



Pencemaran udara di Bukit Rambai, Melaka sewaktu peristiwa jerebu tahun 2005

Mastura Mahmud¹, Iza Hadila Ab Llah¹

¹School of Social, Development and Environmental Studies, Faculty of Social Sciences and Humanities, Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Mastura Mahmud (email: mastura@ukm.my)

Abstrak

Kajian pencemaran udara di Bukit Rambai, Melaka dijalankan untuk mencari perhubungan antara bahan pencemar udara dengan parameter cuaca sewaktu peristiwa jerebu pada Ogos 2005 dengan mengkaji parameter pencemar udara seperti zarah terampai kurang daripada 10 mikron (PM₁₀), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂) dan ozon (O₃) serta suhu, sinaran matahari, hujan dan angin. Zarah terampai, PM₁₀, pada bulan Februari menunjukkan nilai kepekatan yang tinggi iaitu 113 µg/m³ berbanding dengan bahan pencemar yang lain. Analisis regresi multivariat untuk tiga tempoh pecahan iaitu tahunan (Januari hingga Disember), monsun timur laut musim kering (Januari hingga Mac) dan monsun timur laut musim lembap (Oktober hingga Disember) menunjukkan kelajuan dan arah angin mempunyai hubungan yang lemah dengan PM₁₀ bagi tempoh tahunan, manakala bagi monsun timur laut (MTL) kering dan lembap kelajuan angin mempunyai hubungan yang kuat dengan PM₁₀. Nilai pekali keseluruhan multivariat ialah 4.13 % bagi tempoh tahunan, 0.18 % bagi MTL musim kering dan 0.92 % MTL musim lembap. Analisis korelasi menunjukkan bahawa kelajuan angin mempunyai hubungan songsang yang lemah dengan PM₁₀ bagi monsun barat daya (-0.082), MTL musim kering (-0.034) dan MTL musim lembap (-0.089). Hujan mempunyai hubungan songsang dan lemah dengan PM₁₀ iaitu -0.025 (tahunan) dan -0.06 (MTL). Keseluruhannya, hujan dan kelajuan angin ini memberikan pengaruh terhadap kadar kepekatan PM₁₀ di kawasan kajian. Walaupun kawasan industri Bukit Rambai mengalami krisis jerebu pada tahun 2005 namun ia masih lagi di paras Indeks Pencemaran Udara yang rendah, iaitu 118 berbanding dengan 529 dan 531 di kawasan Pelabuhan Klang dan Kuala Selangor.

Katakunci: Indeks Pencemaran Udara, kelajuan angin, kepekatan PM₁₀, monsoon, parameter cuaca, peristiwa jerebu

Air pollution at Bukit Rambai, Melaka during the haze episode of 2005

Abstract

The study investigates the relationship between air pollutants and weather parameters during the 2005 haze phenomenon in Bukit Rambai, Melaka. Air pollutants such as particulate matter of less than 10 microns (PM₁₀), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), sulphur dioxide (SO₂) and ozone (O₃), and weather parameters such as temperature, sunshine, rain and wind, were investigated. The highest concentration of PM₁₀ was detected in February at 113 µg/m³. Multivariate regression and correlation analyses for three durations of the annual (January to December), dry northeast monsoon (January to March), wet northeast monsoon (October to December) showed weak relationships for the two independent variables of rainfall and wind speed of PM₁₀ for the annual duration, and slightly stronger relationship during the dry and wet northeast monsoons. The rainfall and wind speed parameters accounted for 4.13% to the PM₁₀ concentrations during the annual time scale, 0.18% during the dry northeast monsoon and 0.92 % during the wet northeast monsoon. The correlation analysis showed that the wind speed had a weak and inverse relationship with the PM₁₀ concentrations during the southwest monsoon (-0.082), the northeast

monsoon (-0.034) and the wet northeast monsoon (-0.089), respectively. The amount of rainfall also had a respectively weak and inverse relationship with the PM₁₀ at -0.025 and -0.06. In conclusion, although the Bukit Rambai industrial area was affected during the haze crisis in 2005, it still recorded a lower Air Pollutant Index level of 118 in contrast to 529 and 532 at Port Klang and Kuala Selangor, respectively.

Keywords: Air Pollutant Index, haze phenomenon, monsoons, PM₁₀ concentrations, weather parameters, wind speed

Pengenalan

Pencemaran alam sekitar telah bermula sejak wujudnya revolusi perindustrian lagi. Dalam kita mengejar kemajuan dan meningkatkan taraf hidup, kegiatan ekonomi dan pembangunan yang pesat tidak dapat dielakkan atau dihalang bagi memenuhi keperluan dan kehendak masyarakat. Pencemaran yang disebabkan oleh kegiatan manusia sama ada secara sengaja atau tidak sengaja seperti pelepasan gas-gas beracun oleh kilang-kilang ke ruang udara, pembuangan sisa kumbahan, asap dari kenderaan, pemusnahan dan pembakaran hutan serta aktiviti yang berkaitan dengan pengaruh manusia.

Jerebu yang disebabkan oleh kebakaran hutan dari Indonesia sering berlaku pada monsun barat daya. Tiupan angin ini membawa zarah terampai yang berpunca daripada aktiviti pembakaran terbuka terutamanya dari Sumatera, Indonesia bergerak ke Semenanjung Malaysia (Mahmud, 2008). Peristiwa jerebu yang teruk di Semenanjung Malaysia pada September 1997 (Mahmud, 2009a) berulang kembali pada Ogos 2005. Sekali lagi Semenanjung Malaysia mengalami masalah jerebu yang disebabkan oleh negara jiran iaitu Indonesia akibat daripada kebakaran hutan yang teruk seperti di Sumatera dan Kalimantan sehingga menjejaskan ruang udara Malaysia. Hal ini diburukan lagi dengan keadaan cuaca yang panas dan kering pada monsun tersebut. Peristiwa jerebu yang berlaku pada bulan Ogos 2005 merupakan peristiwa jerebu yang teruk yang menyebabkan pengistiharan darurat jerebu di Pelabuhan Klang dan Kuala Selangor dengan paras Indeks Pencemar Udara (IPU) yang melebihi 500 iaitu 529 dan 531 pada 11 Ogos 2005 kerana paras IPU mencapai paras sangat merbahaya (Mahmud, 2009b). Krisis jerebu yang berlaku pada bulan Ogos ini telah menyebabkan 816 buah sekolah di Kuala Lumpur dan Selangor ditutup untuk beberapa hari kerana IPU di kawasan sekolah ini melebihi paras 300 yang membahayakan kesihatan (New Straits Times, 2005). Nilai IPU yang tertinggi di Melaka ialah 118 pada 11 Ogos iaitu paras kualiti udara yang tidak sihat.

