

## Nota Penyelidikan / *Research Note*

# Rekod Jangka Panjang Kualiti Udara di Pulau Langkawi, Malaysia

## Long-Term Records of Air Quality in Langkawi Islands, Malaysia

MOHD TALIB LATIF, SITI ZAWIYAH AZMI, AIDA SHAFAWATI ISMAIL & MAZLIN MOKHTAR

### ABSTRAK

Kajian terhadap kualiti udara telah dijalankan di Langkawi Kedah untuk menentukan status dan corak bahan pencemar udara di pulau perlancongan ini. Penentuan kualiti udara telah dijalankan berdasarkan beberapa parameter seperti zarahhan terampai yang mempunyai saiz diameter lebih kecil daripada 10 mikrometer ( $PM_{10}$ ), gas-gas seperti sulfur dioksida ( $SO_2$ ), nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), ozon ( $O_3$ ) dan karbon monoksida (CO). Data kualiti udara telah diperolehi daripada stesen pemantauan Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA) yang menjalankan kerja-kerja pemantauan kualiti udara bagi pihak Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS). Hasil kajian menunjukkan purata kepekatan jangka panjang  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  dan CO adalah masih di bawah paras yang disarankan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia. Status kualiti udara di stesen ini jelas dipengaruhi oleh kenderaan bermotor. Kepekatan  $PM_{10}$  menunjukkan peningkatan yang ketara dari tahun 1998 hingga ke tahun 2007. Pengaruh luaran seperti faktor pembakaran biojisim dan sinaran ultra ungu (UV) juga mempengaruhi bahan pencemar udara seperti  $PM_{10}$  dan  $O_3$ . Faktor meteorologi seperti kelembapan udara dan suhu juga boleh mempengaruhi status kualiti udara di pulau ini. Hasil kajian ini mencadangkan beberapa langkah penting terutama dalam pengawalan jumlah kenderaan dan penambahbaikan pengangkutan awam bagi memastikan status kualiti udara di Langkawi terus terpelihara dan secara langsung menyumbang kepada kesejahteraan komuniti di Langkawi.

*Kata kunci:* Status kualiti udara, kawasan pelancongan, rekod jangka panjang

### ABSTRACT

Studies on air quality were carried out in Langkawi, Kedah to determine the status and trend of air quality of this tourism island. The determination of air quality was based on several parameters such as suspended solids with diameters that were less than 10 micrometer ( $PM_{10}$ ) and gaseous pollutants of sulphur dioxide ( $SO_2$ ), nitrogen dioxide ( $NO_2$ ), ozone ( $O_3$ ) and carbon monoxide (CO). The data for this study were obtained from the regular monitoring data as collected by Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA) on behalf of Malaysian Department of Environment (DOE) at their stations in Langkawi. Results show that the average concentration of  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  and CO at all sampling stations are still below the permissible values recommended by DOE. Long-term air quality trend based on data of years 1998 to 2007 show increasing trends of suspended particulate matter as  $PM_{10}$ . The concentrations of  $PM_{10}$  and  $O_3$ , however, are predominantly related to regional tropical factors, such as the influence of biomass burning and of ultra violet radiation from sunlight. Additionally, meteorological factors, particularly the ambient temperature and wind speed, may influence the concentration of  $PM_{10}$  in the atmosphere. Based on the results of the study some measures are recommended, especially to control the number of vehicles as well as improve the public transport system to ensure that the status of air quality in Langkawi is continuously protected, thus contributing to the wellbeing of communities in Langkawi.

*Keywords:* Status of air quality, tourism areas, long term record

### PENGENALAN

Isu pencemaran udara merupakan antara isu yang penting dan sering dikaitkan dengan faktor pembangunan dan kemajuan sesuatu kawasan di Malaysia. Pertambahan kenderaan bermotor yang amat ketara di samping kepesatan pembangunan sektor industri telah

meningkatkan paras bahan pencemar udara di sekitaran (Kho et al. 2007; Latif & Othman 1999; Awang et al. 2000). Menurut Afroz et al. (2003), kenderaan bermotor merupakan punca utama bahan pencemar udara di Malaysia yang menyumbang kepada peningkatan bahan pencemar di udara seperti sulfur dioksida, oksida nitrogen, karbon monoksida, ozon dan zarahhan terampai. Jumlah

kenderaan yang ketara tinggi pada waktu sibuk (pagi dan petang) disebabkan orang ramai pergi dan balik dari rumah ke tempat kerja serta sekolah telah menyebabkan peningkatan bahan pencemar udara yang tinggi pada masa tersebut (Azmi et al. 2010).

Aktiviti pelancongan telah menyebabkan peningkatan jumlah kenderaan dan menyebabkan masalah pencemaran serta mempengaruhi ekosistem tabii di sesetengah tempat (Yu 2008; Wang & Miko 1997; Hernández Luis 2004). Langkawi yang merupakan sebuah pulau pelancongan juga mempunyai kesan yang sama. Pertambahan jumlah kenderaan bermotor seperti kereta dan bot boleh menyebabkan pertambahan bahan pencemar udara yang tinggi di kawasan pelancongan (Mölders et al. 2010). Apatah lagi dengan pertambahan jumlah pelancong yang tinggi, terutamanya pada waktu cuti sekolah yang menyebabkan pertambahan penggunaan kenderaan bermotor yang amat ketara. Selain itu, beberapa aktiviti lain seperti industri simen dan pengaruh udara dari luar kawasan juga turut mempengaruhi status kualiti udara di Langkawi. Pengaruh angin utama seperti angin barat daya dan angin timur laut berkeupayaan membawa bahan pencemar udara, terutamanya dalam bentuk zarah hasil pembakaran biojisim di Sumatera (Jun hingga September) dan Indochina (Januari hingga Mac) yang berlaku hampir setiap tahun. Langkawi juga merupakan sebuah pulau pelancongan yang amat terdedah kepada jerebu disebabkan kedudukannya yang

berdekatan dengan Sumatera, Indonesia yang sering mengalami masalah pembakaran terbuka (Anwar et al. 2010; Juneng et al. 2009).

Kajian penentuan kualiti udara ini merupakan sebahagian daripada sub-projek arus perdana mengenai perlindungan dan pengawalan alam sekitar untuk kesejahteraan komuniti di bawah arus perdana Geopark sebagai peraga pembangunan lestari wilayah. Kajian ini telah menentukan status kualiti udara berdasarkan rekod jangka panjang (1998-2007) di Pulau Langkawi dengan menggunakan purata data udara harian dan bulanan yang direkodkan oleh Alam Sekitar Sdn. Bhd (ASMA) bagi tujuan pengawalan pencemaran alam sekitar. Hasil kajian ini boleh dijadikan satu sumber dalam usaha mengawal status kualiti udara di Langkawi bagi memastikan penjagaan alam sekitar dapat diteruskan dengan jayanya di pulau ini.

