



Pencemaran habuk di Lembah Klang melalui analisis statistik boxplot

Siti Haslina Mohd Shafie¹, Mastura Mahmud¹

¹Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Siti Haslina Mohd Shafie (email: arieslibra_2909@yahoo.com)

Abstrak

Salah satu punca masalah kemerosotan kualiti udara bandar di Lembah Klang berlaku akibat daripada peningkatan bahan pencemar udara partikel zarah terampai berdiameter kurang daripada 10 mikron (PM_{10}) daripada kenderaan bermotor selain faktor perbandaran yang pesat. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji tren kepekatan purata bulanan PM_{10} di lima stesen kualiti udara di Lembah Klang iaitu Klang, Petaling Jaya, Kajang, Shah Alam dan Cheras dari 2000 hingga 2009 dengan menggunakan kaedah statistik *boxplot*. Hasil kajian mendapati bahawa tren kepekatan purata bulanan PM_{10} adalah lebih tinggi daripada nilai kesetaraan *Recommended Malaysian Air Quality Guidelines* (RMAQG) iaitu $103.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk tempoh sebulan bagi beberapa stesen kajian. Nilai kepekatan PM_{10} bulanan yang tertinggi direkodkan adalah pada Ogos 2005 sebanyak $590 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di stesen Klang, $482 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Petaling Jaya), $371 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kajang) serta $587 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Shah Alam) dan Cheras sebanyak $465 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sewaktu peristiwa jerebu pada ketika itu. Selain nilai maksimum, analisis *boxplot* turut mewakili nilai *Q2* (kuartil 2) iaitu nilai median atau penengah data, *IQR* (julat antara kuartil) iaitu angka penengah antara nilai yang paling kecil dan median serta *Q3* (kuartil 3) merupakan nilai tengah antara median dan nilai tertinggi sesuatu set data. Stesen Klang mencatatkan nilai *Q3*, *IQR* dan *Q2* tertinggi pada tahun 2005 masing-masing sebanyak $342 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada bulan Ogos berbanding stesen lain. Episod jerebu yang serius berlaku di Semenanjung Malaysia pada waktu tersebut berasal daripada pembakaran biojisim di Sumatera, Indonesia dan faktor kedudukan Klang yang paling hampir dengan Sumatera adalah punca utama kepada peningkatan kepekatan PM_{10} yang tinggi di stesen tersebut.

Katakunci: analisis statistik *boxplot*, kenderaan bermotor, kualiti udara bandar, Lembah Klang, pencemaran jerebu, PM_{10}

Gauging dust pollution in Malaysia's Klang Valley using statistical analysis of boxplot

Abstract

One of the sources of urban air quality deterioration in the Klang Valley was increased emissions of suspended particulates matter sized less than 10 micrometers (PM_{10}) from motor vehicles. This study investigated the trend of monthly average concentrations of PM_{10} at Klang, Petaling Jaya, Kajang, Shah Alam and Cheras air quality stations from year 2000 to year 2009 using the boxplot statistical analysis. It was found that the monthly average concentrations of PM_{10} from 2000 to 2006 at all stations exceeded the monthly average equivalent of the Recommended Malaysian Air Quality Guidelines (RMAQG) of $103.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for a period of one month at several air quality stations. The highest monthly concentration of PM_{10} was recorded at Klang ($590 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Petaling Jaya ($482 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Kajang ($371 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Shah Alam ($587 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and Cheras ($465 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in August 2005. Besides the maximum concentration, boxplot also analysed the *Q2* (quartile 2) and the third quartile (*Q3*) scores. The Klang air quality station recorded the highest monthly values of *Q3*, *Q2* and *IQR* in August 2005 at $342 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $277 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. This situation occurred as an impact of the major haze episode that originated from the biomass

burning activities in Sumatra, Indonesia. The location of the Klang air quality station nearest to Sumatra was one of the reasons that the maximum PM_{10} concentrations were recorded there.

Keywords: boxplot statistical analysis, dust pollution, Klang Valley, motor vehicles, PM_{10} , urban air quality

Pengenalan

Masalah kemerosotan kualiti udara bandar dikesan di negara sedang membangun dunia seperti di Asia dan Afrika selain negara maju seperti di Eropah dan Amerika Syarikat. Hasil daripada kaji selidik yang dijalankan oleh *European Environment Agency* (EEA) pada tahun 1995, 1997 dan 1998 mendapati bahawa pencemaran udara bandar merupakan salah satu permasalahan persekitaran yang serius di Eropah melalui aktiviti perindustrian dan pengeluaran tenaga yang merupakan sumber dominan kepada masalah alam sekitar ini. Namun, keadaan ini telah berubah kepada sumber daripada kenderaan bermotor dan trafik yang dikenal pasti sebagai sumber utama berlakunya pencemaran udara bandar pada masa kini. (Faiz et al., 1993; Mellios et al., 2006; Kunzli et al., 2000; Vardoulakis et al., 2003; Jensen et al., 2001; Sharma et al., 2010; Anjaneyulu et al., 2005). Malaysia merupakan salah satu negara membangun dunia yang berhadapan dengan masalah kualiti udara bandar yang serius selain Jakarta (Indonesia), Mumbai (India), Bangkok (Thailand), Shanghai dan Beijing (China) serta Kuala Lumpur (Malaysia) (IGES, 2007). Menurut statistik daripada WHO (2011), pencemaran udara banyak melanda bandar besar di benua Asia seperti Karachi, New Delhi, Kathmandu, Beijing selain bandar utama di benua Afrika kerana jumlah penduduk yang tinggi dan semakin bertambah. Gurjar et al. (2008) dan Ozden et al. (2008) merumuskan pencemaran udara bandar merupakan permasalahan alam sekitar yang serius mengakibatkan impak negatif terhadap kesihatan manusia, kualiti hidup dan persekitaran umumnya dalam tempoh masa yang panjang. Aktiviti pengangkutan darat dan trafik dikenal pasti sebagai penyumbang utama kepada peningkatan pembebasan bahan pencemar udara terutamanya zarah terampai (PM_{10}), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO_2) dan ozon (O_3) di bandar negara maju serta membangun (Siti Haslina Mohd Shafie, Mastura Mahmud, 2015)

