

## **KEBAKARAN HUTAN DAN ISU PENCEMARAN UDARA DI MALAYSIA: KES JEREBU PADA OGOS 2005**

*Shaharuddin Ahmad*

*Noorazuan Md Hashim*

*Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran  
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, UKM Bangi*

### **Abstrak**

Pencemaran udara di Malaysia khususnya episod jerebu mempunyai pertalian kuat dengan kehadiran titik panas yang dicerap daripada imej satelit Pulau Sumatra, Indonesia. Kajian lepas telah menunjukkan kehadiran musim kering yang berpanjangan kesan daripada fenomena *El-Niño* dan amalan pembakaran terbuka di kawasan pertanian yang luas di Sumatra menjadi faktor penyebab dan penggalak episod jerebu di Malaysia. Makalah ini cuba menganalisis bencana jerebu terhadap manusia dan alam sekitar di Malaysia dengan memberi tumpuan kepada episod jerebu bulan Ogos 2005. Dengan menggunakan kaedah pemetaan kontur GIS, taburan kepekatan jerebu atau pmakalah ampaian yang bersaiz kurang daripada 10 mikron ( $PM_{10}$ ) diplotkan bagi kawasan Semenanjung Malaysia. Analisis data satelit NOAA-14 dari bulan Jun hingga Ogos 2005 menunjukkan bilangan titik panas yang mewakili kawasan litupan hijau yang terbakar di Sumatra Timur berjumlah lebih daripada 250 lokasi. Pergerakan angin barat daya yang lemah telah memburukkan keadaan jerebu di Pantai Barat Semenanjung Malaysia. Dapatan awal ini menunjukkan terdapat tren perubahan kepekatan pencemar akibat daripada perubahan arah dan kelajuan angin lazim barat daya semasa episod berkenaan. Diharapkan kajian ini dapat menyediakan asas maklumat pemodelan episod jerebu pada masa akan datang terutamanya kesan jerebu terhadap sektor ekonomi utama Malaysia.

*Kata kunci: pencemaran udara, titik panas, Indek Pencemaran Udara, jerebu, aplikasi GIS*

### **Abstract**

Air pollution in Malaysia, particularly the haze episode, has a strong relationship with the existence of hot spots observed from satellite image of Sumatra Island, Indonesia. Previous studies have shown that longer periods of dry spell due to El-Niño phenomenon and the open burning practices of the agriculture areas of Sumatra triggered the haze episode in Malaysia. This article attempts to analyse the haze hazard on human and natural environments in Malaysia by focusing on the haze episode of August 2005. Using the GIS contour technique, the distribution of haze concentration or suspended particulate of the size smaller than 10 microns ( $PM_{10}$ ) was plotted for Peninsular Malaysia. Analysis of satellite data NOAA-14 from June to August 2005 showed that there were more than 250 hot spots within the burning green coverage areas in East Sumatra. The haze episode on the west coast of Peninsular Malaysia worsened with the weak south-west wind. This preliminary result shows that there is a variation in air pollution concentration trends due to changes in the direction and speed of south-west prevailing wind during the haze episode. It is hoped that this study will provide the basic information for haze episode modelling in future, especially the impact of haze on primary economy sectors of Malaysia.

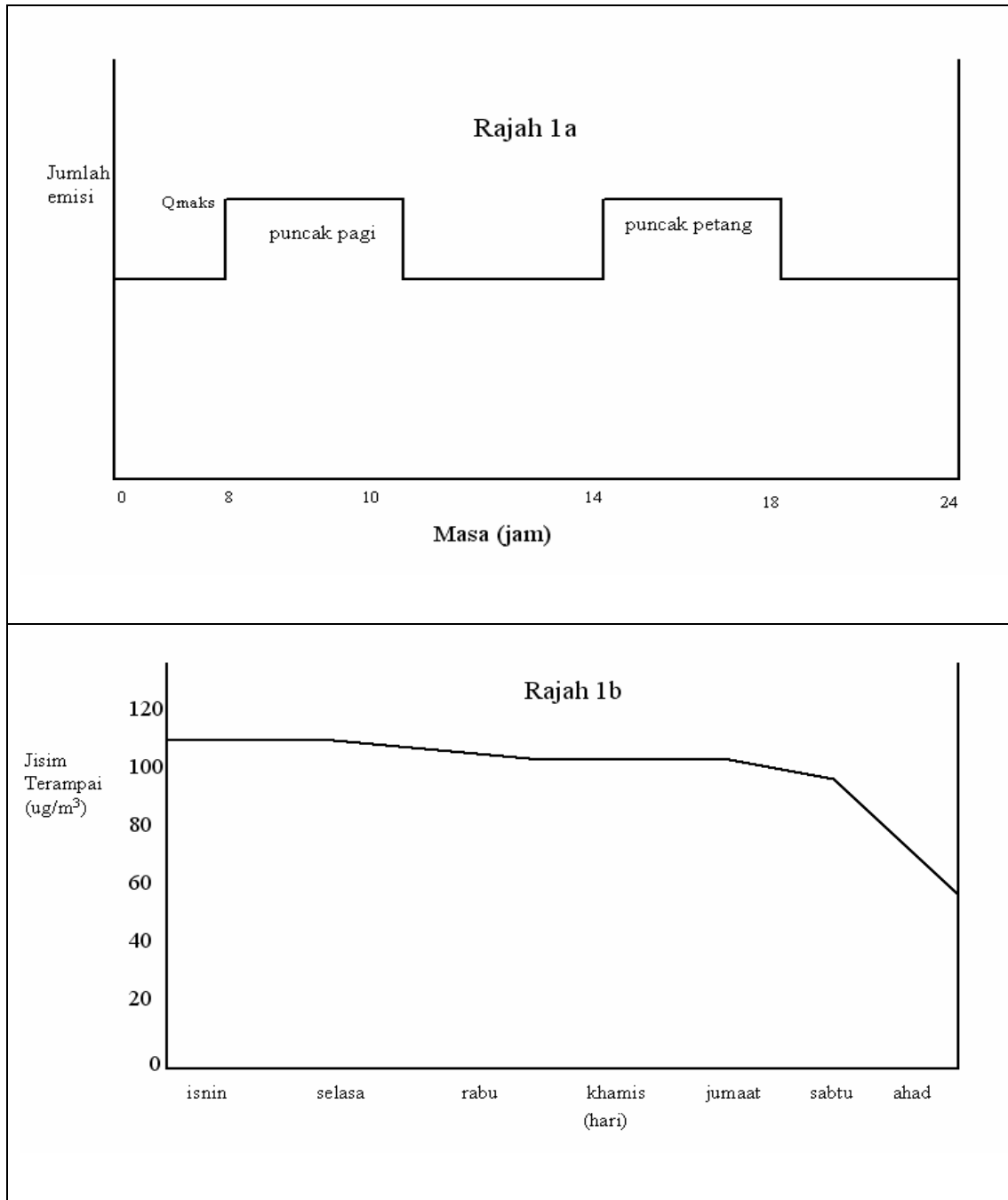
*Keywords: Air pollution, hot spot, Air Pollution Index, Haze, GIS Application*