## KAEDAH KAJIAN

### LOKASI PESAMPELAN

Stesen kawalan kualiti udara di Langkawi terletak di Kompleks Sukan Langkawi (N06° 19.903, E099° 51.517), yang berdekatan dengan Jalan Ayer Hangat dan kira-kira 1.5 km daripada Pusat Bandar Kuah. Stesen ini telah diklasifikasikan oleh Jabatan Alam Sekitar sebagai stesen yang terletak di kawasan perumahan (Peta 1). Aliran trafik di sekitar kawasan ini sesak pada waktu pagi dan lewat



PETA 1: Kedudukan Stesen Pemonitoran Kualiti Udara di Langkawi

Sumber: Peta: Google Earth

petang berdasarkan jumlah kenderaan yang digunakan untuk ke pejabat dan sekolah di sekitar pusat bandar dan pada waktu pulang kerja dan dari sekolah.

#### DATA KUALITI UDARA

Data kualiti udara yang digunakan di dalam analisis ini diperolehi daripada Bahagian Kualiti Udara, Jabatan Alam Sekitar, Malaysia (JAS) melalui pemerhatian jangka panjang daripada syarikat swasta, ASMA. Pencemar udara yang diambil kira dalam kajian ini adalah terdiri daripada zarahhan terampai dengan saiz diameter kurang daripada 10 mikrometer ( $PM_{10}$ ), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida ( $SO_2$ ), nitrogen dioksida ( $NO_2$ ) dan ozon ( $O_3$ ). Faktor meteorologi, seperti kelajuan angin, suhu, radiasi UV dan kelembapan juga ada direkodkan di kesemua stesen ini. Data kualiti udara yang digunakan di dalam kajian ini adalah yang direkodkan daripada Januari 1998 sehingga Disember 2007.

#### DATA LENYAP

Kajian ini telah menggunakan kaedah jiran terdekat untuk menginterpolasikan data yang lenyap yang tidak dapat diperolehi disebabkan masalah instrumentasi. Kaedah ini merupakan antara kaedah yang paling ringkas yang terdapat dalam pengaturcaraan komputer S-PLUS. Melalui modul FinMetrics yang terdapat dalam S-PLUS, titik terakhir pada jurang digunakan sebagai nilai untuk menganggar nilai-nilai data yang lenyap. Persamaan yang digunakan bagi kaedah ini adalah seperti berikut :

$$y = y_1 \text{ jika } x \leq x_1 + (x_2 - x_1) / 2,$$

$$y = y_2 \text{ jika } x > x_1 + (x_2 - x_1) / 2,$$

dengan adalah interpolasi, adalah titik masa interpolasi, dan adalah koordinat-koordinat titik permulaan jurang dan dan adalah koordinat-koordinat titik akhir jurang Data lenyap ini telah diinterpolasikan melalui nilai jiran terdekat menggunakan S-PLUS (Junninen et al. 2004; Azmi et al. 2010).

#### ANALISIS STATISTIK

Dalam proses membandingkan kepekatan bahan pencemar udara di antara stesen, beberapa analisis statistik dilakukan untuk menentukan taburan kepekatan bahan pencemar udara menggunakan Plot Normal P-P, Plot Normal Q-Q dan ujian Kolmogorov-Smirnov satu sampel. Analisis varians (Anova) dengan penambahan ujian Bonferroni digunakan jika data tertabur secara normal. Uji Kruskal-Wallis pula digunakan apabila data tidak tertabur secara normal. Korelasi Pearson dihitung untuk menentukan hubungan antara bahan pencemar udara yang berbeza di setiap stesen serta hubungan antara kepekatan  $PM_{10}$  dan faktor meteorologi, seperti: suhu,

kelajuan angin dan kelembapan yang dikumpulkan di stesen persampelan pada tahun 2007 telah digunakan. Analisis varians dan analisis korelasi telah dilakukan dengan menggunakan Pakej Statistik untuk Sains Sosial (SPSS) (Azmi et al. 2010).

#### ANALISIS TRAJEKTORI

Trajektori ke belakang bagi pencemar udara dapat ditentukan dengan menggunakan model Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPPLIT) yang diperkenalkan oleh Oseanografi Kebangsaan dan Pentadbiran Atmosfera, National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) daripada laman web <http://www.arl.noaa.gov/ready.html> pada beberapa musim yang berbeza di Malaysia. Trajektori bagi tiga stesen yang utama ini diambil dari masa 48 jam kebelakang pada 1 Januari 2007 (Monsun Timur Laut), 1 April 2007 (Peralihan Monsun), 1 August 2007 (Monsun Barat Daya) dan 1 Oktober 2007 (Peralihan Monsun).

#### HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Hasil kajian keseluruhan purata data bulanan adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Secara keseluruhannya hasil kajian menunjukkan purata kepekatan bahan pencemar udara yang direkodkan di Langkawi adalah di bawah paras yang disarankan oleh Garis Panduan Kualiti Udara Malaysia (Recommended Malaysian Air Quality Guideline, RMAQG). Kepekatan bahan pencemar udara yang direkodkan juga agak jauh lebih rendah daripada kepekatan yang direkodkan di stesen-stesen pemantauan kualiti udara di Lembah terutama bagi kepekatan zarahhan terampai ( $PM_{10}$ ), nitrogen dioksida, karbon monoksida dan sulfur dioksida seperti yang dilaporkan oleh Azmi et al. (2010). Kepekatan  $PM_{10}$  merupakan bahan pencemar yang sering dijadikan parameter bagi pengiraan Indeks Pencemar Udara (IPU) di stesen ini kerana kepekatannya yang sering menghasilkan indeks individu pencemar udara yang tertinggi berbanding parameter lain yang digunakan dalam pengiraan indeks kualiti udara Malaysia (sulfur dioksida, nitrogen dioksida, ozon dan karbon monoksida). Faktor pergerakan zarahhan terampai serantau terutama daripada hasil pembakaran biojisim boleh menghasilkan kepekatan maksimum  $PM_{10}$  yang tinggi (sehingga mencapai kepekatan maksimum  $180 \mu\text{gm}^{-3}$ ) dan melebihi paras yang disarankan (Jadual 1). Selain  $PM_{10}$ , ozon merupakan gas sekunder yang boleh terhasil dengan tinggi di kawasan ini hasil sinaran semulajadi ultra lembayung (ultra violet, UV) pada waktu siang terhadap oksigen dan ditambah dengan kehadiran oksida nitrogen ( $NO_x$ ) terutama daripada pelepasan kenderaan bermotor serta kehadiran bahan organik daripada pelbagai sumber semulajadi dan antropogenik (Lee et al. 2010; Guenther 1997).