Pertumbuhan penduduk, kadar perbandaran yang padat dan aktiviti ekonomi yang pesat berlaku di sesebuah bandar menjadikannya terlalu sesak dan padat serta mengakibatkan masalah kekurangan ruang bandar. Pembangunan bandar secara umumnya berlaku kesan daripada faktor demografi yang terdiri daripada migrasi penduduk dan pertambahan semula jadi penduduk selain faktor kerancakan dan kepesatan pertumbuhan aktiviti manusia di bandar. Fenomena perubahan migrasi luar bandar ke bandar telah membawa kepada pengeluaran bahan pencemar yang tinggi terutamanya di bandar besar akibat daripada peningkatan kenderaan bermotor yang berterusan (Baldasano et al., 2003; Chin, 1996). Selain itu, faktor aktiviti manusia di bandar pula memberi impak terhadap peningkatan permintaan ruang bandar bagi memenuhi semua fungsi aktiviti ekonomi yang dijalankan. Kesannya, faktor penyebab ini mengakibatkan permukaan bandar menjadi semakin terhad dan padat dan seterusnya mewujudkan kawasan pinggir bandar yang baru akibat daripada proses rebakan bandar. Tambahan pula, faktor pertumbuhan pesat proses perbandaran dan perindustrian daripada proses pengembangan secara progresif kawasan sub-bandar kepada kawasan berhampiran dengan aktiviti perindustrian merupakan faktor utama kepada masalah pencemaran udara bandar (Fenger, 1999; Molina & Molina, 2004).

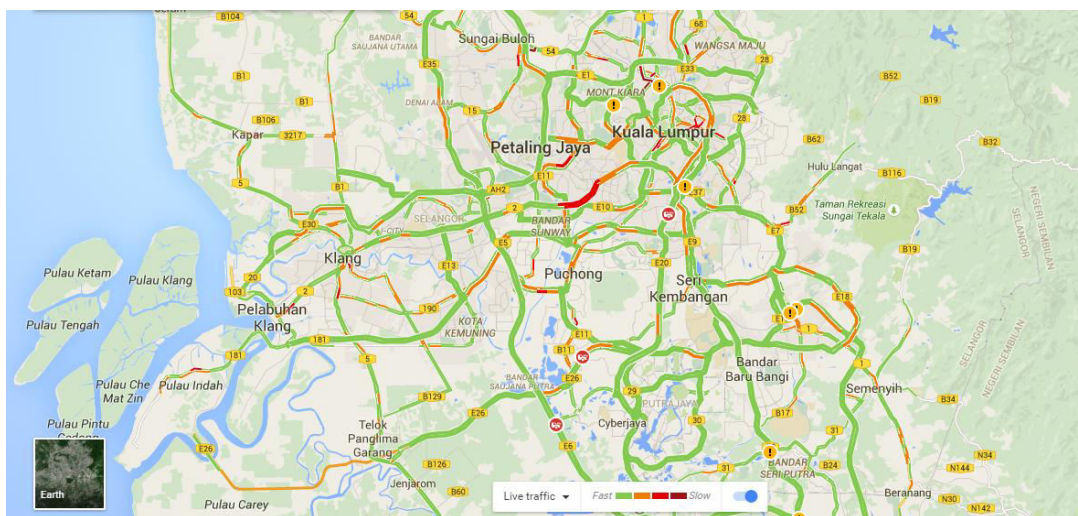
Kemerosotan kualiti udara bandar di Malaysia dipengaruhi oleh tiga sumber utama iaitu sumber bergerak yang terdiri daripada kenderaan bermotor, sumber tetap iaitu aktiviti perindustrian dan jana kuasa serta sumber pembakaran terbuka (JAS, 2005). Sumber bergerak iaitu kenderaan bermotor dikenal pasti sebagai penyebab utama berlakunya kemerosotan kualiti bandar di Malaysia. Kenderaan bermotor seperti kereta, motosikal, teksi, bas, dan kenderaan lain yang menggunakan bahan api fosil seterusnya mengeluarkan asap yang tercemar dan membawa kesan buruk kepada persekitaran (Mahmud & Ab Llah, 2010). Kualiti udara persekitaran amat bergantung kepada jenis sistem pengangkutan yang digunakan. Pembebasan bahan pencemar daripada kenderaan bermotor di bandar mencatatkan jumlah melebihi 70 peratus daripada keseluruhan jumlah pembebasan bahan pencemar berbanding sumber tetap dan

pembakaran terbuka (Awang et al., 2000). Pembebasan bahan pencemar udara daripada kenderaan bermotor iaitu hidrokarbon (HC), CO, PM₁₀, NO₂ dan SO₂ pada tahun 2005 masing-masing mencatatkan sebanyak 274,997 tan metrik, 1,288,103 tan metrik, 5,877 tan metrik, 229,454 tan metrik dan 14,523 tan metrik setahun. Menurut Afroz et al. (2003), Abas et al. (2004) dan Azmi et al. (2010), PM₁₀ merupakan bahan pencemar udara yang berisiko tinggi di kawasan bandar dan pusat bandar negara Asia Tenggara terutamanya di Lembah Klang, Malaysia. Lembah Klang mengalami kepekatan PM₁₀ yang tinggi terutamanya semasa monsun barat daya daripada aktiviti pembakaran biojisim daripada sumber setempat dan tempatan (Awang et al., 2000; Mahmud, 2009). Selain itu, sebanyak 50 peratus daripada hari yang mengalami musim panas dan kering di Lembah Klang telah mencatatkan kepekatan purata harian PM₁₀ yang lebih daripada purata 50 µg/m³ di semua stesen kualiti udara Lembah Klang iaitu Gombak, Klang, Petaling Jaya, Kajang, Shah Alam dan Kuala Selangor. Stesen Klang pula turut mencatatkan sebanyak 81 peratus bilangan hari yang mencatatkan kepekatan harian PM₁₀ yang melebihi purata 50 µg/m³ (Juneng et al., 2011).

Episod jerebu yang serius berlaku di Lembah Klang pada musim kemarau yang berpanjangan iaitu semasa episod El-Nino yang memberi kesan terhadap hutan hujan tropika menjadi amat kering dan diburukkan lagi dengan aktiviti penebangan dan pembakaran hutan di Kalimantan dan Sumatra (Ahmad & Hashim, 2006). Keadaan ini dibuktikan dengan jumlah pengeluaran CO₂ yang dibebaskan daripada aktiviti pembakaran hutan di Sumatera dan Kalimantan dicatatkan sebanyak 58215 ton (Mahmud, 2005). Akibatnya, peningkatan kepekatan bahan pencemar daripada aktiviti tersebut yang tinggi secara langsung memberi impak negatif terhadap kesihatan manusia dan ekosistem fizikal. Keadaan ini dibuktikan dengan beberapa episod jerebu teruk telah melanda Malaysia dilaporkan berlaku pada April 1983, Ogos 1990, Jun dan Oktober 1991, Ogos hingga Oktober 1994, Julai hingga Oktober 1997 dan Ogos 2005 (Mahmud, 2013). Daripada keseluruhan episod jerebu yang berlaku mendapati bahawa tahun 1997 dan 2005 merupakan tempoh masa yang mencatatkan episod jerebu paling berbahaya dan PM₁₀ dikenal pasti sebagai bahan pencemar utama kepada berlakunya jerebu di Malaysia (Mahmud, 2010).