## PENDAHULUAN

Pelepasan sisa pembakaran ke udara dalam kadar yang tinggi boleh menyebabkan proses sebaran atau serakan udara tidak berupaya mencampur dan mengangkut bahan pencemar secara efektif. Akibatnya, wujud fenomena pencemaran udara seperti jerebu di wilayah berkenaan. Bahan pencemar yang meningkat kepekataannya akibat kelemahan proses serakan udara boleh memberi impak negatif khususnya kepada kesihatan manusia (Williamson 1973) dan juga kesihatan ekosistem fizikal (Sham 1980).

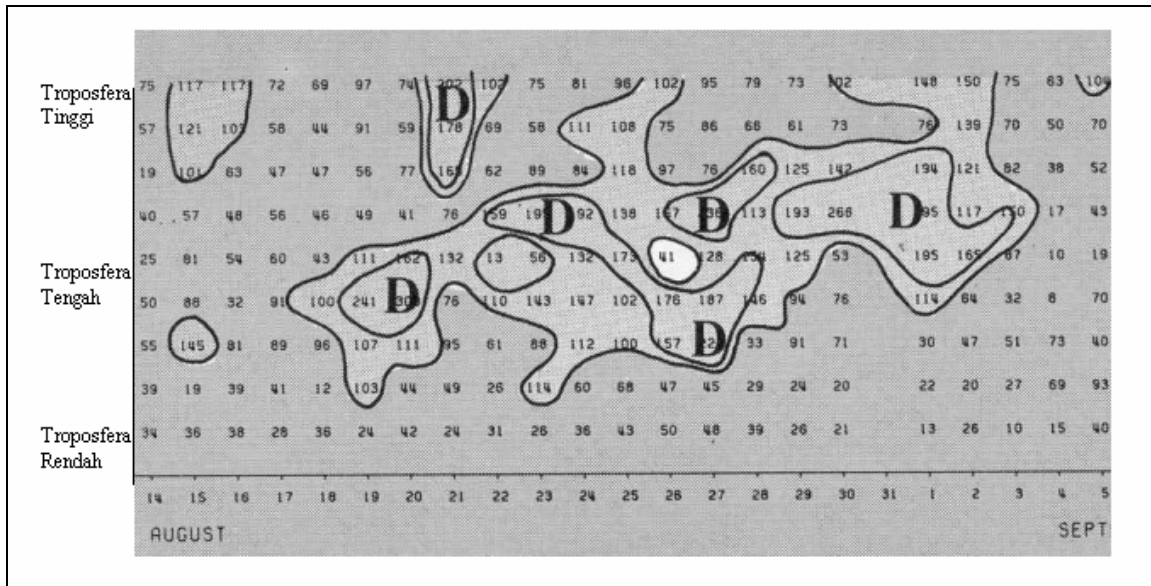
Umumnya, punca pencemaran udara di sesuatu kawasan boleh dikaitkan dengan dua sumber iaitu sumber tempatan dan sumber luaran. Sumber tempatan yang paling ketara termasuklah kenderaan bermotor, tapak pelupusan sampah, kilang industri dan juga tapak pertanian (JAS 1989). Sumber luaran pula bermaksud pergerakan sumber pencemar yang merentas sempadan negara Malaysia dan membentuk episod jerebu yang dahsyat terutamanya di kawasan berdekatan pinggir pantai dan tanah rendah. Episod jerebu merentas sempadan ini boleh dikatakan telah menjadi satu 'fenomena tahunan' di Malaysia khasnya di bulan-bulan kering.

Selain itu, perubahan kadar kepekatan bahan pencemar banyak juga bergantung kepada faktor tempatan seperti aktiviti penggunaan kenderaan bermotor (Rajah 1a). Secara teorinya, pada waktu pagi dan waktu petang didapati kenderaan bermotor menjadi punca utama peningkatan bahan pencemar di atmosfera peringkat rendah di kawasan bandar. Di samping itu, hari-hari kerja iaitu Isnin hingga Jumaat banyak menghasilkan bahan pencemar udara berbanding dengan hari-hari Sabtu dan Ahad (Rajah 1b). Fakta ini terbukti benar hasil kajian yang telah dilakukan di kawasan Kuala Lumpur-Petaling Jaya (Sham & Shahrudin 1976) dan di sekitar Kuala Lumpur (Noorazuan 1992).



Rajah 1. Perubahan kepekatan pencemar (jisim terampai): Rajah 1a: secara teori, peningkatannya berdasarkan kepada masa puncak pengeluaran emisi dan Rajah 1b: kepekatan sebenar yang diukur di lapangan di Kuala Lumpur-Petaling Jaya pada bulan Mei 1983 (Noorazuan 1992).

Faktor meteorologi seperti keadaan lapisan troposfera yang kering, terutamanya lapisan troposfera rendah dan tengah juga boleh mengakibatkan keadaan udara memerangkap lebih banyak bahan pencemar (Rajah 2). Jangka masa antara 18 Ogos hingga 3 September pada tahun 1990 memperlihatkan keadaan troposfera yang kering dan dengan itu boleh menjadi faktor pencetus utama peningkatan kepekatan jisim terampai sehingga melebihi tahap bahaya iaitu melebihi kadar  $500 \text{ mg/m}^3$ .



Rajah 2. Keadaan 'kering' yang diwakili oleh huruf D, di dalam kawasan Troposfera Rendah dan Tengah semasa episod jerebu pada Ogos 1990 (Sham et al. 1991).