JADUAL 1: Kepekatan Purata Bulanan Parameter Kualiti Udara dari 1998 hingga 2007

Parameter	Purata masa (jam)	n	Purata	Median	Sisihan Piawai	Maksima	RMAQG
PM <sub>10</sub> (ugm <sub>-3</sub> )	24	3686	36	32	13	183	150
CO (ppb)	1	80325	500	486	333	3830	30000
NO <sub>2</sub> (ppb)	1	67190	5	4	4	41	170
SO <sub>2</sub> (ppb)	1	69915	1.0	0.9	0.2	14.0	130
O <sub>3</sub> (ppb)	1	69915	17	14	13	84	100

Korelasi antara parameter-parameter bahan pencemar udara (Jadual 2) menunjukkan kumpulan parameter utama yang direkodkan di stesen pesampelan tidak menunjukkan hubungan yang bererti kecuali bagi parameter karbon monoksida dan ozon ( $r = -0.720$ ,  $p < 0.01$ ). Korelasi negatif antara karbon monoksida dengan ozon ini adalah disebabkan oleh faktor penghasilan bahan pencemar udara daripada kenderaan bermotor yang boleh bertindakbalas dengan ozon untuk membentuk bahan pencemar lain termasuk nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Karbon monoksida merupakan hasil pembakaran tidak lengkap yang sering dikaitkan dengan proses pergerakan kenderaan yang perlahan dan juga merupakan salah satu petunjuk kepada penghasilan nitrogen oksida (NO) yang merupakan agen penitratian bagi kehadiran ozon permukaan.

Kepekatan bahan harian untuk semua parameter yang diukur ditunjukkan dalam Rajah 1 mencadangkan pengaruh kenderaan bermotor terhadap status kualiti udara harian. Kepekatan PM<sub>10</sub>, sulfur dioksida, nitrogen dioksida meningkat dengan ketara antara jam 8.00 hingga 9.00 pagi, kemudian menurun pada waktu tengahari dan meningkat semula pada waktu jam 5.00 petang. Kestabilan udara yang tinggi pada waktu malam menyebabkan kepekatan bahan pencemar udara yang tinggi pada sebelah malam hingga awal pagi apabila kestabilan udara mula menurun dengan adanya cahaya matahari (Rajah 1). Berbanding dengan pencemar lain yang ditentukan, kepekatan ozon amat bergantung kepada kehadiran sinaran ultra lembayung (UV) daripada cahaya matahari. Kehadiran sinaran UV menyebabkan terbentuknya oksigen tunggal yang akan bergabung dengan molekul oksigen untuk membentuk ozon

permukaan (Colls 2002; Atkinson 2000). Selain itu nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) yang terbentuk daripada tindakbalas nitrogen oksida (NO) daripada kenderaan dan ozon (O<sub>3</sub>) terutama pada waktu pagi boleh menyebabkan pertambahan jumlah ozon di atmosfera akibat pembentukan oksigen tunggal hasil tindakbalas antara NO<sub>2</sub> dan cahaya matahari. Secara keseluruhannya, kepekatan harian bahan-bahan pencemar utama amat dipengaruhi oleh jumlah kenderaan bermotor yang berada di jalan raya yang menuju dan balik daripada Pekan Kuah, terutamanya pada awal pagi dan petang.

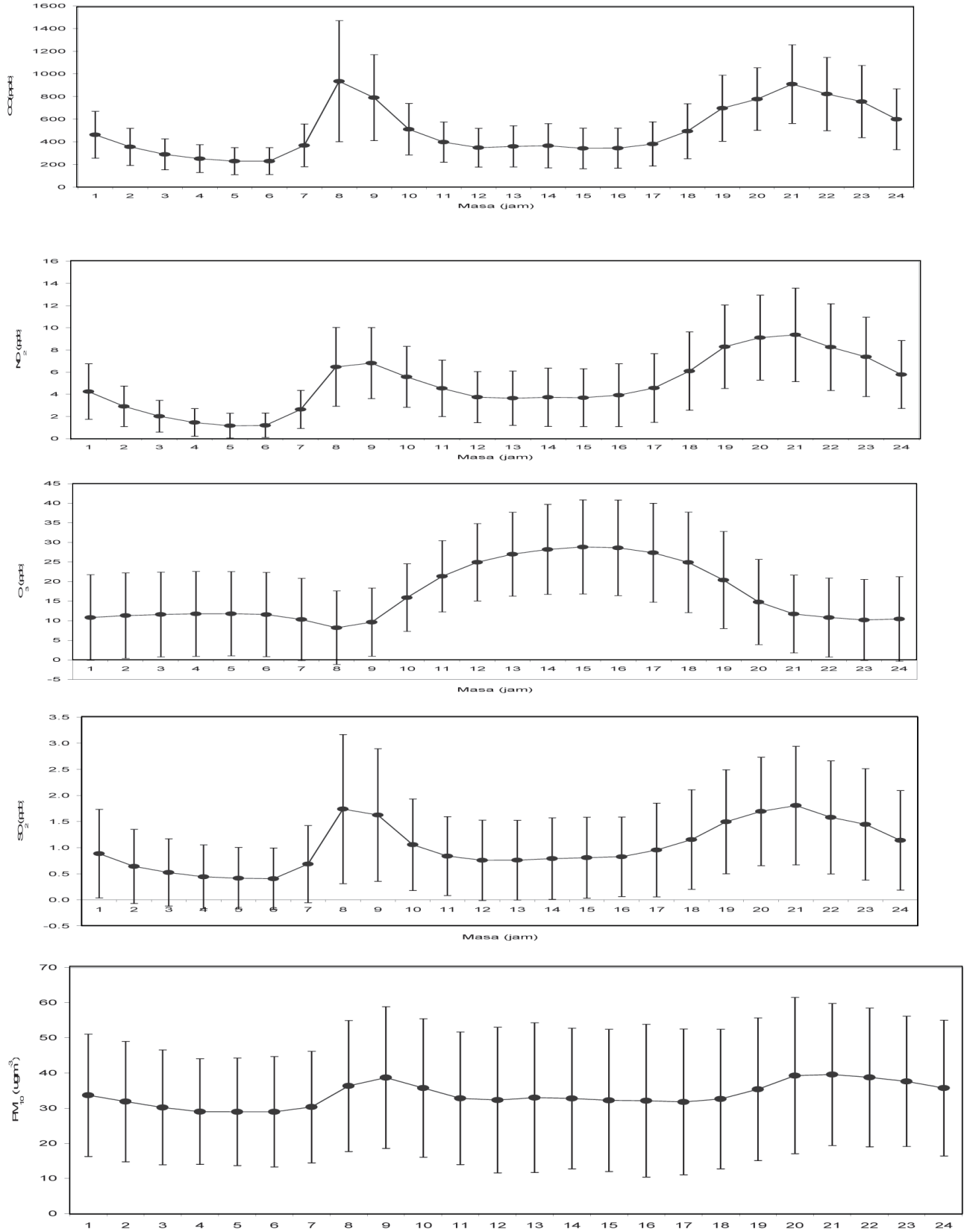
Corak kepekatan bahan pencemar udara mengikut bulan dalam setahun menunjukkan hanya parameter zarahhan terampai (PM<sub>10</sub>), karbon monoksida dan ozon menunjukkan perubahan kepekatan antara bulan yang ketara (Rajah 2). Kepekatan PM<sub>10</sub> didapati agak tinggi pada musim monsun, iaitu antara Januari hingga Mac (Monsun Timur Laut) dan Jun hingga September (Monsun Barat Daya). Fenomena ini adalah disebabkan faktor pembawaan zarahhan terampai dari Sumatera dan Indochina pada musim monsun barat daya dan monsun timur laut. Analisis trajektori ke belakang pada musim ini menggunakan model HYSPLIT (Rajah 3) menunjukkan keupayaan angin monsun untuk membawa bahan pencemar ke Langkawi daripada dua kawasan yang sering dikaitkan dengan pembakaran biojisim. Disebabkan kegiatan pembakaran biojisim terutamanya daripada tanah gambut di Sumatera, kepekatan karbon monoksida agak tinggi antara bulan Jun hingga September setiap tahun. Peningkatan karbon monoksida pada bulan Jun dan November juga berkemungkinan disebabkan oleh peningkatan jumlah kenderaan yang tinggi pada musim cuti sekolah dalam dua bulan tersebut.