Antara pencemaran yang tidak disebabkan oleh kebakaran hutan berpunca daripada pengangkutan bermotor seperti kereta, motosikal, teksi, bas, dan kenderaan yang lain dalam kehidupan seharian manusia. Kesemua kenderaan ini akan membakar bahan api fosil dan seterusnya akan melepaskan asap yang tercemar dan membawa kesan buruk kepada persekitaran. Kualiti udara persekitaran amat bergantung kepada jenis sistem pengangkutan yang digunakan. Pada tahun 2004, lebih kurang 14 juta kenderaan berdaftar yang digunakan di Malaysia, angka ini meningkat dua kali ganda berbanding dengan sedekad lalu dan angka ini akan terus meningkat dari tahun ke tahun akibat daripada peningkatan pendapatan rakyat, perpindahan dari luar bandar ke bandar serta kemudahan perkhidmatan pengangkutan awam yang semakin berkurangan sejak kebelakangan ini.

Masalah jerebu serta pencemaran udara di Melaka juga dikatakan berpunca daripada penggunaan kenderaan bermotor yang semakin meningkat. Jadual 1 menunjukkan bilangan kenderaan bermotor dan jenis kenderaan yang telah didaftarkan di negeri Melaka pada tahun 2004 dan 2005. Jadual tersebut menunjukkan peningkatan bilangan setiap jenis kenderaan yang telah didaftarkan di Melaka.

Selain daripada pembebasan asap kilang dan kenderaan, kegiatan pembakaran terbuka dan pembakaran hutan juga menyumbang kepada berlakunya masalah jerebu. Pembakaran terbuka seperti di kawasan kediaman dan kawasan perindustrian merupakan penyumbang yang tinggi berlakunya pencemaran. Pembakaran hutan secara sengaja selalunya melibatkan aktiviti pertanian bagi memenuhi keperluan tanah yang baru untuk penanaman tanaman industri seperti tanaman kelapa sawit dan getah. Pembakaran sewaktu keadaan cuaca yang kering dan panas dan musim

kemarau menyebabkan hutan terbakar dengan sendiri dan agak sukar untuk dipadamkan apabila api merebak dengan cepat disamping pengaruh faktor angin yang kuat.

Jadual 1. Kenderaan bermotor yang berdaftar dan jenis kenderaan di negeri Melaka pada tahun 2004 dan 2005

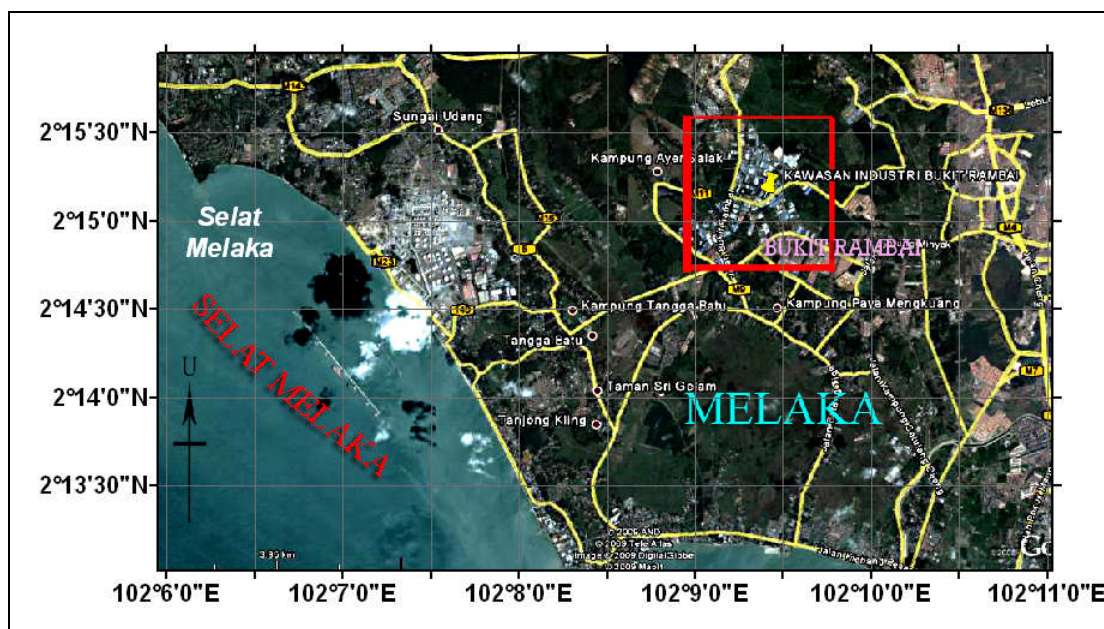
Tahun	Jumlah	Jenis kenderaan					
		Kereta	Motosikal	Bas	Teksi & kereta sewa	Lori	Lain-lain
2004	470840	171448	271453	1828	1636	19839	4636
2005	504951	188524	287549	1868	1648	20586	4776

Kajian ini dijalankan adalah untuk melihat tahap kepekatan bahan-bahan pencemar udara di negeri Melaka. Kajian ini juga dijalankan adalah untuk meneliti sejauhmanakah pengaruh kepekatan parameter seperti PM10, karbon monoksida, sulfur dioksida, ozon dan nitrogen dioksida dalam mempengaruhi kualiti udara di Melaka terutamanya di sekitar kawasan Bukit Rambai pada tahun 2005.

Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk melihat hubungkait di antara bahan pencemar udara dengan parameter cuaca seperti suhu, sinaran matahari, hujan serta kelajuan angin dalam mempengaruhi berlakunya pencemaran udara yang mendorong tercetusnya fenomena jerebu dan seterusnya mengenal pasti bahan pencemar udara dan parameter cuaca yang manakah memberikan kesan yang ketara dalam menyumbang kepada berlakunya pencemaran udara ini di kawasan Bukit Rambai, Melaka.

Tahun 2005 menjadi pilihan kerana krisis jerebu melanda di Selangor. Oleh itu, kajian yang dilakukan untuk melihat sejauhmanakah tahap pencemaran udara di negeri Melaka sewaktu berlakunya jerebu pada tahun 2005 terutamanya pada bulan Ogos.

Bukit Rambai, Melaka merupakan salah satu kawasan yang termasuk dalam lingkungan Melaka Tengah (2°15'0U, 102°10'60T). Keluasan kawasan Bukit Rambai ini adalah 1657.27 hektar (Draf Rancangan Tempatan Daerah Melaka Tengah, 2015). Bukit Rambai merupakan salah satu kawasan perindustrian yang terdapat di Melaka. Kegiatan perindustrian yang dijalankan di kawasan ini adalah berasaskan industri kayu.



Sumber: Google Earth

Rajah 1. Lokasi kawasan perindustrian Bukit Rambai, Melaka

Latar belakang sosioekonomi

Terdapat sepuluh kawasan perindustrian di daerah Melaka Tengah termasuk Bukit Rambai. Keluasan kawasan perindustrian di Bukit Rambai yang dimajukan adalah 505.97 hektar (Jadual

Jadual 2. Kawasan perindustrian yang dimajukan oleh Perbadanan Kemajuan Negeri Melaka, 2007

Kawasan perindustrian	Keluasan (ha)	Keluasan boleh dijual (ha)	Keluasan yang dijual (ha)	Kilang beroperasi	Pelaburan (RM juta)	Jumlah pekerja
Ayer Keroh	203.69	174.18	174.18	61	2,448.81	11,991
Alor Gajah	116.61	73	73	59	603.37	5,029
Batu Berendam						
FTZ	107.01	85.89	85.89	39	4,519.00	23,779
Bukit Rambai	505.97	349.6	349.6	95	632.64	7,546
Masjid Tanah	129.55	86.54	56.51	13	214.13	1,092
Merlimau	130.48	105.34	103.85	37	489.96	2,151
Tangga Batu	85.32	52.28	52.28	13	1,366.96	416
Tanjung Keling						
FTZ	9.35	7.48	7.48	3	32	7,521
Serkam	51.4	50.82	8.93	4	45.4	698
Rembia Ind. Park	175.01	141.08	16.88	2	2.8	51
Jumlah	1,514.39	1,126.21	928.6	326	10,355.07	60,274

Sumber: Perbadanan Kemajuan Negeri Melaka & Invest Melaka

Jadual 3. Kawasan perindustrian yang dimajukan oleh pihak swasta, 2007

Kawasan perindustrian	Keluasan (ha)	Keluasan boleh dijual (ha)	Keluasan yang dijual (ha)	Kilang beroperasi	Pelaburan (RM juta)	Jumlah pekerja
Aviation Industrial Estate	24.28	24.28	14.56	0	0.00	0
Bukit Rambai Ind. Park	15.37	10.97	0.00	1	2.00	70
Jasin Industrial Park	80.93	80.93	69.10	10	26.45	560
Krubong Industrial Park	91.09	91.09	85.42	12	563.33	1,336
Krubong Techno Park	53.44	53.44	14.90	2	59.35	154
Tmn. Perindustrian						
Ayer Keroh	69.50	69.50	36.81	0	0.00	0
Taman. Tasik Utama	58.27	58.27	41.68	23	423.79	2,247
Jumlah	392.88	388.48	262.47	48	1,047.92	4,367

Sumber: Perbadanan Kemajuan Negeri Melaka & Invest Melaka

Jadual 4. Cadangan pengkhususan kawasan industri mengikut lokasi

LOKASI	PENGKHUSUSAN	INDUSTRI SOKONGAN
Batu Berendam	Industri Khas: Industri Aeroangkasa	Bidang Aeronautik
Batu Berendam FTZ	Elektrik dan Elektronik	Industri R&D
Cheng	Besi/Keluli/Aluminium	Elektrik dan Elektronik
Krubong	Mesin dan Kelengkapan	Elektrik dan Elektronik
Malim Jaya	Mesin dan Kelengkapan	Perkhidmatan
Taman Merdeka	Mesin dan Kelengkapan	Perkhidmatan
Taman Tasek Utama	K-Industri, ICT, R&D dan Bioteknologi	Silikon/Software
Sunga Udang	Industri Petrokimia dan Kimia	Kejuruteraan/Casting
Bukit Rambai	Industri Keluaran Berasaskan Kayu	Industri Am
Ayer Keroh	Produk Berasaskan Makanan	Industri Am

Sumber: Draf Rancangan Tempatan Daerah Melaka Tengah 2015

2) dan ia merupakan kawasan perindustrian yang terkenal dengan melibatkan 95 buah kilang yang telah beroperasi. Kebanyakan kegiatan perindustrian yang dijalankan di sini adalah industri yang berorientasikan industri berat seperti industri pemprosesan papan dan berasaskan kayu.