Selain punca, peranan dan keupayaan pembolehubah meteorologi juga penting dalam menentukan kadar dan penyebaran bahan pencemar serta penghapusan episod jerebu di sesuatu kawasan. Peranan halaju angin, misalnya, boleh meningkatkan kadar kepekatan jisim terampai di udara apabila halaju angin rendah tetapi kepekatan jisim terampai menjadi rendah apabila kadar halaju angin menjadi tinggi (Sham & Shaharuddin 1976). Kesan halaju angin ini dapat dilihat dalam Jadual 1. Selain itu, didapati juga keadaan udara yang stabil akibat kelemahan angin permukaan boleh meningkatkan kadar kepekatan jisim terampai di atmosfera di Malaysia khususnya di Lembah Kelang (Sham 1980; 1984). Keadaan jerebu menjadi bertambah serius apabila berlakunya songsangan

suhu di atmosfera peringkat rendah (Lutgens et al. 1998) dan kadar kedalaman pencampuran (Sham 1979).

Jadual 1. Halaju angin dan kepekatan bahan terampai di Kuala Lumpur

Kelajuan angin ( $\text{ms}^{-1}$ )	Jumlah kes	Purata kepekatan ( $\text{mg m}^3$ )	Median kepekatan ( $\text{mg m}^3$ )
Bawah 1.0	8	0.59	0.50
1.1 – 2.0	22	0.71	0.70
2.1 – 3.0	20	0.76	0.80
3.1 ke atas	10	0.68	0.55

Sumber: Sham & Shahrudin (1976)

Kajian terdahulu turut mendapati peranan hujan yang penting dalam menghapus atau mengurangkan kadar jerebu di atmosfera bandar. Kajian yang telah dilakukan di Kuala Lumpur mendapati kadar jerebu atau kepekatan bahan terampai dalam atmosfera dapat dikurangkan antara 20 – 25 peratus pada hari-hari berhujan (Sham & Shahrudin 1976). Keadaan ini memberi implikasi bahawa pada bulan-bulan musim monsun barat daya yang dianggap musim kering boleh meningkatkan kadar kepekatan bahan terampai dalam atmosfera bandar berbanding dengan bulan-bulan musim timur laut yang tinggi kadar curahan hujannya.

Sejak penghujung kurun ke-20 hingga kini, wilayah Asia Tenggara sering dikaitkan dengan isu jerebu setiap kali bermulanya musim kering di dalam musim Monsun Barat Daya dan juga episod El-Nino. Sebagai contoh, semasa episod El-Nino 1997-98 yang lalu, sebahagian besar Asia Tenggara menerima kesan kemarau yang berpanjangan dan paling buruk sejak 50 tahun yang lalu. Hutan hujan tropika menjadi amat kering dan menjadi bertambah buruk apabila berlaku aktiviti penebangan dan pembakaran hutan sehingga menyebabkan kebakaran hutan yang sukar dikawal lagi. Didapati lebih daripada 5 juta hektar hutan terbakar di Kalimantan dan Sumatra hingga penyebaran jerebu meliputi sebahagian besar negara di Asia Tenggara. Kebakaran hutan tersebut telah menyebabkan kematian yang dianggarkan lebih daripada 1,000 orang dan

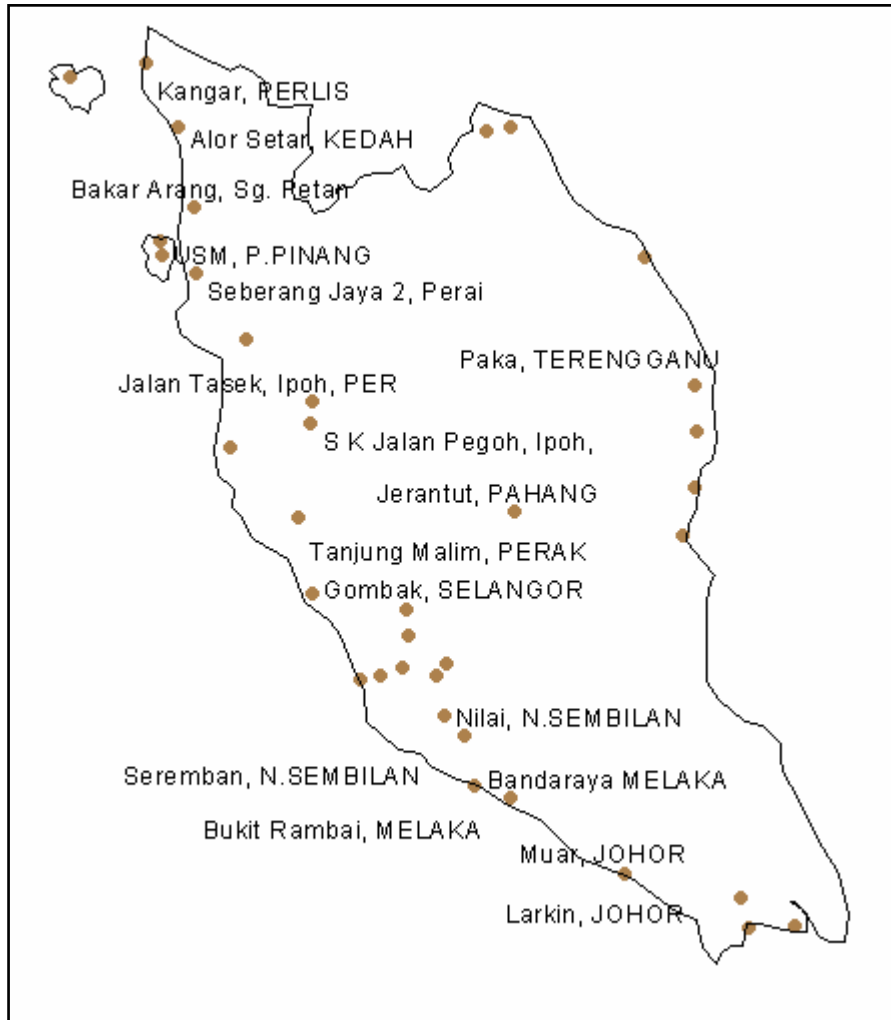
lebih daripada 40,000 orang terpaksa menerima rawatan di hospital akibat terhidu asap dan jerebu tebal (Smith 2001, 253).