JADUAL 2: Korelasi Antara Parameter Kualiti Udara

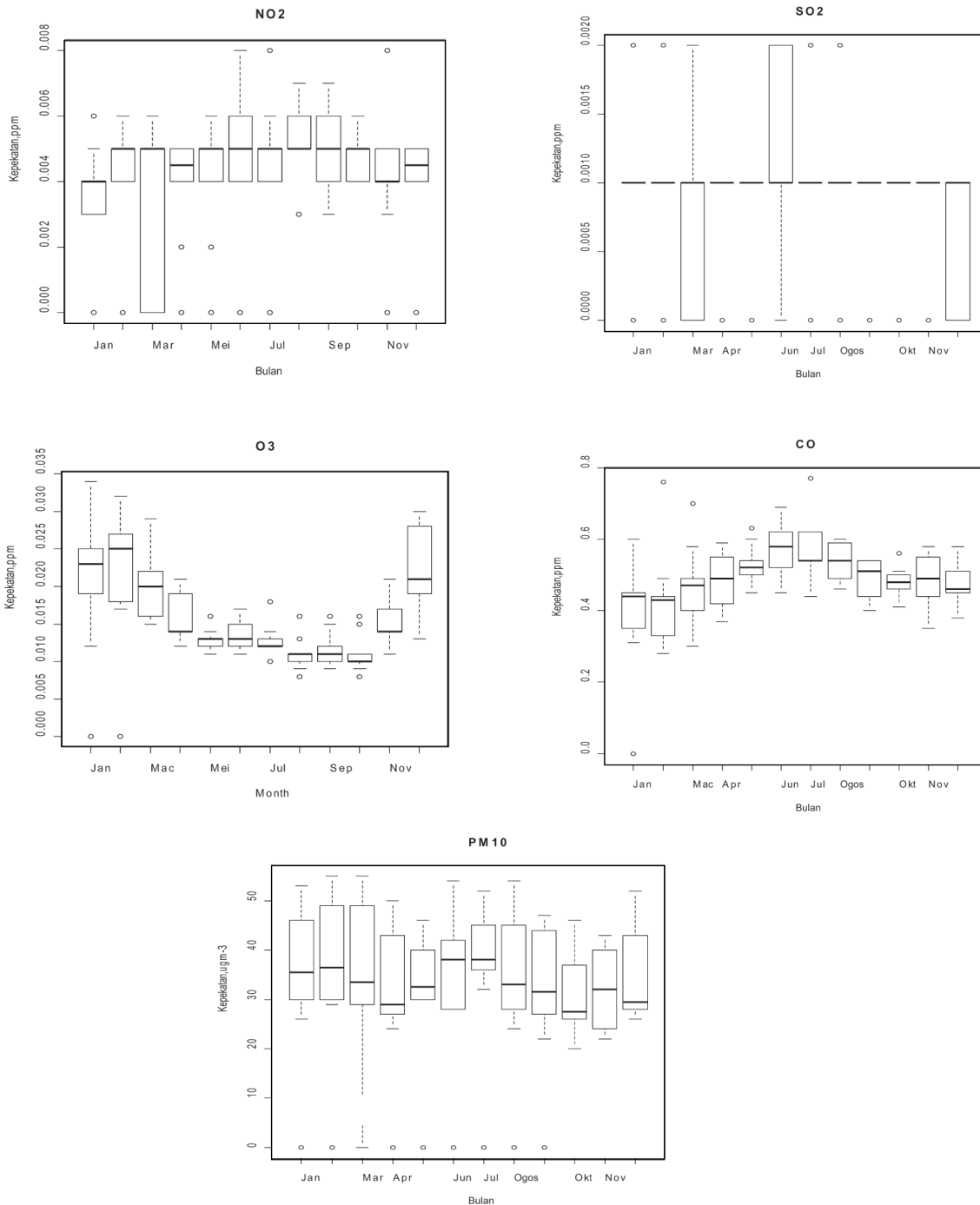
Parameter	PM <sub>10</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
PM <sub>10</sub>	1				
CO	0.276	1			
NO <sub>2</sub>	-0.059	0.316	1		
O <sub>3</sub>	0.304	-0.720**	-0.340	1	
SO <sub>2</sub>	. <sup>a</sup>	. <sup>a</sup>	. <sup>a</sup>	. <sup>a</sup>	1

<sup>a</sup> Tidak boleh dianalisis kerana salah satu daripada variasi adalah tetap

\* Korelasi bererti pada aras  $p < 0.01$  (2-hujung)