Jadual 2 menunjukkan kawasan perindustrian yang dimajukan oleh Perbadanan Negeri Melaka pada tahun 2007. Kawasan perindustrian Bukit Rambai mempunyai keluasan sebanyak 505.97 hektar manakala 15.37 hektar pula adalah kawasan perindustrian yang dimajukan oleh pihak swasta pada tahun 2007 (Jadual 3) yang dikhususkan untuk industri keluaran berasaskan kayu (Jadual 4).

Methodologi dan data

Methodologi yang digunakan dalam kajian ini adalah melalui kaedah pengumpulan data sekunder yang diperolehi daripada Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Alam Sekitar Malaysia. Bagi menganalisis data pencemaran udara yang diperolehi daripada pengumpulan data sekunder ini, analisis dilakukan dengan menggunakan teknik analisis regresi multivariat dan analisis korelasi.

Hasil analisis

Tahap kepekatan bulanan yang paling tinggi pada nilai $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, berlaku pada bulan Februari antara jam 9 dan 10 pagi manakala kepekatan PM10 meningkat semula antara jam 10 dan 11 malam dengan nilai kepekatan maksimumnya sebanyak $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rajah 2a). Bulan Mac turut menunjukkan nilai kepekatan kedua tertinggi pada waktu siangnya $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bagi bulan Januari, kepekatan tertinggi dicatatkan pada sebelah malam iaitu sebanyak $136.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kepekatan PM10 terendah iaitu $42.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada waktu siang dicatatkan pada bulan Disember, diikuti bulan Oktober dan November pada $61.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $42.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tahap kualiti udara lebih baik pada bulan November berbanding dengan bulan lain di mana nilai kepekatan tertingginya hanya $78.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

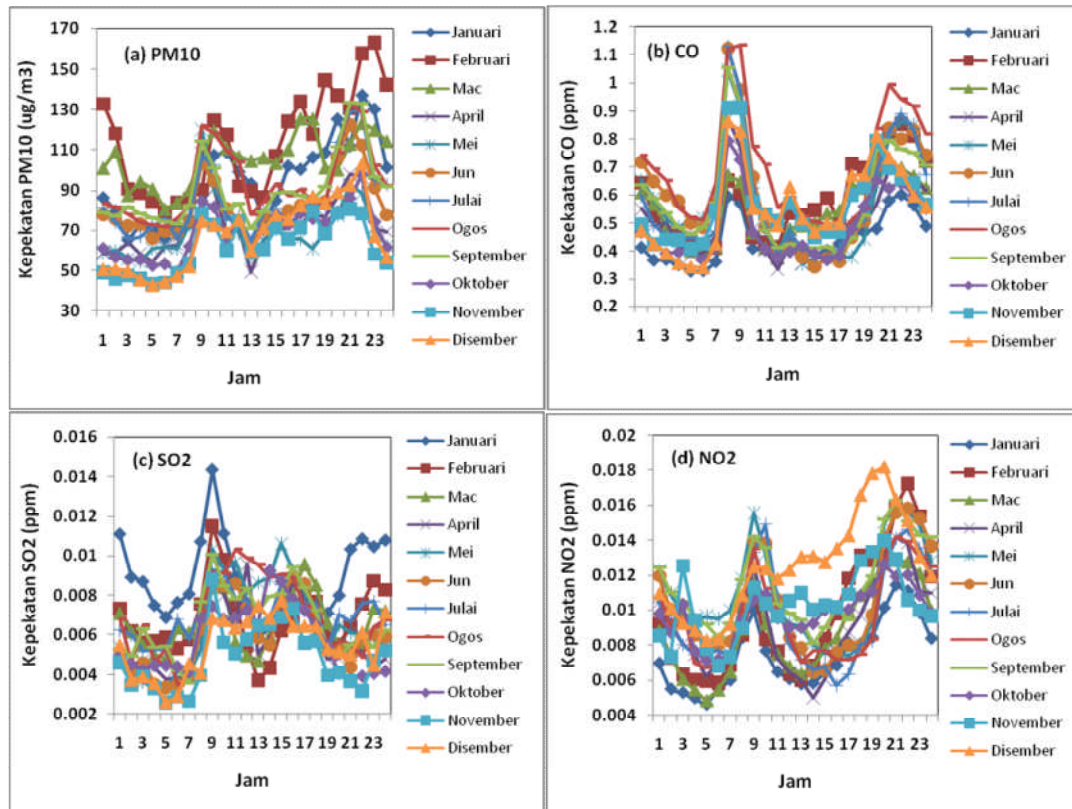
Waktu peningkatan CO yang paling ketara adalah antara jam 7 sehingga 9 pagi dan dan sekitar jam 8 malam sehingga 10 malam (Rajah 2b). Ini turut dikaitkan dengan keadaan sekitaran pada waktu paginya akibat pelepasan asap dari kenderaan kerana pada waktu berkenaan kebanyakan penduduk mula menjalankan aktiviti harian seperti menuju ke tempat kerja atau ke destinasi lain. Nilai kepekatan maksimum bagi CO adalah 1.134 ppm manakala nilai minimum pula adalah sebanyak 0.034 ppm. Kepekatan CO yang tertinggi adalah pada bulan Ogos dengan nilai 1.134 ppm, diikuti dengan bulan Julai dan Jun pada 1.129 ppm dan 1.123 ppm. Nilai kepekatan minimum pula adalah pada bulan Januari iaitu sebanyak 0.327 ppm. Kepekatan CO bagi bulan Jan adalah rendah berbanding dengan bulan yang lain.

Kepekatan SO₂ berada pada tahap yang tinggi hampir sama dengan waktu kepekatan PM10 iaitu diantara jam 9 pagi (Rajah 2c) pada semua bulan dan menurun pada waktu tengahari tapi kembali meningkat pada waktu malamnya di antara jam 9 hingga 11 malam. Bulan Januari merupakan bulan yang mempunyai kepekatan yang tertinggi pada tahap 0.014 ppm bersamaan dengan 15.9 peratus pada 9 pagi. Keadaan ini dikaitkan dengan jumlah hujan yang diterima pada bulan berkenaan di mana jumlah hujan yang diterima adalah sedikit dan sinaran matahari yang diterima pula adalah tinggi. Oleh itu, musim kering mempengaruhi peningkatan bahan pencemar di ruang udara. Februari merupakan bulan yang mencatatkan nilai kepekatan kedua tertinggi selepas bulan Januari dengan 0.012 ppm pada 9 pagi. Nilai kepekatan terendah bagi SO₂ adalah 0.003 ppm pada bulan Disember dan November.