Isu jerebu di Malaysia bukanlah baru, bahkan negara kita pernah mengalaminya sejak awal 1980-an Lagi. Jerebu pernah dicatatkan berlaku di Lembah Kelang khususnya di Petaling Jaya, Selangor pada September 1982, di samping episod lain iaitu pada 1991/92 (Noorazuan 1992). Peningkatan intensiti dan kekerapan berlakunya jerebu akibat kebakaran hutan akhir-akhir ini telah membimbangkan pihak kerajaan dan orang awam. Tambahan pula, penelitian data satelit NOAA-14 bagi bulan Jun hingga Ogos 2005 telah menunjukkan bahawa bilangan *hotspot* atau titik panas yang mewakili kawasan litupan hijau yang terbakar di Sumatra Timur melebihi 250 lokasi yang merujuk kepada satu kawasan kebakaran hutan yang sangat luas.

Justeru, makalah ini cuba menganalisis kejadian episod jerebu akibat kebakaran hutan pada bulan Ogos 2005 dan mengkaji peranan parameter meteorologi tempatan dalam menentukan keadaan jerebu tersebut. Di samping itu, makalah ini juga cuba mengenalpasti tahap bencana jerebu terhadap manusia dan alam sekitar di Malaysia. Perisian *ArcView GIS* digunakan bagi menghasilkan peta garis kontur yang mewakili nilai kepekatan yang berbeza menerusi ruang dan masa. Perbincangan juga akan meliputi aspek kemunculan dan keterhapusan episod jerebu dalam reruang perbandaran utama serta implikasi pengurusan kualiti udara di Semenanjung Malaysia.

### **Metodologi Kajian**

Kajian ini memberi fokus kepada kejadian jerebu yang dicituskan oleh faktor pembakaran hutan dan tapak pertanian di pulau Sumatra. Perincian utama akan dilakukan terhadap kes jerebu terkini iaitu pada bulan Ogos 2005. Maklumat sekunder bahan pencemar  $PM_{10}$  yang dianalisis diperolehi dari 37 buah stesen kualiti udara di Semenanjung Malaysia yang dibekalkan oleh pihak Jabatan Alam Sekitar (Rajah 3). Dengan menggunakan kaedah pemetaan kontur GIS, taburan kepekatan jerebu atau kandungan pmakalah ampaian yang bersaiz kurang dari 10 mikron ( $PM_{10}$ ) diplotkan bagi seluruh kawasan Semenanjung Malaysia.



Rajah 3: Taburan stesen kualiti udara di Semenanjung Malaysia

Kaedah pemetaan kontur GIS ini bertujuan membina garis senilai bagi bahan pencemar  $PM_{10}$  berdasarkan teknik interpolasi GIS. Menerusi aplikasi *Spatial Analyst*, garis senilai bahan pencemar diplot menggunakan interpolasi *Inverse Distance Weighted* atau *IDW* (ESRI 1995). Pemberat kejiranan 12 telah dipilih bagi mengenalpasti pembinaan garis senilai yang efektif. Kaedah interpolasi IDW dilihat berpotensi bagi menghasilkan garis senilai secara berkesan dan telah banyak digunakan termasuk penentuan garis senilai suhu permukaan, garis kontur kepekatan pencemar dan juga garis kontur topografi lembangan ( Li et al. 2004; Seidel 2003; Asmala & Noorazuan 2006; Shahrudin & Noorazuan 2005).

Maklumat-maklumat pencemaran tahap  $PM_{10}$  daripada keseluruhan stesen akan membentuk satu pangkalan data utama jadual atribut dalam perisian berkenaan. Interpolasi garis senilai  $PM_{10}$  akan dibentuk secara automatik di dalam perisian GIS dan disimpan ke dalam format *GIS-shapefiles*, berdasarkan kepada jangka masa yang berbeza, iaitu dari 10 Ogos hingga 15 Ogos 2005.

### Hasil Kajian dan Perbincangan

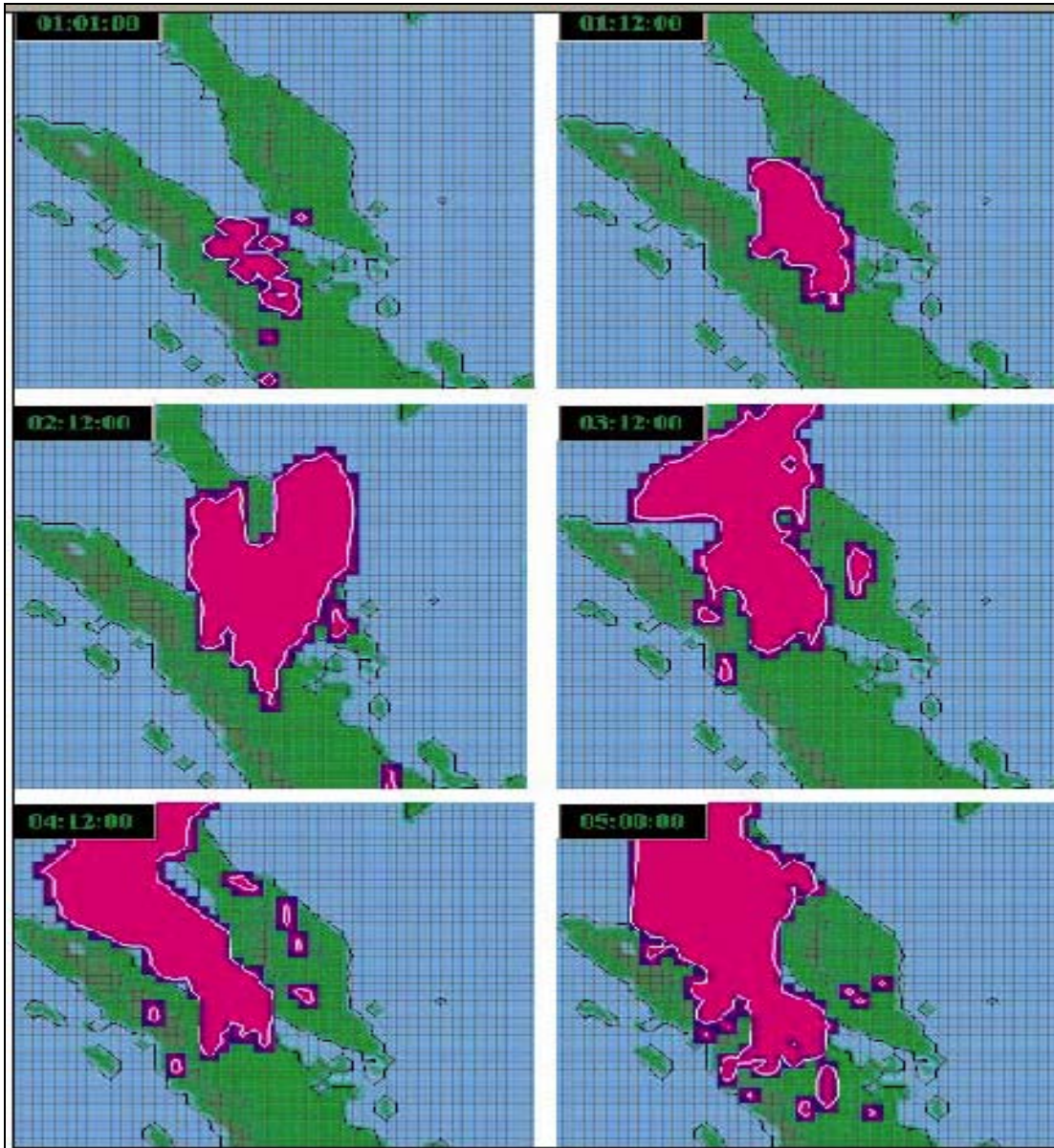
Jerebu merujuk kepada fenomena yang disebabkan oleh kehadiran partikel-partikel atau zarah-zarah halus yang terampai di atmosfera dalam kepekatan yang tinggi dan tidak boleh dilihat dengan mata kasar. Kepekatan yang ekstrim sering dikaitkan dengan keterbatasan dalam jarak penglihatan. Salah satu cara menunjukkan kepekatan bahan pencemar udara adalah menggunakan Indeks Pencemar Udara (IPU). Dengan menggunakan indeks ini, enam kategori kepekatan pencemaran udara diwujudkan bagi menentukan episod jerebu iaitu seperti berikut:

Kelas IPU	Kesan kesihatan
0 – 50	Baik
51 – 100	Sederhana
101 – 200	Tidak Sihat
201 – 300	Sangat Tidak Sihat
301 – 500	Berbahaya
501 ke atas	Boleh diisytihar darurat kerana berbahaya kepada kesihatan

Aktiviti pembakaran ladang pertanian dan hutan dikenalpasti sebagai punca jerebu di Indonesia-Malaysia, khususnya di kawasan Sumatera Utara dan Riau (Asmala et al. 2006). Di Pekan Baru, ribuan hektar tanah gambut terus dibakar sebagai persediaan untuk kerja-kerja menanam semula kelapa sawit. Apabila keadaan ini berterusan, beban pencemaran akan meningkat seterusnya merentasi sempadan dari kawasan kebakaran ke Semenanjung Malaysia di bawah pengaruh angin monsun barat daya yang lemah. Sebagai contoh, kajian pemodelan pencemaran udara yang telah dilakukan oleh pihak CSIRO, Australia (ECOS 2002) membuktikan bahawa pergerakan angin dari Sumatra,



khususnya dari kawasan yang terbakar telah membawa bersama bahan pencemar ke Semenanjung Malaysia (Rajah 4).



Rajah 4: Hasil kajian pemodelan pergerakan bahan pencemar dari Sumatra ke Semenanjung Malaysia semasa episod jerebu 1997 (ECOS 2002).

Sebanyak sepuluh syarikat asing yang disyaki terlibat dalam aktiviti pembakaran terbuka sehingga menyebabkan masalah jerebu, termasuklah lapan buah syarikat perladangan Malaysia dengan keluasan kira-kira 200 000 hektar (*Utusan Online* 15 Ogos

2005). Syarikat-syarikat itu dikenalpasti sedang melakukan pembakaran terbuka untuk membersihkan ladang dengan menggunakan kaedah mudah dan murah yang telah lama menjadi amalan syarikat-syarikat perladangan. Masalah jerebu telah diburukkan lagi dengan kehadiran fenomena El-Nino di selatan Asia, terutamanya pada tahun 1997-98.

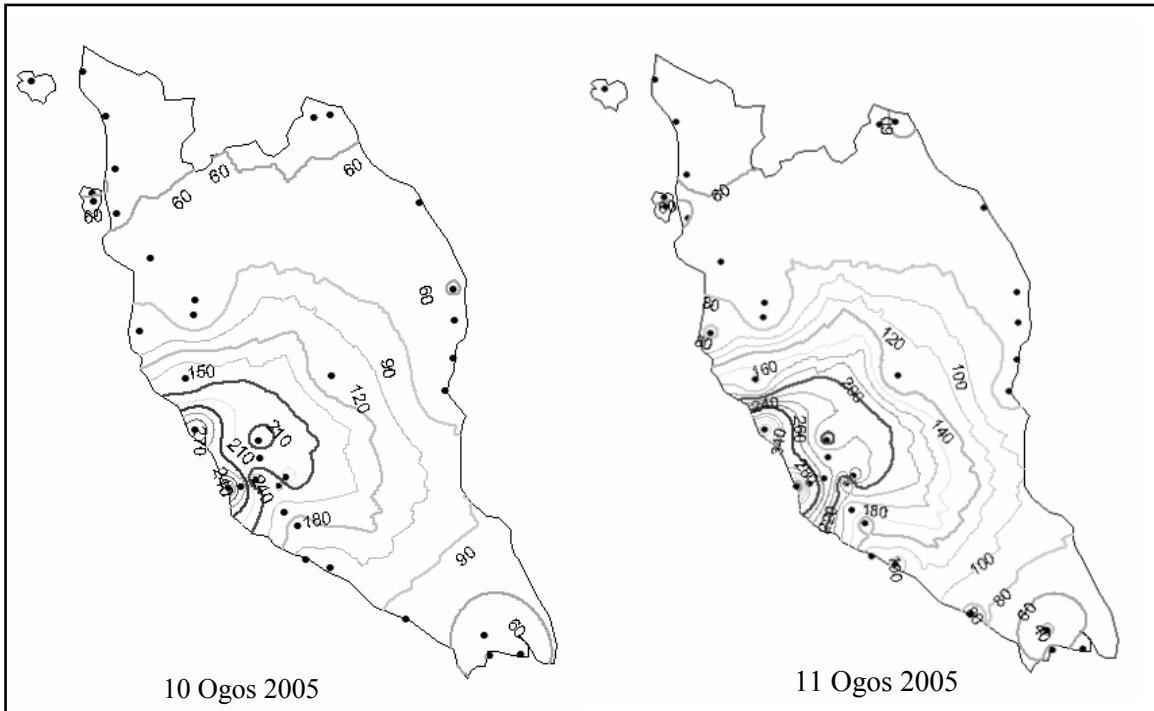
Episod jerebu dalam bulan Ogos 2005 telah mengakibatkan beberapa negeri di kawasan Pantai Barat Semenanjung Malaysia diisytiharkan darurat. Pada 10 Ogos 2005, bagi kawasan Pelabuhan Kelang, Selangor, kepekatan pencemaran udara telah mencapai nilai  $392 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada waktu pagi dan terus meningkat dan menjelang pukul 5.00 petang menjadi  $424 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nilai ini telah mencapai kategori merbahaya kepada individu-individu tertentu seperti kanak-kanak dan orang tua. Nilai bahan pencemar yang dicatatkan di beberapa buah stesen lain juga tinggi seperti di Kuala Lumpur ( $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Shah Alam ( $290 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan Seremban ( $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pada waktu pagi. Paras partikel terampai terus dicatatkan pada paras yang tinggi menjelang waktu petang di Kuala Lumpur ( $276 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Shah Alam ( $349 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan Seremban ( $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Keadaan jerebu di Lembah Kelang menjadi semakin serius apabila memasuki hari kedua (11 Ogos 2005), Pelabuhan Kelang telah mencatatkan nilai pencemaran udara  $529 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (11.00 pagi) iaitu paras yang merbahaya dan boleh diisytihar darurat kerana membahayakan kesihatan manusia (Rajah 5). Pada waktu petang nilainya sedikit menurun iaitu  $486 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tetapi masih lagi di tahap merbahaya. Shah Alam pula mengalami peningkatan iaitu daripada  $371 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (11.00 pagi) ke  $430 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (5.00 petang) yang juga mencecah paras merbahaya.