RAJAH 2. Purata Kepekatan Harian Bahan Pencemar Udara Utama di Langkawi

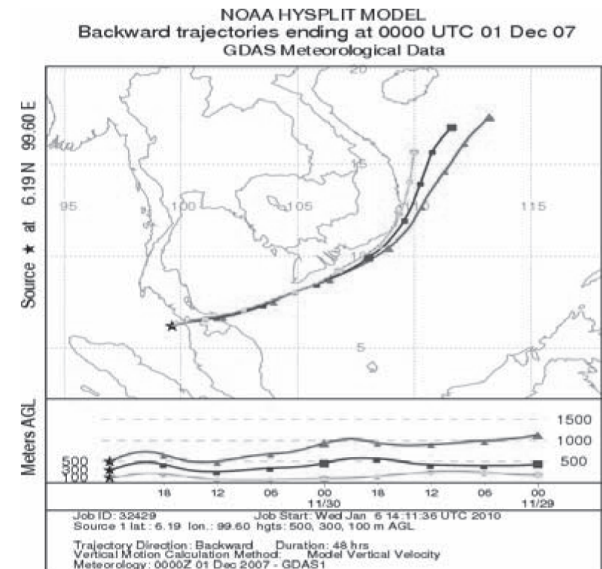
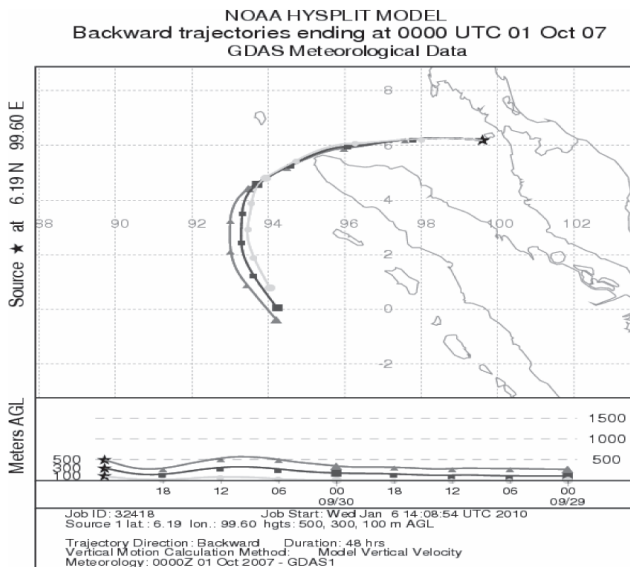
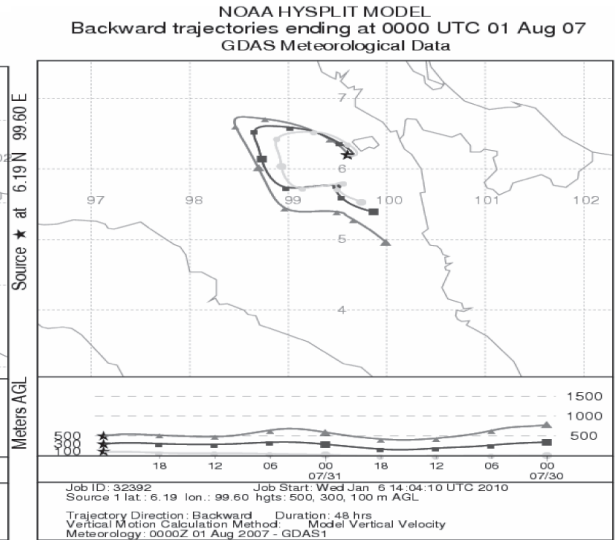
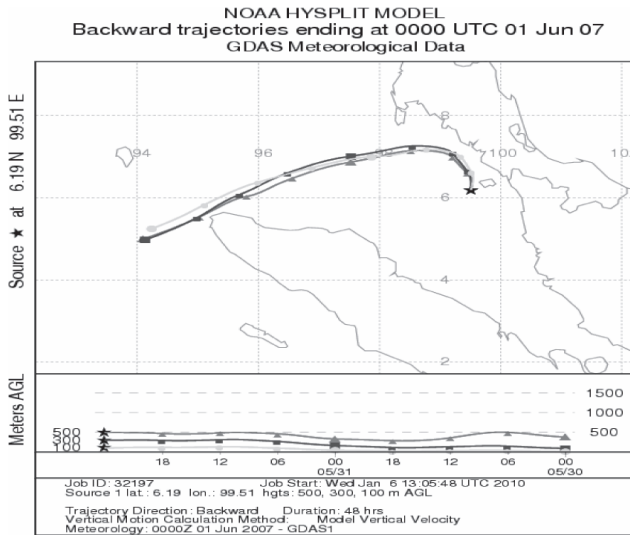
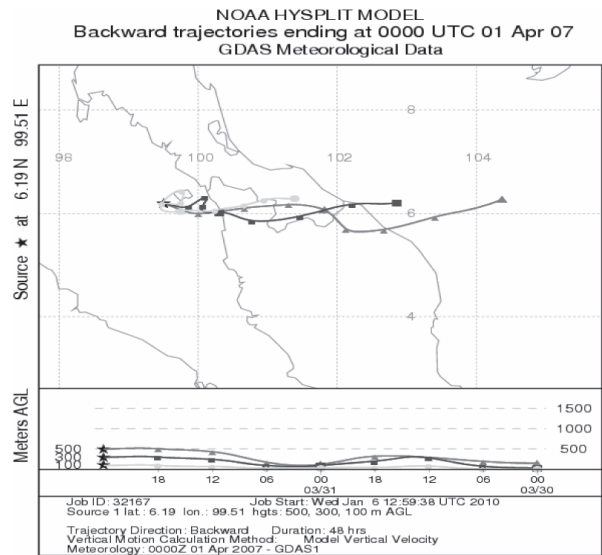
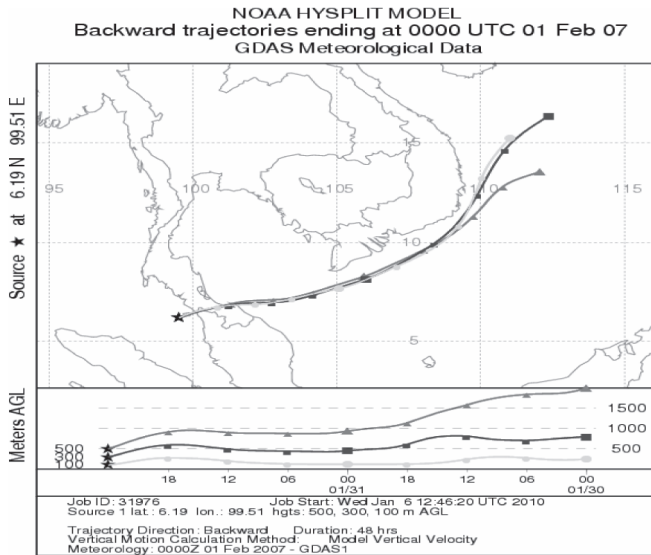