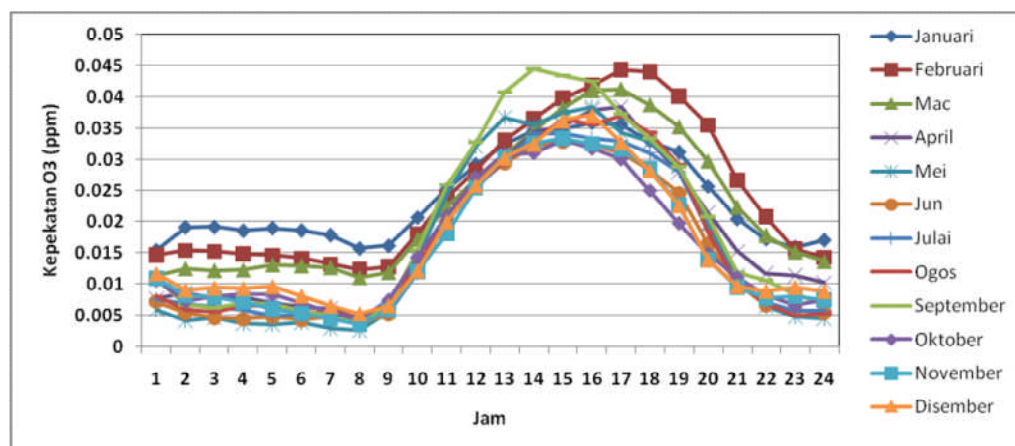
Tren peningkatan dan penurunan NO₂ bagi setiap bulan adalah hampir sama (Rajah 2d). Kepekatan yang tertinggi berlaku pada jam 9 pagi di setiap bulan dan pada waktu malamnya pula adalah di antara jam 8 hingga 10 malam. Bulan Mei menunjukkan nilai kepekatan yang tinggi di sebelah siangnya iaitu sebanyak 0.016 ppm pada jam 9 pagi, diikuti bulan Julai (0.015 ppm) dan bulan September (0.014 ppm). Bulan Disember memperlihatkan peningkatan nilai kepekatan

yang mendadak iaitu selepas waktu tengahari dan mencatatkan nilai tertinggi sekitar jam pada jam 8 malam sebanyak 0.018 ppm, diikuti oleh bulan Feb pada 0.017 ppm sekitar jam 10 malam.

Kepekatan bagi O₃ pada awal pagi antara jam 1 pagi sehingga 9 pagi mendatar bagi setiap bulan dengan nilai antara 0.003 ppm dan 0.019 ppm (Rajah 3). Selepas jam 9 pagi, kepekatan O₃ mula melonjak naik dengan cepat dan mencapai tahap tertinggi antara jam 2 sehingga 5 petang dan kembali menurun apabila menjelang waktu malam. Bulan September merupakan bulan yang mencatatkan nilai tertinggi iaitu dengan 0.045 ppm dan diikuti oleh bulan Februari (0.044 ppm).



Rajah 2. Purata kepekatan (a) PM10, (b) CO, (c) SO₂, dan (d) NO₂ sewaktu 24 jam bagi setiap bulan untuk tahun 2005



Rajah 3. Purata kepekatan O₃ sewaktu 24 jam bagi setiap bulan pada tahun 2005

Tahap kepekatan PM10 dan CO pada setiap bulan dalam tahun 2005 dapat dilihat dalam Rajah 4. Pada bulan Februari, purata kepekatan PM10 adalah yang tertinggi dengan 113 µg/m³ berbanding dengan bulan lain. Walau bagaimanapun, kepekatan PM10 ini mula menurun pada bulan Mac dan Mei dan kepekatan yang terendah berlaku pada bulan November dengan 62

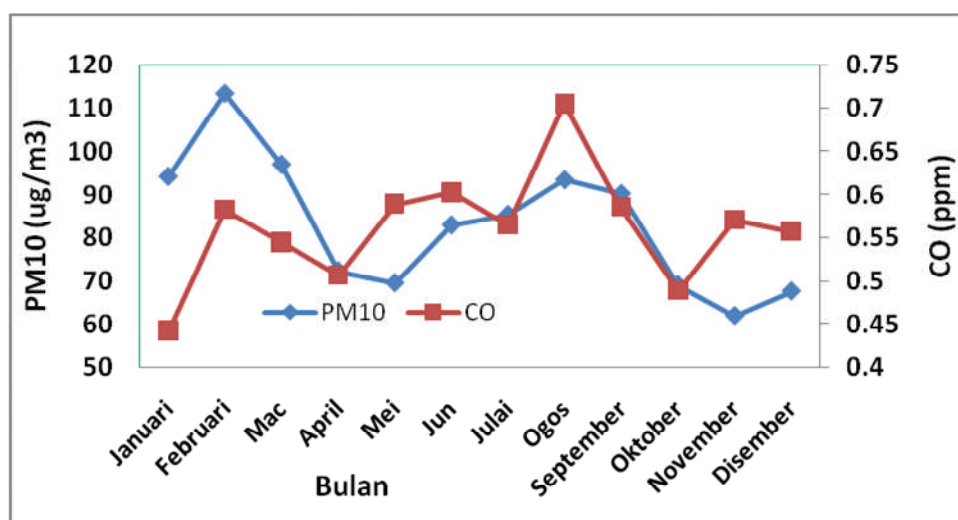
$\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ini menunjukkan tahap IPU di Bukit Rambai adalah semakin baik pada bulan yang basah berbanding dengan bulan yang mengalami musim kering dari bulan Januari sehingga bulan Mac.