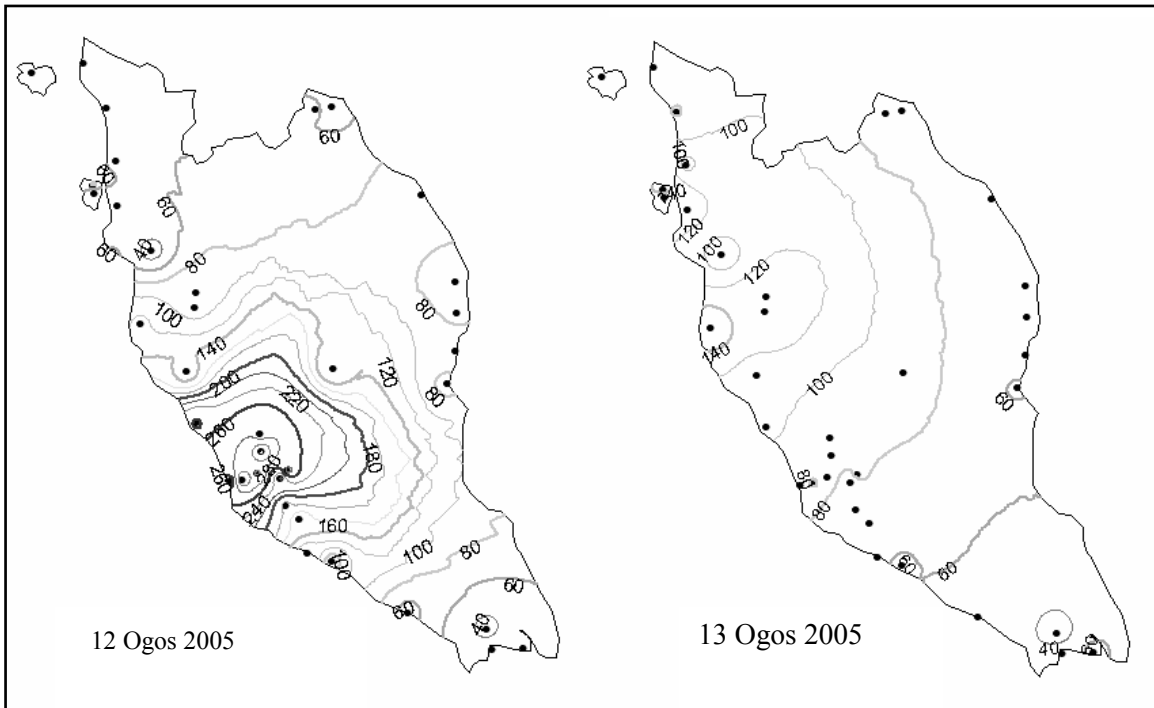
Kesemua bacaan paras partikel terampai di kawasan yang diselubungi jerebu di Lembah Kelang telah mencatatkan nilai yang melebihi standard yang ditetapkan oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) iaitu  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan juga standard Jabatan Alam Sekitar (JAS) iaitu  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , terutamanya ketika tahap kemuncak jerebu. Terdapat dua kawasan iaitu Johor Bahru dan Melaka yang mencatatkan paras partikel terampai tidak melebihi daripada  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (sederhana).

Apabila diamati Rajah-rajah 5 hingga 7, didapati penyebaran bahan pencemar  $\text{PM}_{10}$  begitu ketara tertumpu di sekitar pantai barat Semenanjung Malaysia khasnya di kawasan Lembah Klang. Keadaan ini berlaku bermula dari 10 Ogos dan berlarutan hinggalah ke 12 Ogos 2005. Untuk tiga hari berikutnya iaitu 13, 14 dan 15 Ogos 2005,