Kawasan kajian

Lembah Klang merupakan kawasan pembangunan perbandaran yang termaju di Malaysia dan sebahagian besarnya terletak di negeri Selangor. Lembah Klang merupakan kawasan bandar yang sangat terpengaruh dan berisiko tinggi mengalami masalah kemerosotan kualiti udara di Malaysia. Hal ini terbukti apabila



Sumber: Google Map (<https://www.google.com/maps/>)

Rajah 1. Peta jaringan jalan raya Lembah Klang

berlakunya beberapa episod jerebu yang serius sejak beberapa tahun kebelakangan ini melalui Indeks Pencemar Udara (IPU) yang telah direkodkan oleh JAS di beberapa kawasan bandar utama iaitu Shah Alam, Petaling Jaya, Gombak, Kajang, Klang dan Cheras seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

Lembah Klang mempunyai enam stesen pemantauan kualiti udara yang terletak di Gombak, Klang, Kuala Lumpur, Petaling Jaya, Shah Alam dan Kajang (Jadual 1). Pemilihan kelima-lima kawasan kajian ini adalah berdasarkan kepada beberapa faktor iaitu faktor status kualiti udara yang merosot teruk serta tahap kepekatan bahan pencemar yang tinggi, faktor tahap keaktifan dan keluasan guna tanah perbandaran yang sesak dan tepu serta faktor jumlah penduduk yang bertambah dalam mempengaruhi kepekatan bahan pencemar.

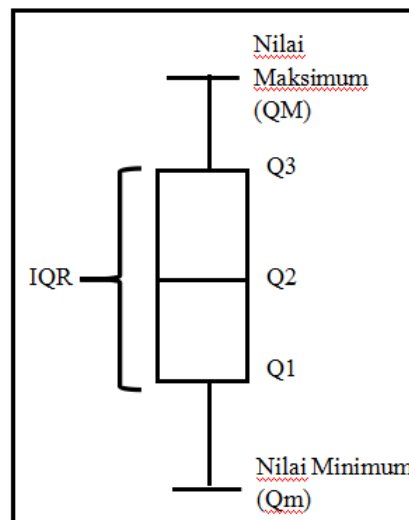
Jadual 1. Stesen pemantauan kualiti udara JAS di Lembah Klang

ID Stesen	Stesen dan Daerah	Longitud	Latitud
CAC 011	SM (P) Raja Zarina, Klang	101 24.484'E	3 0.620'N
CAC 016	SK Sri Petaling, Petaling Jaya	101 42.274'E	3 6.612'N
CAC 023	Country Heights, Kajang	101 44.417'E	2 59.645'N
CAC 025	Sekolah TTDI Jaya, Shah Alam	101 33.368'E	3 6.278'N
CAC 054	SMK Seri Permaisuri, Cheras	101 43.072'E	3 6.376'N

Sumber: Jabatan Alam Sekitar, 2010

Data dan metod

Data bahan pencemar PM_{10} yang digunakan dalam kajian ini dikeluarkan oleh Bahagian Udara Jabatan Alam Sekitar (JAS), Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar Malaysia. Data PM_{10} yang dikeluarkan oleh JAS adalah mengikut purata bulanan dan tahunan bagi stesen Klang, Petaling Jaya, Kajang dan Shah Alam dari tahun 2000 hingga 2009. Namun begitu, terdapat masalah kekangan data bagi stesen Cheras bermula dari tahun 2000 hingga 2003.



Rajah 2. Gambar rajah boxplot

Analisis statistik *boxplot* merupakan kaedah atau alat yang menjadi pilihan dalam mempersembahkan taburan data serta mengenal pasti pemerhatian dalam sesebuah set data *univariate* (Rajah 2). Dalam sesuatu set data, nilai tertinggi diwakili oleh QM manakala nilai terendah diwakili oleh nilai Qm. Pemerhatian dianggap tipikal apabila nilai data tidak melebihi dan selari dengan nilai selangan ($Q_{0.25} - 1.5$

IQR: $Q_{0.75} + 1.50 \text{ IQR}$) di mana $Q_{0.25}$ dan $Q_{0.75}$ merupakan nilai Q1 dan Q3 dan IQR adalah *nilai interquartile range* (Bruffaerts et al., 2014). Nilai Q2 ($Q_{0.50}$) adalah nilai median atau penengah data manakala nilai Q3 ($Q_{0.75}$) pula adalah nilai tengah antara median dan nilai tertinggi data yang mewakili sebanyak 75 persentil daripada taburan data. Nilai Q1 ($Q_{0.25}$) ditakrifkan sebagai angka pertengahan di antara nilai yang paling kecil dan median dalam sesuatu set data dan nilai IQR pula adalah nilai antara Q1 dan Q3. Boxplot adalah metod statistik berbentuk grafik yang berfungsi dalam memaparkan taburan data maklumat mengenai lokasi dan sebaran sesebuah set data (Hubert & Vandervieren, 2008). Dalam statistik boxplot terdapat satu teknik grafik yang banyak digunakan dalam analisis data *univariate*.

Hasil kajian dan perbincangan

Penganalisan data statistik ini dipecahkan kepada tiga tempoh masa kajian iaitu awal (tahun 2000 hingga 2002), pertengahan (2003 hingga 2006) dan akhir (2007 hingga 2009) di setiap stesen kajian. Keadaan ini berlaku kerana perisian statistik *boxplot* yang terdapat dalam *Microsoft Excel* adalah terhad dan tidak berkeupayaan memaparkan data dalam tempoh masa yang panjang iaitu melebihi 36 data. Tahap awal, pertengahan dan akhir tempoh kajian masing-masing mewakili 36 bulan.