CO merupakan parameter pencemar udara yang mencatatkan kepekatan yang tinggi berbanding dengan SO_2 , NO_2 dan O_3 . Kandungan CO yang tinggi adalah disebabkan oleh faktor kawasan persekitaran yang dikelilingi oleh kilang dan kenderaan yang membebaskan asap ke udara. Tren kepekatan PM_{10} dan CO adalah sama dari bulan Januari hingga April kerana pada ketika ini angin kering, dan hujan yang rendah menyebabkan kepekatan PM_{10} dan CO tinggi.

Selepas bulan April, nilai PM_{10} mula menurun tetapi CO terus meningkat sehingga bulan Ogos dan mencatatkan nilai tertinggi dengan 0.71 ppm serta keadaan angin yang lemah sewaktu berlakunya peristiwa jerebu 2005. Keadaan mula berubah selepas bulan Ogos dan menyebabkan penurunan yang ketara bagi PM_{10} dan CO.

Rajah 5 menunjukkan kepekatan bagi purata bulanan O_3 , NO_2 dan SO_2 di sepanjang tahun. Purata kepekatan bagi O_3 mengalami turun naik tetapi adalah tinggi di awal tahun pada bulan Januari, Februari dan Mac. Keadaan mula berubah dan turun memdadak pada bulan Mei yang merupakan nilai terendah bagi O_3 iaitu 0.014 ppm dan kemudian naik semula 0.019 ppm pada bulan September dan turun semula pada hujung tahunnya. Kepekatan SO_2 yang paling tinggi (0.0088 ppm) pada bulan Januari dan menurun dari bulan Jun sehingga bulan November (0.0048 ppm).

Parameter iklim seperti sinaran matahari menunjukkan keadaan turun naik sepanjang tahun dengan (Rajah 6) penerimaan sinaran pada awal tahun yang tinggi dari Februari (20.29 MJm^{-2}) sehingga Mac dianggap berlakunya keadaan kering. Manakala pada hujung tahunnya dari Oktober ke Disember (14.10 MJm^{-2}), sinaran matahari mula berkurangan dari berlakunya musim tengkujuh. Pada waktu jerebu iaitu bulan Ogos, penerimaan cahaya matahari di Melaka berada pada tahap yang sederhana tetapi meningkat dari bulan Julai sehingga ke bulan September.

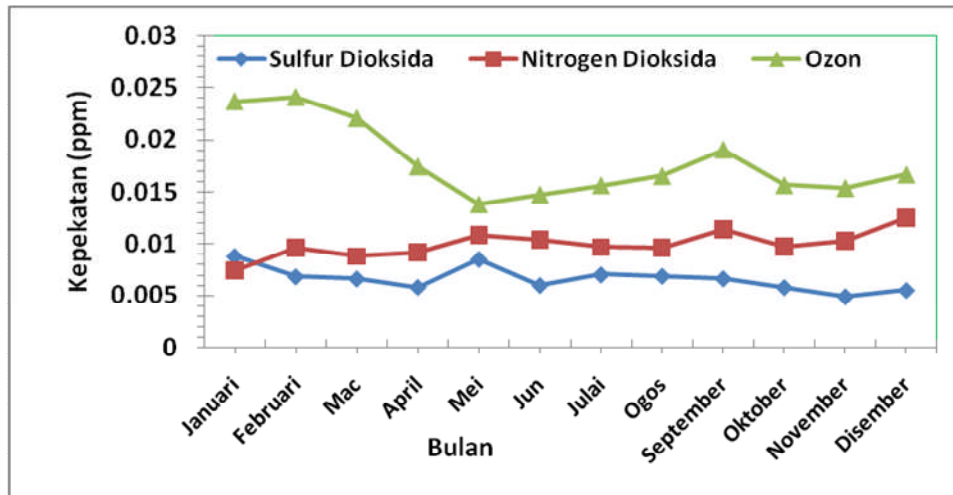


Rajah 4. Kepekatan PM_{10} dan CO bagi setiap bulan pada tahun 2005

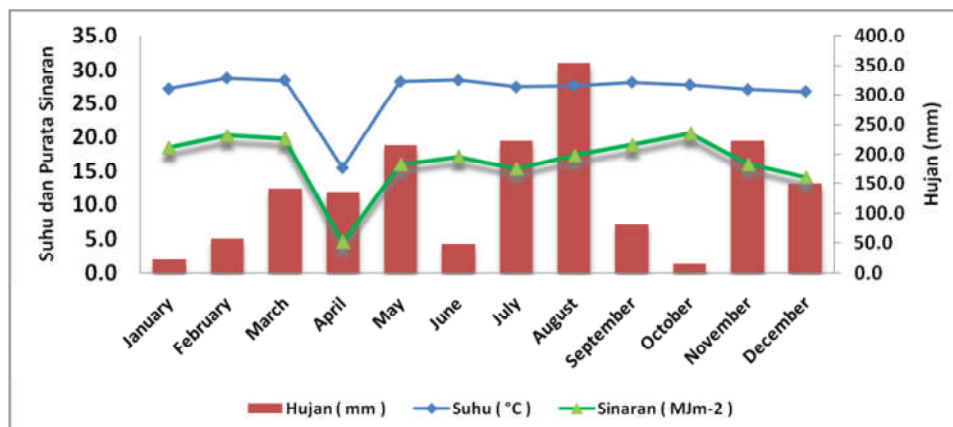
Jumlah hujan tahunan bagi negeri Melaka pada 2005 adalah sebanyak 1875.5 mm. Bulan Ogos merupakan bulan yang menerima hujan tertinggi sebanyak 354.4 mm, manakala bulan Julai (223.8 mm), Mei, Oktober ke Disember. Januari mencatatkan nilai terendah sebanyak 22.8 mm. Penerimaan hujan yang sedikit pada bulan Januari, Februari, Jun dan September berkait rapat dengan jumlah penerimaan sinaran matahari. Pada bulan-bulan ini, sinaran matahari dan kadar penyejatannya tinggi.