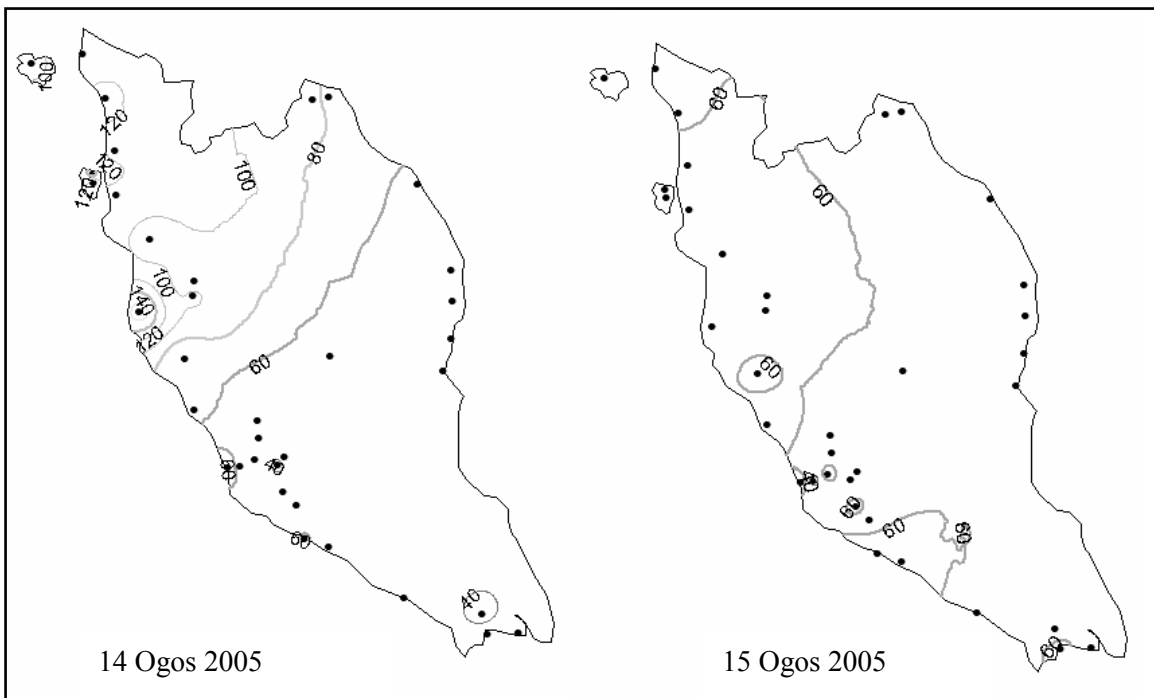
kepekatan  $PM_{10}$  mula tertumpu ke arah utara Semenanjung Malaysia. Sesungguhnya, pada 15 Ogos 2005 kepekatan  $PM_{10}$  mula berkurangan dan penumpuannya hanya terdapat bertaburan di pantai barat Semenanjung Malaysia dan amat kurang di sebelah pantai timur.



Rajah 5: Garis senilai  $PM_{10}$ , bagi purata harian pada tarikh 10 dan 11 Ogos 2005



Rajah 6: Garis senilai PM10, bagi purata harian pada tarikh 12 dan 13 Ogos 2005

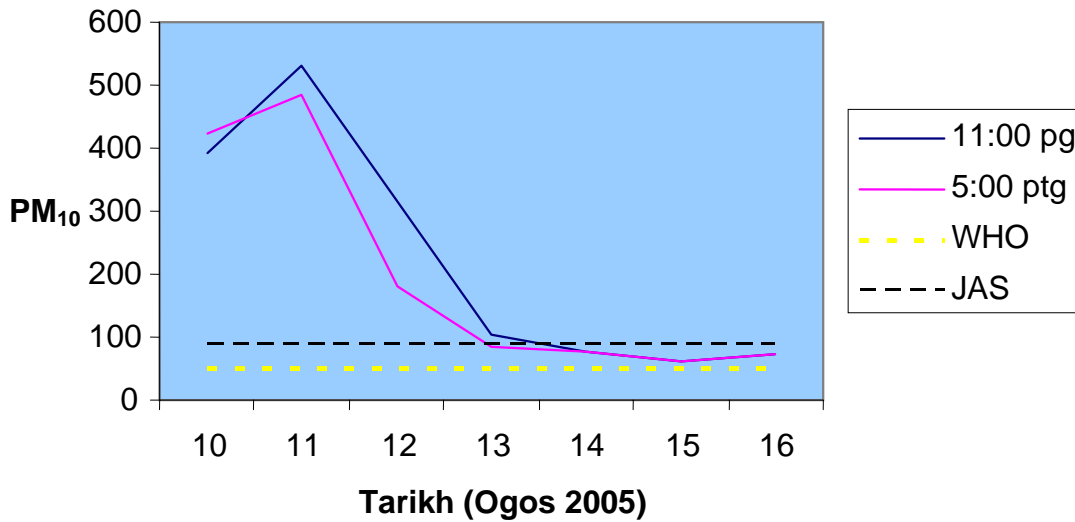


Rajah 7: Garis senilai PM10 bagi purata harian pada tarikh 14 dan 15 Ogos 2005

Bagi menunjukkan kesan pengaruh lokasi atau kedudukan bandar terhadap taburan kepekatan  $PM_{10}$  bulan Ogos 2005, dua buah bandar telah dipilih iaitu Pelabuhan Kelang yang mewakili lokasi pantai barat dan Kota Bharu bagi mewakili lokasi pantai timur Semenanjung Malaysia. Taburan kepekatan  $PM_{10}$  secara keratan rentas mengikut jam di dua lokasi berbeza iaitu di Pelabuhan Klang dan di Kota Bharu didapati begitu ketara perbezaannya (Rajah 8 dan 9). Pada awal bulan Ogos 2005 kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  ternyata begitu tinggi di sekitar Pelabuhan Klang hingga mencecah kadar melebihi  $500 \mu m/m^3$ , baik pada waktu pagi mahupun waktu petang. Bagaimanapun, di akhir tempoh kajian ini iaitu 13 hingga 16 Ogos 2005, kadar kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  berkurangan, malahan berada pada paras bawah daripada nilai kritikal yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia.