RAJAH 3. Kepekatan Bahan Pencemar Udara Berdasarkan Bulan Dalam Setahun

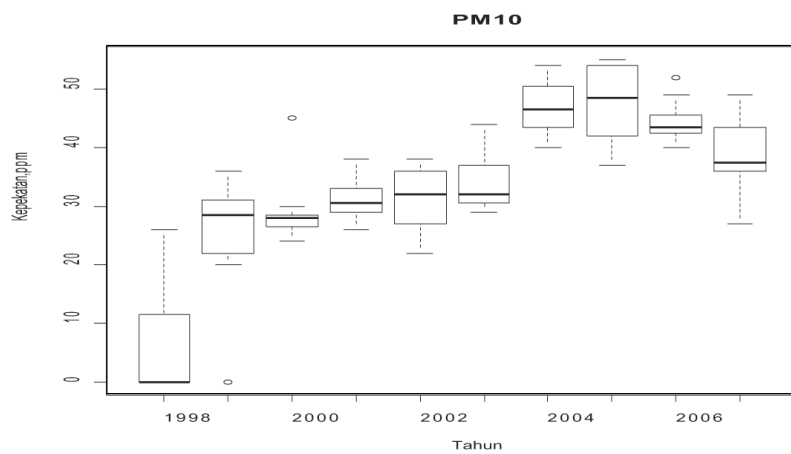
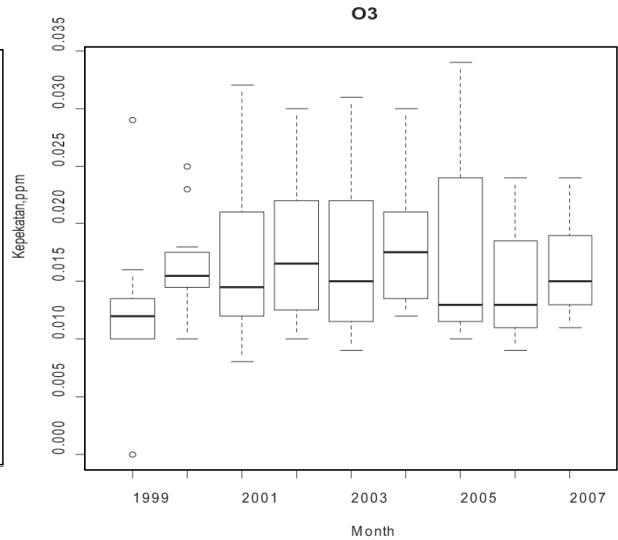
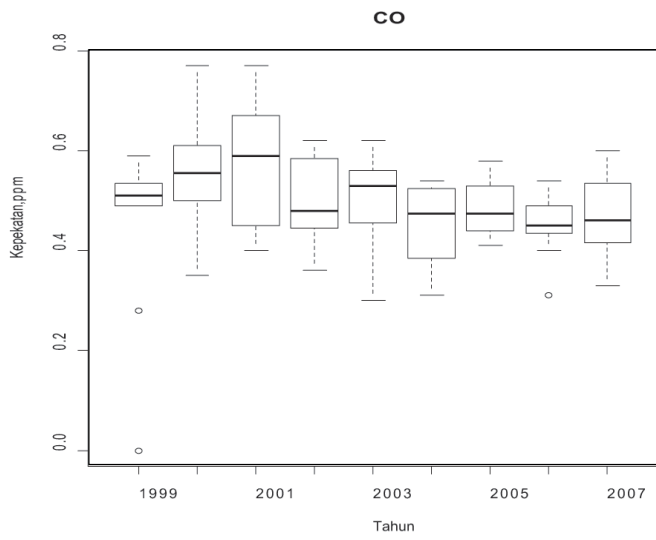
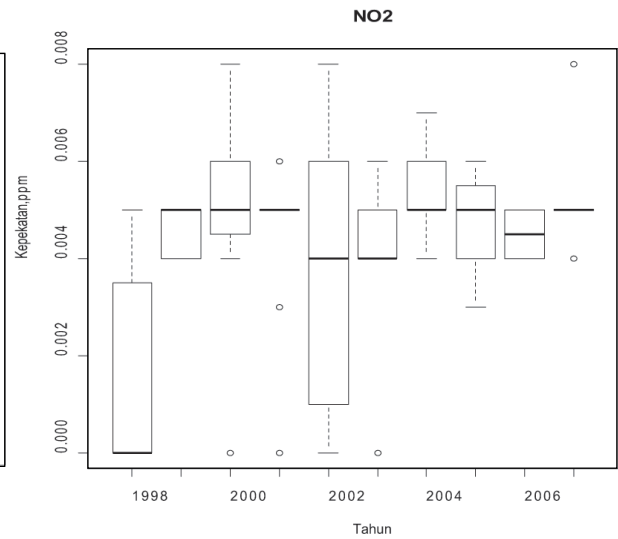
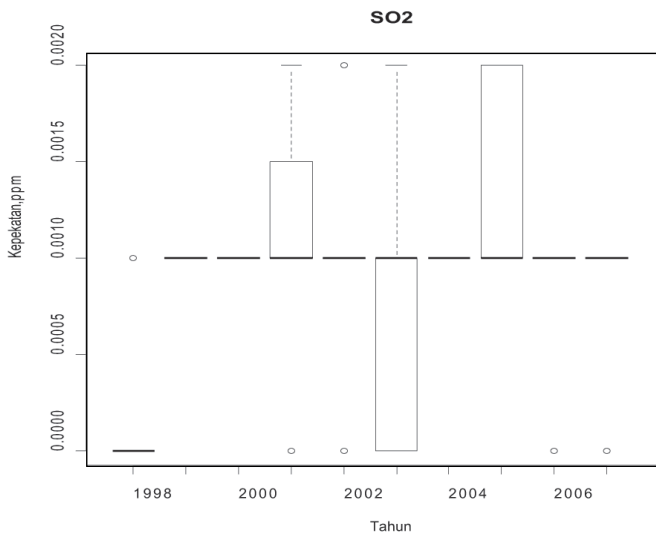
Kepekatan ozon permukaan amat dipengaruhi oleh faktor sinaran matahari ke permukaan bumi sepanjang tahun. Hasil kajian seperti yang terdapat dalam Rajah 2 menunjukkan kepekatan ozon yang tinggi pada musim kering, terutamanya pada bulan Januari hingga Mac. Pada bulan yang agak lembab serta musim apabila berlakunya jerebu (Jun hingga September), kepekatan ozon permukaan adalah agak rendah disebabkan kesan albedo yang menghalang sinaran ultra ungu (UV) oleh awan dan zarah terampai di atmosfera bumi. Hal ini menyebabkan

proses penghasilan oksigen tunggal menjadi perlahan dan pembentukan ozon berkurangan daripada paras biasa.