Kelajuan angin turut mempengaruhi keadaan cuaca sekitaran. Peranan kelajuan angin boleh meningkatkan kadar kepekatan jisim terampai di udara. Apabila kelajuan angin rendah kepekatan bahan terampai menjadi tinggi tetapi kepekatan jisim terampai menjadi rendah dan sebaliknya. Berdasarkan Rajah 7, bulan Januari, Februari dan Mac merupakan antara bulan yang mencatatkan nilai kelajuan angin yang tinggi, melebihi 6.0 km/jam. Pada bulan Januari hingga Mac, kelajuan angin meningkat di pertengahan bulan dari 4 hingga 25 haribulan. Kelajuan angin tertinggi adalah

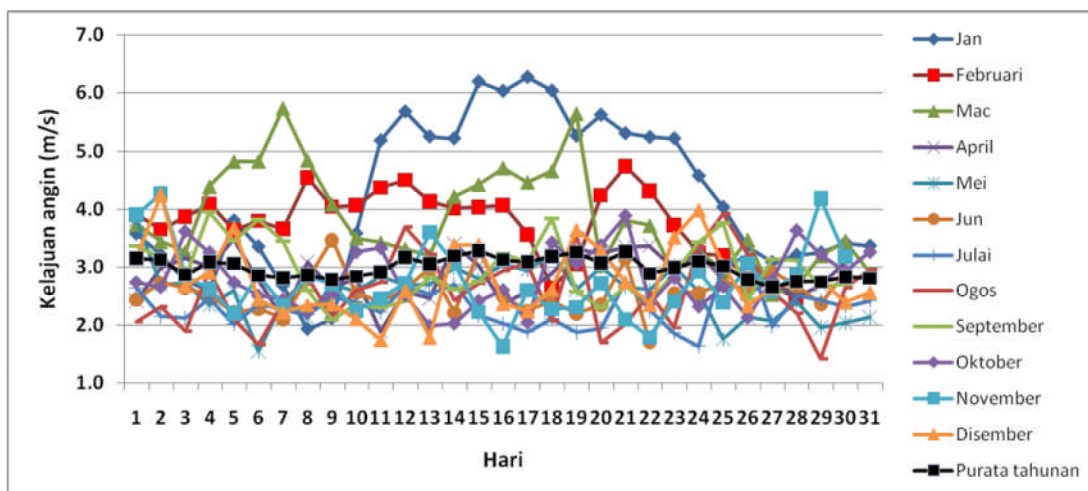
pada bulan Januari, iaitu pada 15, 16 dan 17 haribulan dengan kelajuan 6.2 km/jam, 6.0 km/jam dan 6.3 km/jam. Kelajuan angin yang lemah pula diterima pada bulan Mei (1.5 km/jam) dan Ogos (1.4 km/jam). Angin lemah bermula pada bulan April sehingga Ogos. Kelajuan angin ini juga di pengaruhi oleh kedudukan negeri Melaka itu sendiri yang berhampiran dengan Selat Melaka. Purata tahunan adalah lebih kurang 3 km/jam.



Rajah 5. Kepekatan O₃, NO₂ dan SO₂ bulanan pada tahun 2005



Rajah 6. Purata suhu bulanan bagi negeri Melaka pada tahun 2005



Rajah 7. Kelajuan angin harian pada setiap bulan bagi tahun 2005

Analisis regresi dilakukan bagi tiga kategori iaitu analisis regresi sepanjang tahun 2005 iaitu dari bulan Januari hingga Disember, musim monsun timur laut (MTL) yang dipecahkan kepada dua bahagian iaitu MTL ketika musim kering iaitu dari bulan Januari hingga Mac dan MTL ketika musim lembap atau basah bermula dari bulan Oktober hingga Disember.

Hasil kaedah regresi multivariat bagi kepekatan PM10 dengan hujan dan kelajuan angin di Bukit Rambai, Melaka pada tahun 2005 dari bulan Januari hingga Disember ditunjukkan pada jadual 5. Nilai R² sebanyak 0.041 bermakna hujan dan kelajuan angin berupaya mempengaruhi kepekatan PM10 sebanyak 4.13 peratus. Persamaan model regresi multivariat yang terhasil bagi kawasan Bukit Rambai, Melaka bagi tempoh setahun adalah $Y = 63.6188 + 0.0512 \text{ angin} + 6.5588 \text{ hujan}$. Sewaktu berlakunya monsun timur laut, nilai kepekatan PM10 adalah tinggi yang mungkin disebabkan oleh pengaruh setempat sebagai kawasan perindustrian.

Jadual 5. Hasil regresi multivariat untuk Bukit Rambai, Melaka

Statistik	Januari-Disember	Januari-Mac	Oktober-Disember
Multiple R	0.203	0.042	0.096
R Square	0.041	0.001	0.009
Adjusted R Square	0.036	-0.021	-0.013
Standard Error	26.879	32.494	13.582

Analisis regresi multivariat ini dibuat dalam tempoh tiga bulan di mana MTL bagi musim kering ini terdiri daripada bulan Januari ke Mac. Analisis menunjukkan terdapatnya perubahan bagi kedua-dua pembolehubah bebas iaitu hujan dan kelajuan angin sebanyak hanya 0.18 %. Berdasarkan hasil ini, terdapat hubungan kuat antara kelajuan angin dan PM₁₀ dengan pekalinnya ialah -0.944 dimana bila kelajuan angin berkurangan dan lemah meningkatlah kepekatan PM₁₀. Bagi pembolehubah bebas hujan pula menunjukkan nilai pekali positif dan lemah iaitu 0.101. Persamaan regresi multivariat bagi kawasan Bukit Rambai, Melaka sewaktu monsun timur laut musim kering adalah $Y = 106.6155 + 0.1014 \text{ angin} - 0.9438 \text{ hujan}$.