Kepekatan bulanan PM₁₀ di Stesen Klang

a) Peringkat awal (2000-2002)

Rajah 3 menunjukkan corak purata kepekatan bulanan PM₁₀ yang dicatatkan di stesen Klang sepanjang tahun 2000 hingga 2002 (Rajah 3a). Purata kepekatan bulanan PM₁₀ yang maksimum dicatatkan pada Ogos 2002 sebanyak 308 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tempoh awal kajian di Petaling Jaya mencatatkan corak peningkatan purata bulanan PM₁₀ pada pertengahan tahun 2001 hingga 2002 dengan purata maksimum (QM) sebanyak 187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Julai 2001 (Rajah 3b). Corak peningkatan purata kepekatan bulanan PM₁₀ di Kajang pada akhir 2000 hingga 2002 menunjukkan PM₁₀ maksimum (QM) pada Julai 2000 sebanyak 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rajah 3c) sementara di Shah Alam nilai PM₁₀ yang maksimum (QM) pada Oktober t2002 sebanyak 168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rajah 3d).

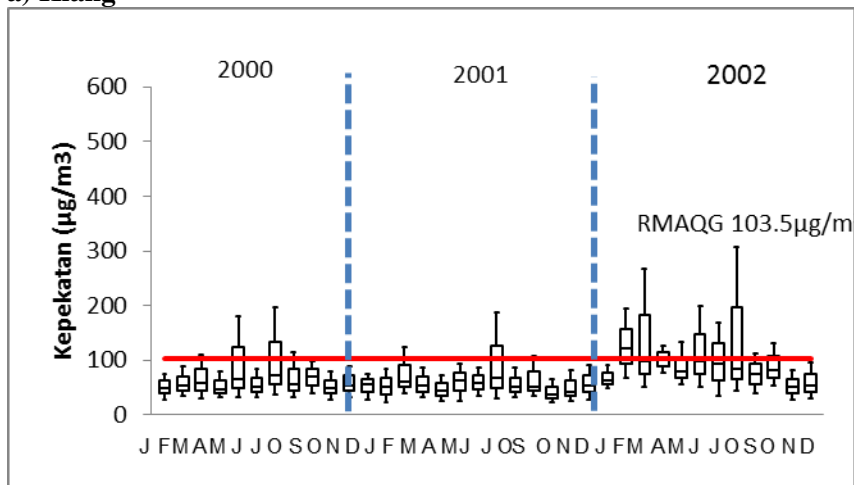
Tahun 2002 turut mencatatkan nilai Q2, Q3 dan IQR yang tinggi dari awal hingga pertengahan tahun di stesen Klang. Nilai Q3 yang tinggi adalah sebanyak 196 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), 183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mac), 148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) dan 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Julai). Malah, peningkatan nilai Q3 lebih tinggi daripada nilai RMAQG berhubungannya secara langsung dengan peningkatan nilai maksimum kepekatan PM₁₀. Selain itu, nilai Q2 turut mencatatkan peningkatan melebihi RMAQG pada bulan Februari iaitu 158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ini menunjukkan bahawa sebanyak 50 peratus daripada keseluruhan taburan data pada tahun 2002 dicatatkan pada bulan Februari berbanding bulan lain. Namun begitu, nilai julat IQR tinggi dicatatkan pada Ogos 2002 sebanyak 131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ manakala stesen lain hanya mempamerkan nilai Q3, Q2 dan IQR yang lebih rendah (Rajah 3a).

Secara keseluruhannya stesen Kajang dan Petaling Jaya menunjukkan kepekatan PM₁₀ yang tinggi berbanding stesen Kajang dan Shah Alam. Kepekatan PM₁₀ tertinggi dalam sesuatu tahun di kedua-dua stesen ini adalah sebanyak 308 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos 2002), 268 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mac 2002), 196 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Julai 2000) dan 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mei 2000). Stesen Petaling Jaya pula merekodkan kepekatan PM₁₀ ketara tinggi pada Julai 2001 sebanyak 187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selain 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Julai 2000 dan 127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada September 2002. Kepekatan PM₁₀ di stesen Kajang dan Shah Alam pula kurang daripada RMAQG bagi kebanyakan bulan sepanjang tempoh ini.

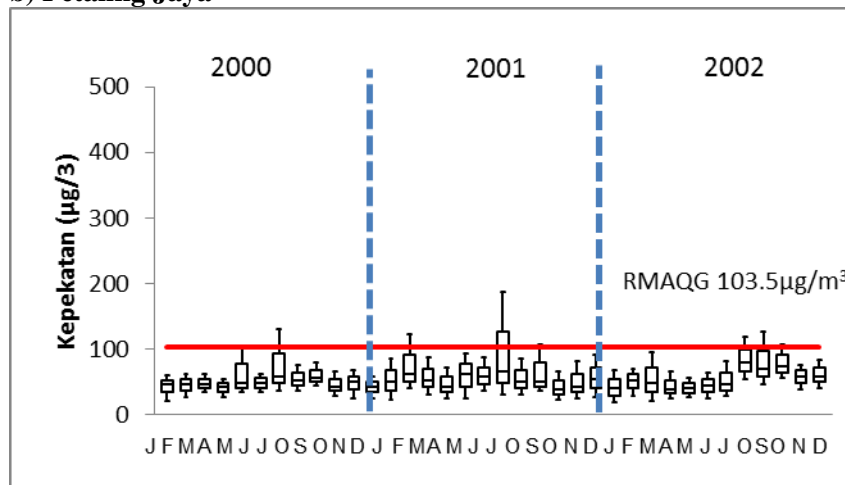
b) Peringkat pertengahan (2004-2006)

Keadaan yang sama turut ditunjukkan dari tahun 2004 hingga 2006 di Klang dengan kepekatan PM₁₀ tertinggi (QM) pada 2005 sebanyak 590 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rajah 4a). Semasa peristiwa jerebu yang serius (Mahmud, 2009) pada tahun 2005 sebanyak 482 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ direkodkan di Petaling Jaya pada Ogos (Rajah 4b) dan 371 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Kajang (Rajah 4c) serta 587 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Shah Alam (Rajah 4d).