Status purata kualiti udara tahunan adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Secara keseluruhannya purata kepekatan PM10 meningkat dengan ketara sejak tahun 1998. Walaupun secara keseluruhannya kepekatan PM10 dianggarkan hadir disebabkan faktor serantau, namun beberapa faktor tempatan seperti pertambahan jumlah kenderaan bermotor, industri, terutamanya yang melibatkan simen dan pertambahan tanah lapang akibat

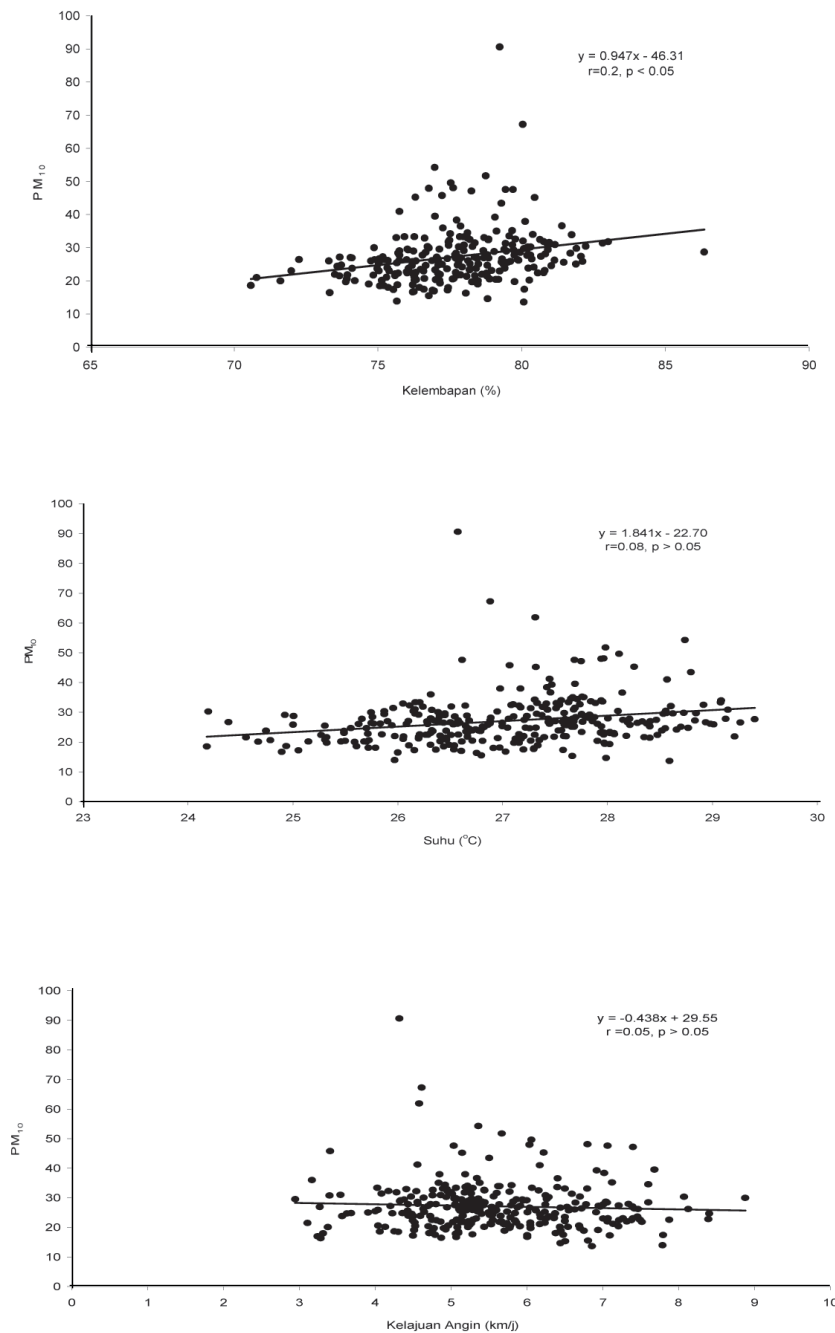


RAJAH 4. Tajektori Angin ke Belakang Pada Musim Monsun dan Antara Monsun



RAJAH 5: Kepekatan Parameter Kualiti Udara Mengikut Tahun (1998-2007)





RAJAH 6. Korelasi antara Parameter-Parameter Meteorologi dan PM10

proses pembangunan, turut menyumbang kepada peningkatan PM10 dari setahun ke setahun. Selain PM10, ozon juga menunjukkan peningkatan yang ketara. Jumlah kenderaan yang bertambah dijangka menjadi penyumbang utama kepada kehadiran ozon melalui hasil daripada oksida nitrogen dan sinaran daripada cahaya matahari. Kehadiran oksida nitrogen, terutama dalam bentuk nitrogen dioksida dan pertambahan bahan organik meruwap akibat jumlah kenderaan dan pembakaran boleh menyebabkan pertambahan jumlah ozon yang tinggi melalui pembentukan oksigen tunggal (Farmer et al. 2010; Lefohn, Shadwick & Oltmans 2010).

Status parameter meteorologi yang dicatatkan di stesen pemantauan kualiti udara ASMA di Langkawi ditunjukkan dalam Jadual 3. Secara keseluruhannya paras parameter meteorologi yang direkodkan adalah pada paras yang sering direkodkan di rantau tropika. Korelasi antara semua parameter meteorologi dengan parameter utama bahan pencemar udara iaitu PM10 (Rajah 5) menunjukkan hanya kelembapan udara mempunyai korelasi yang bererti dengan PM10 ( $p < 0.05$ ). Walau bagaimanapun faktor peningkatan suhu dan halaju angin dijangka boleh memberikan kesan terhadap peningkatan bahan pencemar udara seperti ozon dan zarah terampai di udara.