Bagi MTL musim lembap dari Oktober ke Disember. Nilai R² adalah 0.0092, iaitu hujan dan kelajuan angin berupaya mempengaruhi kepekatan PM10 sebanyak 0.92 %. Analisis MTL musim lembap ini adalah sama dengan MTL musim kering untuk kelajuan angin. Persamaan regresi multivariat bagi kawasan Bukit Rambai, Melaka di antara bulan Oktober hingga Disember adalah $Y = 71.2811 + 0.0419 \text{ angin} - 1.9214 \text{ hujan}$.

Jadual 6. Hasil analisis korelasi

Tempoh masa	Nilai pekali korelasi	
	Hujan	Angin
Tahunan	-0.025	0.202
Monsun timur laut	-0.060	0.302
Monsun barat daya	0.083	-0.082
Monsun timur laut (kering)	0.031	-0.034
Monsun timur laut (lembap)	0.049	-0.089

Bagi analisis korelasi pula, secara keseluruhannya, hubungan hujan dengan PM10 adalah songsang bagi tempoh tahunan dan sewaktu MTL dengan nilai pekali korelasinya adalah negatif iaitu -0.025 dan -0.060. Manakala PM10 berhubungan secara langsung pula dengan hujan sewaktu monsun barat daya (MBD), MTL musim kering dan MTL musim lembap dengan nilai pekali korelasinya adalah positif pada 0.083, 0.031 dan 0.049. Bagi kelajuan angin pula menunjukkan hubungan yang langsung dengan PM10 di mana nilai pekalinnya adalah positif bagi analisis tahunan (0.202) dan MTL (0.302) dan hubungan yang songsang pula di antara PM10 dengan kelajuan angin sewaktu MBD, MTL musim kering dan MTL musim lembap dengan nilai pekali korelasinya adalah negatif. Sewaktu MTL, hujan berhubungan songsang dengan PM10 manakala sewaktu MBD, hujan berhubungan secara langsung dengan PM10. Ini kerana MTL adalah lebih kering daripada MBD dan apabila hujan berkurangan PM10 akan meningkat.

Kesimpulan

Kajian pencemaran udara di Bukit Rambai ini mendapati sememangnya wujud pencemaran di kawasan kajian ini tambahan pula kedudukan negeri Melaka yang berhampiran dengan Selat Melaka yang mempengaruhi kelajuan angin dan pergerakan bahan pencemar di udara dari kawasan luar. Bulan Februari merupakan bulan yang mencatatkan nilai kepekatan yang tertinggi bagi semua bahan pencemar udara kecuali bagi NO₂ dan CO. Keadaan cuaca pada bulan ini juga mempengaruhi di mana purata suhu bulanannya adalah yang tertinggi di antara bulan-bulan yang lain pada tahun 2005 iaitu 28.7 °C akibat daripada penerimaan sinaran matahari yang juga tinggi pada bulan ini iaitu 20.29 MJm⁻². Kelajuan anginnya pula adalah 3.8 km/jam dan jumlah hujan bulanannya yang rendah iaitu 58.6 mm.

Secara keseluruhannya, kajian ini telah mengenalpasti hubungan di antara bahan pencemar udara dengan parameter cuaca melalui analisis yang telah dilakukan iaitu analisis regresi dan korelasi. Kesemua bahan pencemar udara dan parameter cuaca ini sangat mempengaruhi dan saling berkaitan antara satu sama lain. Peningkatan bagi sesuatu parameter cuaca itu akan menyebabkan peningkatan bagi bahan pencemar udara. Berdasarkan analisis ini, hubungan di antara bahan pencemar udara dengan parameter cuaca dapat menjelaskan perhubungannya sama ada secara langsung mahu pun secara songsang. Di dapati sewaktu MTL pada 2005, hubungan antara PM₁₀ adalah songsang dengan hujan manakala pada MTL pula menunjukkan hubungan yang songsang dengan kelajuan angin. Hubungan yang songsang menjelaskan apabila kelajuan angin di kawasan kajian rendah maka kepekatan PM₁₀ akan menjadi tinggi seperti yang berlaku pada bulan Februari dan Julai 2005. Memandangkan kajian ini hanya dilakukan di kawasan Bukit Rambai sahaja, maka masalah jerebu yang berlaku sekitar bulan Ogos pada tahun 2005 mendapati kawasan Bukit Rambai berada pada tahap kualiti udara yang sederhana.

Rujukan

- Data Asas Melaka (2007) [Cited 6 October 2008]. Available from : http://www.melaka.gov.my/userfiles/file/Data%20Asas%202007/31.pdf?PHPSESSID=nhhjg_hirvmrzc.
- Draf Rancangan Tempatan Daerah Melaka Tengah 2015. Jabatan Perancang, Majlis Bandaraya Melaka Bersejarah (CD-ROM).
- Mahmud M (2008) *Scientific report on the haze event in Peninsular Malaysia in August 2005: Main contributors of haze*, pp. 158. Department of Environment, Ministry of Natural Resources and Environment Malaysia.
- Mahmud M (2009a) Mesoscale equatorial wind predictions in Southeast Asia during a haze episode of 2005. *Geofizika* **26**, 67-84.
- Mahmud M (2009b) *Simulation of equatorial wind field patterns with TAPM during the 1997 haze episode in Peninsular Malaysia*. *Singapore Journal of Tropical Geography* **30**, 312-326.
- Maklumat Daerah Melaka Tengah [Cited 28 August 2008]. Available from : http://jps.melaka.gov.my/Daerah/melaka%20tengah/luas_kawasan.htm.
- New Straits Times (2005) More people facing respiratory problems. August 12.
- Perbadanan Kemajuan Negeri Melaka & Invest [Cited 6 October 2008]. Available from : http://www.melaka.gov.my/userfiles/file/Data%20Asas%202007/41.pdf?PHPSESSID=nhhjg_hirvmrzc.