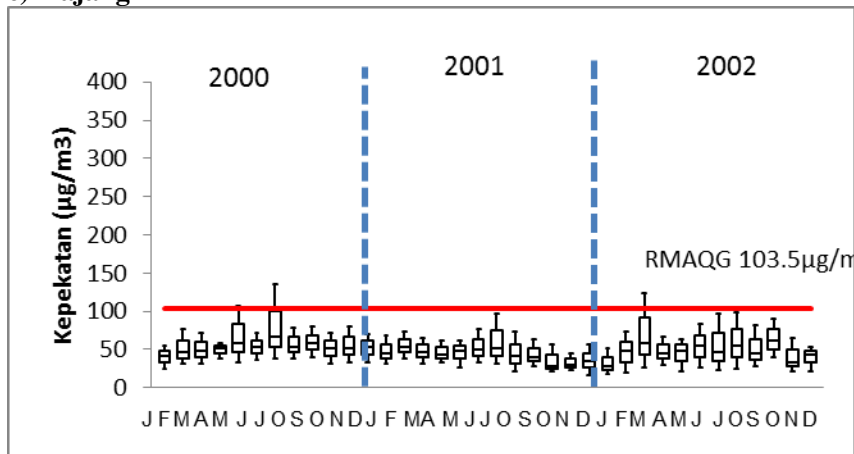
a) Klang



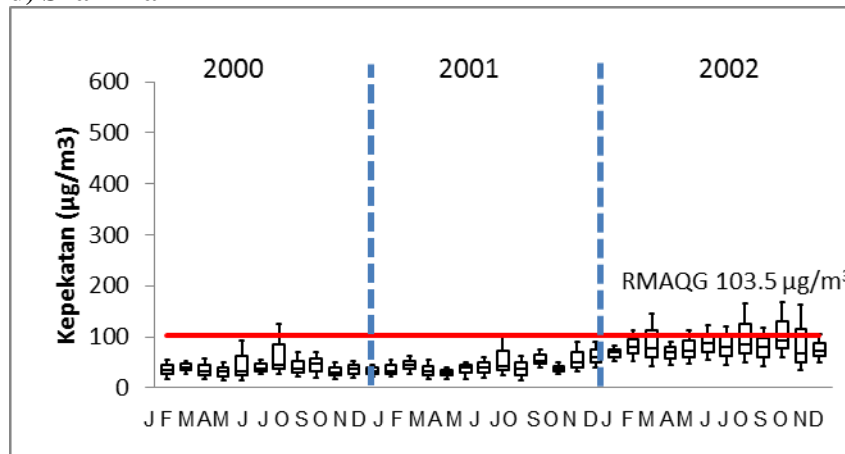
b) Petaling Jaya



c) Kajang

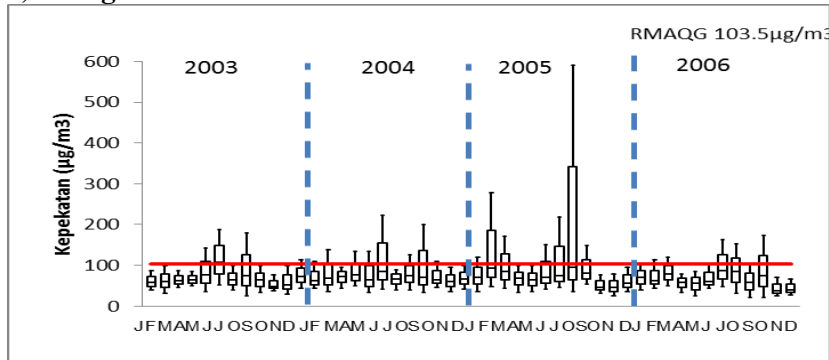


d) Shah Alam

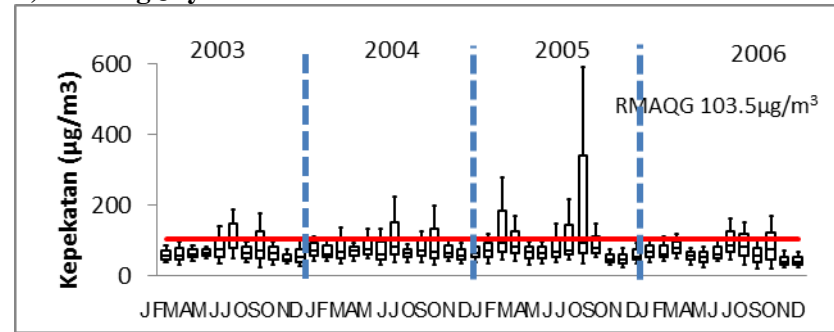


Rajah 3. Corak purata kepekatan bulanan awal kajian PM_{10} di stesen Klang (a), Petaling Jaya (b), Kajang (c) dan Shah Alam (d) (2000-2002)