JADUAL 3: Purata Data Meteorologi Bulanan (1998-2007)  
Keseluruhan yang Direkodkan di Langkawi

Parameter	n	Purata	Median	Sisihan Piawai	Minima	Maksima
Suhu (°C)	372	27.1	27.2	2.0	24.2	29.4
Halaju angin (km/jam)	372	5.6	5.4	1.0	2.9	8.9
Humiditi (%)	248	77.7	77.7	2.3	76.4	86.4

## KESIMPULAN

Secara keseluruhannya kajian ini menunjukkan purata kepekatan bulanan bahan pencemar udara yang direkodkan di stesen kualiti udara Langkawi adalah masih berada pada paras yang lebih rendah daripada paras yang disarankan oleh Garis Panduan Kualiti Udara Malaysia (Recommended Malaysian Air Quality Guideline, RMAQG) bagi udara sekitaran. Kepekatan bahan pencemar udara utama seperti karbon monoksida, nitrogen dioksida, dan sulfur dioksida berada pada kepekatan yang maksimum pada masa sibuk (awal pagi dan petang) yang dijangkakan disumbangkan oleh kenderaan bermotor yang lalu di jalanraya yang berdekatan dengan stesen persampelan. Manakala kepekatan ozon pula dipengaruhi oleh faktor sinaran ultra lembayung (UV). Ozon didapati berada pada kepekatan yang tinggi pada musim kering, terutamanya antara bulan Januari hingga Mac. Corak jangka panjang status kualiti udara menunjukkan peningkatan yang ketara PM10 di udara di sekitar Langkawi. Selain faktor pembakaran biojisim serantau, proses pembangunan dengan pertambahan jumlah kenderaan dan industri juga menyumbang kepada paras kepekatan PM10 di udara.

Kebanjiran pelancong ke Langkawi melalui promosi pelancongan yang berkesan sudah pasti akan meningkatkan penggunaan kenderaan bermotor yang seterusnya akan menjejaskan paras kualiti udara di pulau ini. Bagi memastikan kualiti udara di Langkawi sentiasa terpelihara beberapa langkah yang segera harus dijalankan antaranya dengan mengurangkan jumlah kenderaan bermotor. Faktor pembebasan bahan pencemar daripada peningkatan jumlah kenderaan dapat dikurangkan sekiranya sistem pengangkutan awam yang cekap dapat diwujudkan. Sistem pengangkutan awam yang dikawal selia dengan baik melalui pemantauan berterusan akan dapat mengurangkan jumlah pelepasan bahan pencemar udara ke sekitaran. Selain itu langkah-langkah seperti pengawalan industri simen serta proses pembakaran terbuka harus dipantau dari semasa ke semasa bagi mengurangkan jumlah zarah terampai di atmosfera.

## RUJUKAN

Afroz, R., M.N. Hassan, & N.A. Ibrahim. 2003. Review of Air Pollution and Health Impacts in Malaysia. *Environmental Research* 92 (2): 71-77.

- Anwar, A., L. Juneng, M. R. Othman, & M. T. Latif. 2010. Correlation between Hotspots and Air Quality in Pekanbaru, Riau, Indonesia in 2006-2007. *Sains Malaysiana* 39 (2): 169-174.
- Atkinson, R. 2000. Atmospheric Chemistry of VOCs and NOx. *Atmospheric Environment* 34 (12-14): 2063-2101.
- Awang, M.B., A.B. Jaafar, A.M. Abdullah, M.B. Ismail, M.N. Hassan, R. Abdullah, S. Johan, & H. Noor. 2000. Air Quality in Malaysia: Impacts, Management Issues and Future Challenges. *Respirology* 5 (2): 183-196.
- Azmi, S. Z., M. T. Latif, A. S. Ismail, L. Juneng, & A. A. Jemain. 2010. Trend and Status of Air Quality at Three Different Monitoring Stations in the Klang Valley, Malaysia. *Air Quality, Atmosphere and Health* 3 (1): 53-64.
- Colls, J. 2002. Air pollution. Second edition. London & New York: Spon Press.
- Farmer, D. K., A. E. Perring, P. J. Wooldridge, D. R. Blake, A. Baker, S. Meinardi, L. G. Huey, D. Tanner, O. Vargas, & R. C. Cohen. 2010. Impact of Organic Nitrates on Urban Ozone Production. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 10 (10): 23423-23448.
- Gunther, A. 1997. Seasonal and Spatial Variations in Natural Volatile Organic Compound Emissions. *Ecological Applications* 7 (1): 34-45.
- Hernandez Luis, J.A. 2004. The Role of Inter-Island Air Transport in the Canary Islands. *Journal of Transport Geography* 12 (3): 235-244.
- Juneng, L., M. T. Latif, F. T. Tangang, and H. Mansor. 2009. Spatio-temporal Characteristics Of PM10 Concentration Across Malaysia. *Atmospheric Environment* 43 (30): 4584-4594.
- Junninen, Heikki, Harri Niska, Kari Tuppurainen, Juhani Ruuskanen, & Mikko Kolehmainen. 2004. Methods for Imputation of Missing Values in Air Quality Data Sets. *Atmospheric Environment* 38 (18): 2895-2907.
- Kho, F.W.L., Law P.L., Ibrahim S.H., and Sentian J. 2007. Carbon Monoxide Levels Along Roadway. *International Journal of Environmental Science and Technology* 4 (1): 27-34.
- Latif, M.T., & M.R. Othman. 1999. Air Quality in Air Keruh and Teluk Kalung Industrial Areas. *Malays J. Anal. Sci* 5 (1): 119-128.
- Lee, D.S., Pitari, G., Grewe, V., Gierens, K., Penner, J.E., Petzold A., Prather M.J., Schumann U., Bais A., Berntsen T., Iachetti D., Lim L.L., & Sausen, R. 2010. Transport Impacts on Atmosphere and Climate: Aviation. *Atmospheric Environment* 44 (37): 4678-4734.
- Lefohn, A.S., Shadwick D., & Oltmans, S.J. 2010. Characterizing Changes in Surface Ozone Levels in Metropolitan and Rural Areas in the United States for 1980-2008 and 1994-2008. *Atmospheric Environment*. Article in Press.
- M?lders, N., Porter S.E., Cahill C.F., and G. A. Grell. 2010. Influence of Ship Emissions on Air Quality and Input of Contaminants in Southern Alaska National Parks and Wilderness Areas During the 2006 Tourist Season. *Atmospheric Environment* 44 (11): 1400-1413.
- Wang, C.Y., & Miko, P.S. 1997. Environmental Impacts of Tourism on U.S. National Parks. *Journal of Travel Research* 35 (4): 31-36.
- Yu, X. 2008. Growth and Degradation in the Orient's 'Las Vegas': Issues of Environment in Macau. *International Journal of Environmental Studies* 65 (5): 667-683.

Mohd Talib Latiff, PhD.  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi  
Selangor, Malaysia

Siti Zawiyah Azmi  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi  
Selangor, Malaysia

Aida Shafawati Ismail  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi  
Selangor, Malaysia

Mazlin Mokhtar, PhD.  
Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI),  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi  
Selangor, Malaysia