, A.W. 1970. Contamination roadside soil and vegetation with cadmium, nikel, lead and zink. *Environ. Sci. Technol.*, **4**:583-586.
12. Lund, H. 1971. *Industrial Pollution Control Handbook*. McGraw-Hill Book Company, USA. Hlm 4-32.
13. Andreae, M.O. & Raemdonck, H. 1983. Dimethyl sulphide in the surface ocean and the marine atmosphere: a global view. *Science*. **221**:744-747.
14. Gras, 1983. Ammonia and ammonium concentrations in the Antarctic atmosphere. *Atmos. Environ.* **17**(4):815-818.
15. Galloway, J.N. 1990. The intercontinental transport of sulfur and nitrogen. Dlm. Knaps, A.H. 1990. *The long-range atmospheric transport of natural and contaminant substances*. Kluwer Academic, Netherlands. 231-257.
16. Bridgeman, H. 1990. *Global air pollution*. Belhaven Pres, London. 150-160.
17. Palmgren, F., Berkowicz, R., Hertel, O., Vignati, E. 1996. Effects of reduction of NO_x on the NO₂ levels in urban streets. *Sci. Total Environ.* **189**:409-415.
18. Department of Environment (DOE). 1998. Environment quality report, 1997. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
19. Sami, D. & Ismail, M.M. 1992. Concentrations of nitrogen dioxide through the state of Bahrain. *Environment Pollution* **77**: 71-78.
20. Mohd Talib Hj. Latif dan Mohd Rozali Othman, 1999: Kualiti udara di kawasan perindustrian Air Keruh (Melaka) dan Teluk Kalung (Terengganu). *Malays. J. Anal. Sci.*, **5**(1): 119 - 126.
21. Talib M.L., Rozali M.O., Norela S., Ahmad Daud M.N. and Permata N.J., 2002: Air quality in several industrial areas in Malaysia. Proceedings of the Regional Symposium on Environmental and Natural Resources, 10 – 11 April 2002, Hotel Renaissance, Kuala Lumpur, 703 – 710.
22. Lulong, K., 1992. Pemonitoran Beberapa bahan Pencemaran Udara di Sipitang, Sabah. Tesis SmSn. UKM, Kampus Sabah. Tidak diterbitkan.
23. Mohd Rozali Othman dan Mohd Talib Hj. Latif, 1995: Pemendapan zarah di Kota Kinabalu, Sabah, *Borneo Science*, **1**(1): 45 - 60.
24. Rozali, M.O. & Ridwan, B.H. 1989. Kajian ke atas kandungan logam-logam Cd, Cu, Fe, dan Pb di udara (1) Kota Kinabalu. Prosiding Simposium Kimia Analisis Kebangsaan Ketiga. Universiti Teknologi Malaysia.
25. Mohd Rozali Othman, Mohd Talib Hj. Latif, Christopher Anderson Kenny, 2001: Kajian Kepekatan Pb, Cd dan Nitrat Di Udara Di Sekitar Kawasan Nilai dan Serdang. *Malays. J. Anal. Sci.*, **7**(2): 395 – 401.
26. Brodine, V. 1972. *Air Pollution*. New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc.
27. Rozali, M.O., Khadijah, K., William, K., Mei Fong, C. & Ridwan, B.H., 1990. Kandungan logam-logam berat dalam zarah terampai di udara. *Sumber* **6**: 45-56.
28. Mohd Rozali Othman, Mohd Talib Hj. Latif dan Kenny Poon, 1999: Kandungan plumbum dan kadmium serta anion nitrat dan sulfat di udara Kawasan Bandar dan Industri. *Malays. J. Anal. Sci.*, **5**(1): 111 - 118.
29. Fish, D.J., Shallcross, D.E. & Jones, R.L. 1999. The vertical distribution of NO₃ in the atmospheric boundary layer. *Atmos. Environ.* **33**: 687-691.
30. Waldbott, G.L. 1978. *Health effects of environmental pollutants*. (Eds. ke-2). The C.V. Mosby Company, St. Louis, 89-175.
31. Majlis Daerah Hulu Langat, 1999. Senarai Kilang Di Sekitar Bandar Baru Bangi. Tidak diterbitkan.
32. Majlis Daerah Sri Petaling, 1999. Senarai Kilang Di Serdang. Tidak diterbitkan. ↵