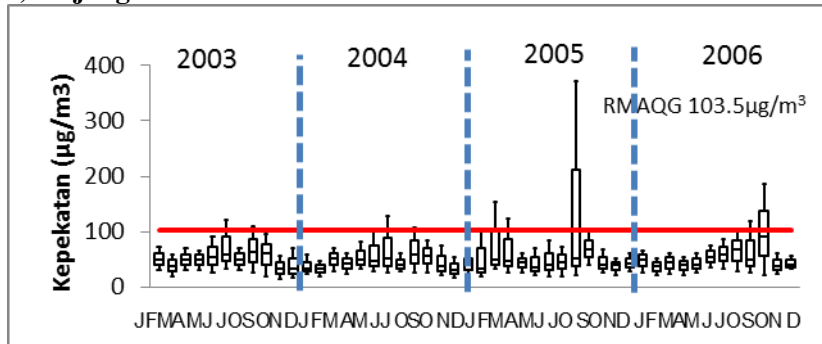
a) Klang



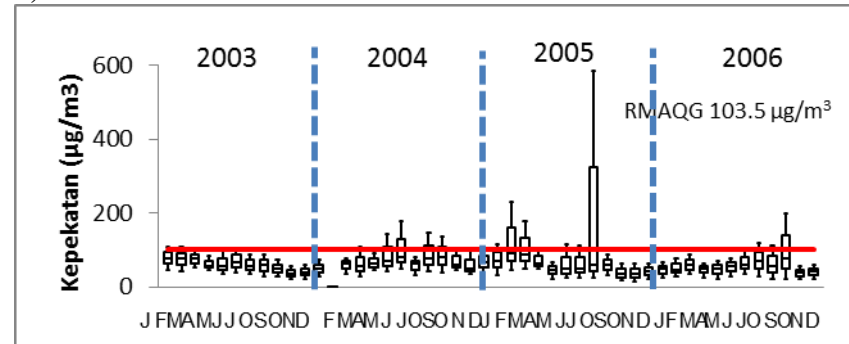
b) Petaling Jaya



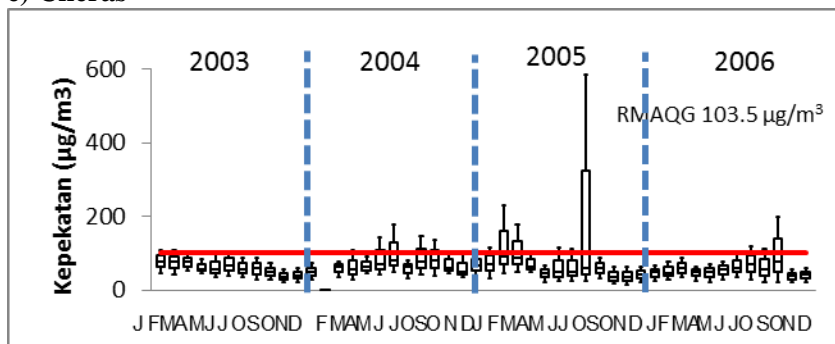
c) Kajang



d) Shah Alam

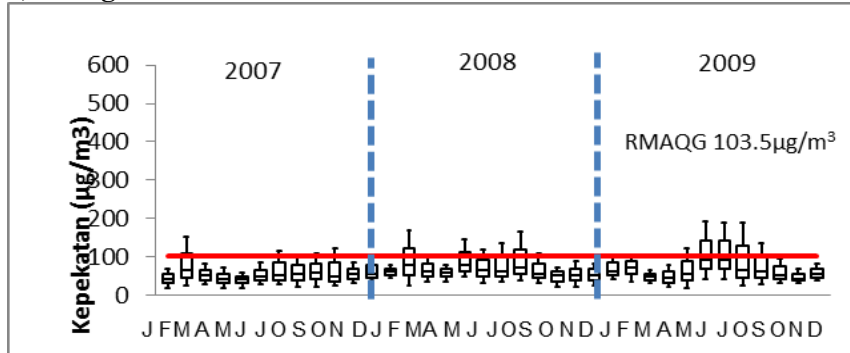


e) Cheras

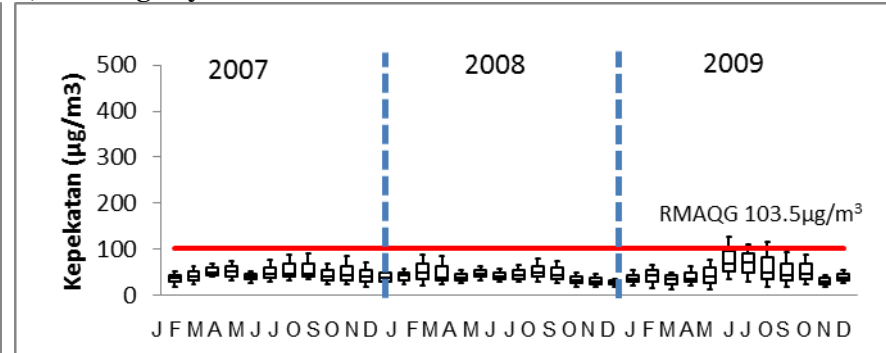


Rajah 4. Corak purata kepekatan bulanan pertengahan kajian PM_{10} di stesen Klang (a), Petaling Jaya (b), Kajang (c), Shah Alam (d) dan Cheras (e) (2003-2006)

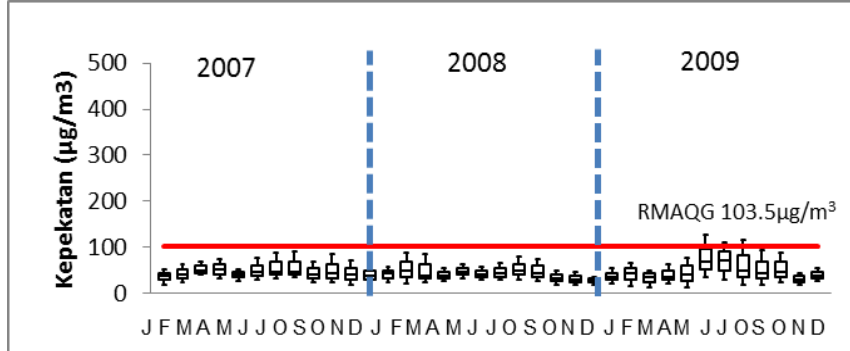
a) Klang



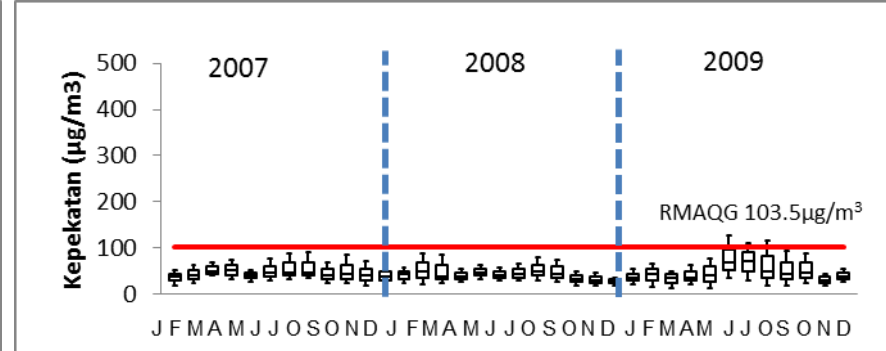
b) Petaling Jaya



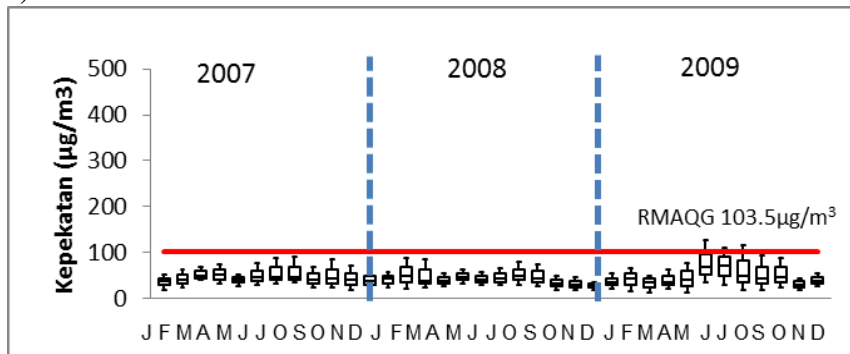
c) Kajang



d) Shah Alam



e) Cheras



Rajah 5. Corak purata kepekatan bulanan akhir kajian PM_{10} di stesen Klang (a), Petaling Jaya (b), Kajang (c), Shah Alam (d) dan Cheras (e) (2007-2009)

Stesen Cheras mencatatkan purata kepekatan bulanan PM_{10} yang maksimum (QM) sebanyak $465 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Ogos (Rajah 4e). Peningkatan kepekatan PM_{10} di semua stesen pada Ogos 2005 adalah disebabkan oleh kejadian jerebu yang teruk akibat daripada kebakaran hutan di Sumatera sehingga negara diisytiharkan darurat jerebu oleh pihak berkuasa tempatan (JAS, 2005; Mahmud, 2009).

Pada tahun tersebut, kepekatan PM_{10} di stesen Klang mencatatkan nilai Q3 iaitu nilai persentil 0.75 yang tertinggi sebanyak $342 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februari), $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Julai) dan $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mac) melebihi RMAQG (Rajah 4a). Malah, keadaan yang sama dicatatkan di stesen Petaling Jaya dan Kajang iaitu sebanyak $276 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februari) dan $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) (Rajah 4b-c). Bagi stesen Shah Alam dan Cheras, nilai Q3 maksimum (QM) adalah sebanyak $323 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februari), $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mac) dan $261 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) di stesen Cheras (Rajah 4d-e)). Keadaan ini menunjukkan bahawa nilai Q3 yang dicatatkan melebihi RMAQG pada bulan Ogos, Februari dan Mac di hampir semua kawasan Lembah Klang.

Nilai median (Q2) direkodkan di bawah RMAQG di stesen Klang adalah $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), stesen Petaling Jaya pula sebanyak $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) dan Kajang iaitu $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februari) (Rajah 4a-c) manakala stesen Shah Alam dan Cheras merekodkan nilai Q2 lebih rendah daripada RMAQG iaitu $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februari) dan $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februari) (Rajah 4d-e). Nilai IQR pula adalah tinggi di stesen Klang sebanyak $277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), Petaling Jaya $219 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) (Rajah 4a-b), Kajang $174 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), Shah Alam dan Cheras mencatatkan nilai $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) dan $219 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) (Rajah 4c-e).

c) Peringkat akhir (2007-2009)

Tempoh akhir juga menunjukkan corak purata kepekatan bulanan PM_{10} berlaku pada pertengahan tahun 2008 dan 2009 yang rendah tidak seperti tahun 2005. Purata kepekatan bulanan PM_{10} tertinggi dicatatkan dari Julai hingga Oktober dengan purata masing-masing sebanyak $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $191 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di stesen Klang (Rajah 5 a). Malah, purata kepekatan bulanan PM_{10} di Petaling Jaya ini turut mengalami penurunan di bawah purata sebanyak $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sepanjang tempoh awal hingga pertengahan dan akhirnya menurun kepada purata di bawah $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada akhir tempoh kajian (Rajah 5b). Kepekatan bulanan PM_{10} yang tertinggi adalah pada 2009 adalah masing-masing sebanyak $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Jun, Julai dan Ogos di stesen Kajang (Rajah 5c). Malah, purata kepekatan PM_{10} pada Jun 2009 adalah $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Shah Alam (Rajah 5d).

Stesen Klang mencatatkan nilai Q3 yang tinggi sebanyak $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) yang melebihi RMAQG (Rajah 5a), Petaling Jaya sebanyak $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) (Rajah 5b), Kajang sebanyak $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Julai), Shah Alam sebanyak $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) dan Cheras merekodkan kepekatan sebanyak $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) (Rajah 5c-e). Nilai Q2 pula dicatatkan di bawah RMAQG di stesen Klang iaitu $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Julai), Petaling Jaya sebanyak $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Julai) (Rajah 5a-b), Kajang mencatatkan sebanyak $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun dan Julai), Shah Alam pula sebanyak $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) (Rajah 5c-d) dan Cheras sebanyak $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rajah 5e). Nilai IQR dicatatkan tinggi di stesen Klang sebanyak $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos), Petaling Jaya mencatatkan nilai $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ogos) (Rajah 5a-b), Kajang sebanyak $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun), Shah Alam merekodkan $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) (Rajah 5c-d) dan Cheras sebanyak $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jun) sepanjang tahun 2009 (Rajah 5e). Oleh hal yang demikian, nilai julat IQR dicatatkan tinggi pada Jun tahun 2009.

Faktor aktiviti pengangkutan darat yang aktif turut memburukkan lagi masalah kemerosotan kualiti udara bandar di Lembah Klang. Corak pemanduan yang berbeza antara satu sama lain di atas jalan raya merupakan salah satu penyebab terhadap berlakunya peningkatan pembebasan bahan pencemar ke udara. Malah, corak pemanduan kenderaan secara perlahan dan tidak bergerak langsung merupakan antara penyumbang utama pembebasan bahan pencemar ke udara (Ahmad Farhan et al. 2003). Malah, jenis kenderaan turut mempengaruhi pengeluaran bahan pencemar terutamanya kenderaan barang iaitu trak yang mencatatkan bilangan yang tinggi sebanyak 8 peratus dan 3 peratus masing-masing mewakili WP. Kuala Lumpur dan Selangor (Mohd Shafie & Mahmud, 2015). Selain itu, tempoh masa sesebuah kenderaan terperangkap di dalam kesesakan trafik turut memburukkan lagi keadaan. Malah, kesesakan trafik pada waktu puncak ini juga berlaku disebabkan oleh kekurangan laluan kenderaan di atas jalan dan lebuh raya. Purata kepekatan harian pencemar PM_{10} , CO dan NO_2 merekodkan kepekatan yang tinggi di

stesen Petaling Jaya impak daripada faktor kesesakan trafik yang selalunya berlaku pada waktu puncak kesan daripada hubungan secara langsung antara jumlah kenderaan bermotor di stesen tersebut yang menjadi kawasan tumpuan bagi perumahan dan pada waktu tersebut telah mencatatkan jumlah kenderaan bermotor yang tinggi akibat daripada orang ramai keluar untuk bekerja dan menjalankan aktiviti harian yang lain (Azmi et al. 2010). Kenderaan persendirian seperti kereta dan motosikal dikenal pasti sebagai komponen utama yang membebaskan bahan pencemar dalam kuantiti yang banyak di samping kenderaan berat dan kenderaan barang seperti lori, trak dan bas yang menggunakan bahan api diesel (Gorham et al., 2002).

Kesimpulan

Hasil daripada analisis statistik *boxplot* menunjukkan tren kepekatan purata bulanan PM₁₀ melebihi nilai kesetaraan RMAQG dalam tempoh sebulan iaitu 103.5 µg/m³ dari tahun 2000 hingga 2009 di stesen Klang, Petaling Jaya, Kajang, Shah Alam dan Cheras. Daripada kelima-lima stesen mendapati bahawa stesen Klang merekodkan kepekatan purata bulanan PM₁₀ yang tinggi iaitu melebihi nilai RMAQG sebanyak 58 bulan, Petaling Jaya dan Shah Alam masing-masing adalah 28 kali dan 23 kali dari tahun 2000 hingga 2009. Stesen Cheras dan Kajang hanya mencatatkan kepekatan purata bulanan PM₁₀ yang rendah masing-masing sebanyak 13 dan 12 bulan sahaja sepanjang tempoh tersebut. Selain itu, stesen Klang turut merekodkan nilai Q3, Q2 dan IQR yang tinggi masing-masing sebanyak 143 µg/m³ (Jun), 68 µg/m³ (Julai) dan IQR 82 µg/m³ (Ogos) 2009 berbanding stesen yang lain. Penyumbang kepada pembebasan PM₁₀ adalah daripada aktiviti pembakaran hutan dan biomass yang seterusnya menyebabkan kejadian jerebu berlaku dengan serius. Justeru, kajian saintifik secara terperinci dan mendalam perlu diperbanyakkan selari dengan masalah kemerosotan kualiti udara yang semakin serius berlaku di Malaysia.

Rujukan

- Abas MRB, Oros DR, Simoneit BRT (2004) Biomass burning as the main source of organic aerosol particulate matter in Malaysia during haze episodes. *Chemosphere* **55**, 1089-1095.
- Afroz R, Hassan MN, Ibrahim NA (2003) Review of air pollution and health impacts in Malaysia. *Environmental Research* **92**, 71-77.
- Ahmad S, Hashim N (2006) Kebakaran hutan dan isu pencemaran udara di Malaysia. *Jurnal e-Bangi* **1**, 1-19.
- Anjaneyulu Y, Jayakumar I, Hima Bindu V, Sagaraswar G, Mukunda Rao PV, Rambabu N, Ramani KV (2005) Use of multi-objective air pollution monitoring sites and online air pollution monitoring system for total health risk assessment in Hyderabad, India. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2**, 343-354.
- Awang MB, Jaafar AB, Abdullah AM, Ismail MB, Hassan MN, Abdullah R, Johan S, Noor H (2000) Air quality in Malaysia: Impacts, management issues and future challenges. *Respirology* **5**, 183-196.
- Azmi SZ, Latif MT, Ismail AS, Juneng L, Jemain AA (2010) Trend and status of air quality at three different monitoring stations in the Klang Valley, Malaysia. *Air Quality, Atmosphere and Health* **3**, 53-64.
- Baldasano JM, Valera E, Jiménez P (2003) Air quality data from large cities. *Science Total Environment* **307**, 141-165.
- Bruffaerts C, Verardi V, Vermandele C (2014) A generalization boxplot for skewed and heavy-tailed distribution. *Statistics and Probability Letters* **95**, 110-117
- Chin ATH (1996) Containing air pollution and traffic congestion: Transport policy and the environment in Singapore. *Atmospheric Environment* **30**, 787-801.
- EEA (1995) *Europe's environment. The dobris assessment*. European Environment Agency, Copenhagen.

- EEA (1997) *Air pollution in Europe 1997. EEA environmental monograph no. 4*. European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (1998) *Europe's environment. The second assessment*. European Environment Agency, Copenhagen.
- Faiz A (1993) Automotive emissions in developing countries-relative implications for global warming, acidification and urban air quality. *Transportation Research A* 27 (3), 167-186.
- Fenger J (1999) Urban air quality. *Atmospheric Environment* 33, 4877-4900.
- Gorham R (2002) Air pollution from ground transportation: An assessment of causes, strategies and tactics and proposed actions for the international community. Division for Sustainable Development, Department of Economic and Social Affairs.
- Gurjar BR, Butler TM, Lawrence MG, Lelieveld J (2008) Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric Environment* 42, 1593-1606
- Hubert M, Vandervieren E (2008) An adjusted boxplot for skewed distributions. *Computational Statistical and Data Analysis* 52, 5186-5201.
- IGES (2007) *Air Pollution Control in the Transportation Sector: Third Phase Research Report of the Urban Environmental Management Project*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS) (2004) *Laporan Kualiti Alam Sekitar 2004*.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS) (2004) *Laporan Tahunan 2004*.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS) (2005) *Laporan Kualiti Alam Sekitar 2005*.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS) (2005) *Laporan Tahunan 2005*.
- Jensen SS, Berkowicz R, Hensen HS, Hertel O (2001) A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures. *Transportation Research Part D* 6, 229-241.
- Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, Herry M, Horak Jr F, Puybonnieux-Textier V, Quenel P, Schneider J, Seethaler R, Vergnaud JC, Sommer H (2000) Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution. *A European Assessment Lancet* 356, 795-801.
- Mahmud M (2009) Mesoscale model simulation of low level equatorial winds over Borneo during the haze episode of September 1997. *Journal of Earth System Science* 118, 295-307.
- Mahmud M (2010) Physical properties of tropospheric aerosols from biomass burning episode in equatorial Southeast Asia. *International Journal of Ecology and Development* 17, 1-16.
- Mahmud M (2013) Assessment of atmospheric impacts of biomass burning in Kalimantan, Borneo during 2004. *Atmospheric Environment* 78, 242-249.
- Mastura Mahmud (2005) Active fire and hotspot emissions in Peninsular Malaysia during the 2002 burning season. *Malaysian Journal of Society and Space* 1, 32-45.
- Mastura Mahmud, Iza Hadila Ab Llah (2010) Pencemaran udara di Bukit Rambai, Melaka sewaktu peristiwa jerebu tahun 2005. *Malaysian Journal of Society and Space* 6, 30-39.
- Mellios G, Aalst R, Samaras Z (2006) Validation of road traffic emission inventories by means of concentration data measured at air quality monitoring stations in Europe. *Atmospheric Environment* 40, 7362-7377.
- Molina MJ, Molina LT (2004) Megacities and atmospheric pollution. *Journal of Air & Waste Management Association* 54, 644-680.
- Ozden O, Dogeroglu T, Kara S (2008) Assessment of ambient air quality in Eskisehir, Turkey. *Environmental International* 34, 678-687.
- Sharma AR, Kharol SK, Badarinath KVS (2010) Influence of vehicular traffic on urban air quality – A case study of Hyderabad, India. *Transportation Research Part D* 15, 154-159.
- Siti Haslina Mohd Shafie, Mastura Mahmud (2015) Analisis pola taburan reruang PM10 dan O3 di Lembah Klang dengan mengaplikasikan teknik Geographic Information System (GIS). *Malaysian Journal of Society and Space* 11, 61-73.
- Vardoulakis S, Fisher BEA, Pericleous K, Gonzales-Flesca N (2003) Modeling air quality in street canyons: A review. *Atmospheric Environment* 37, 155-182.
- WHO (2011) *Urban outdoor air pollution database*. In: DPHE (ed) *Excel Ed*. World Health Organization, Geneva. [Cited 08.06.12.].