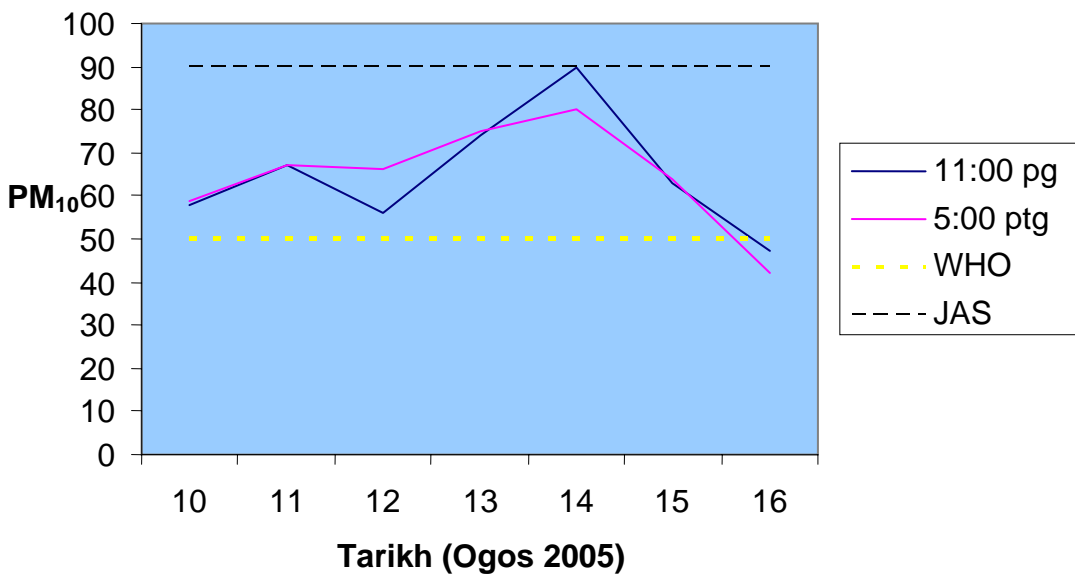
Trend kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  di kawasan Kota Bharu menunjukkan keadaan sebaliknya. Pada awal bulan Ogos 2005 kadar kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  agak rendah, tetapi terus meningkat mengikut hari dan pada tarikh 14 hingga 16 Ogos 2005 mencecah kadar antara  $50 - 90 \mu m/m^3$ . Keadaan ini boleh dikaitkan dengan pola taburan angin atmosfera peringkat rendah yang berlaku pada tempoh kajian ini (Rajah 10). Di samping itu, dipercayai adanya kesan daripada orientasi Banjaran Titiwangsa yang merentasi di tengah-tengah Semenanjung Malaysia dari utara hingga ke selatan. Pergerakan tiupan angin monsun barat daya ketika ini hampir membentuk sudut tepat kepada orientasi Semenanjung Malaysia (timur-barat). Justeru, bahan pencemar  $PM_{10}$  yang berpunca daripada titik-titik panas di Sumatra (lihat Rajah 11) dibawa oleh tiupan angin monsun barat daya ke Semenanjung Malaysia terutamanya ke kawasan pantai barat sekitar Lembah Klang. Bagaimanapun, oleh kerana adanya halangan Banjaran Titiwangsa, pola taburan bahan pencemar  $PM_{10}$  tidak atau kurang sampai ke bahagian pantai timur Semenanjung Malaysia.

### Pelabuhan Kelang, Selangor



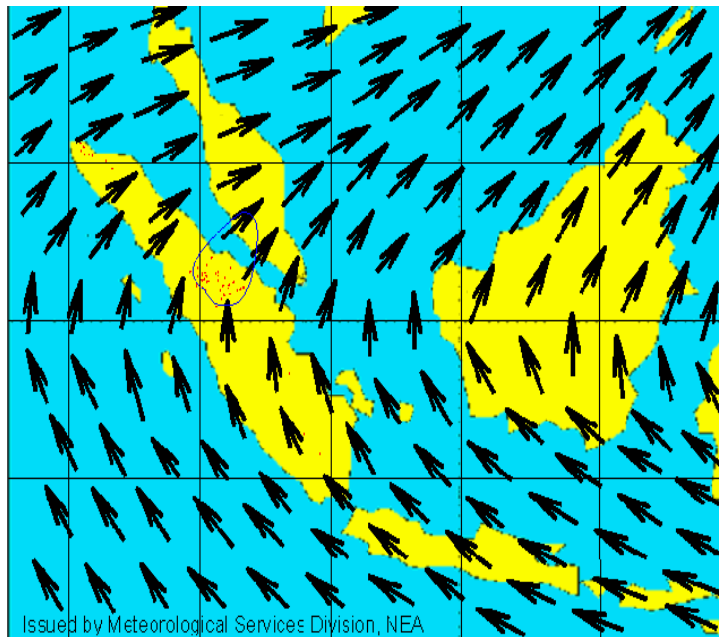
Rajah 8: Perubahan (pagi dan petang) bahan pencemar dalam episod jerebu Ogos 2005 di Pelabuhan Kelang

### Kota Bharu, Kelantan

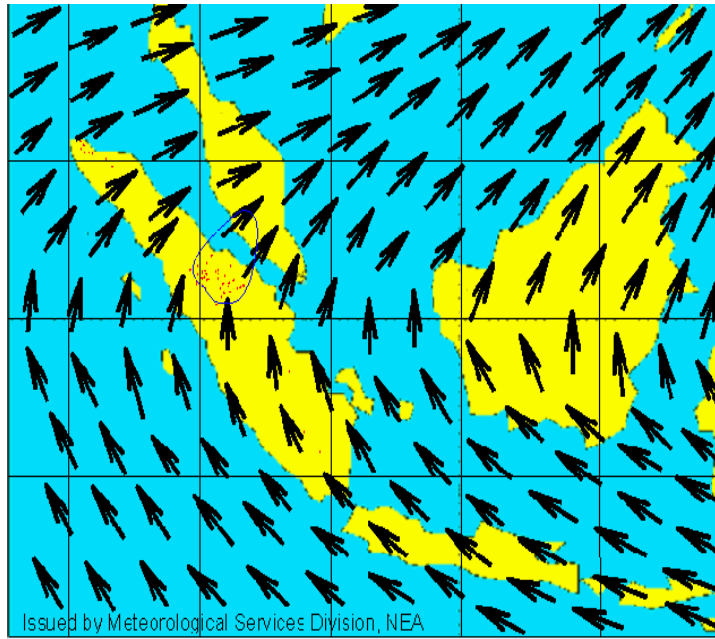


Rajah 9: Perubahan (pagi dan petang) bahan pencemar dalam episod jerebu Ogos 2005 di Kota Bharu

Sekiranya diamati rajah tiupan angin monsun barat daya di atmosfera peringkat rendah pada akhir tempoh kajian ini, didapati arah pergerakannya agak berubah iaitu menuju ke bahagian sebelah utara Semenanjung Malaysia. Oleh itu, taburan bahan pencemar  $PM_{10}$  mula tertumpu ke sebelah utara Semenanjung Malaysia seperti di sekitar kawasan Kota Bharu. Pengaruh faktor meteorologi ini penting dalam proses menyebarkan dan juga menghapuskan kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  sebagaimana dibuktikan oleh kajian oleh Sham et al. (1991) ke atas pola taburan kejadian jerebu bulan Ogos 1990 di sekitar kawasan Lembah Klang.



**10 Ogos 2005**



**15 Ogos 2005**

Rajah 10. Pergerakan angin di atmosfera peringkat rendah semasa jerebu  
 (Sumber: Makmal NOAA, UKM)

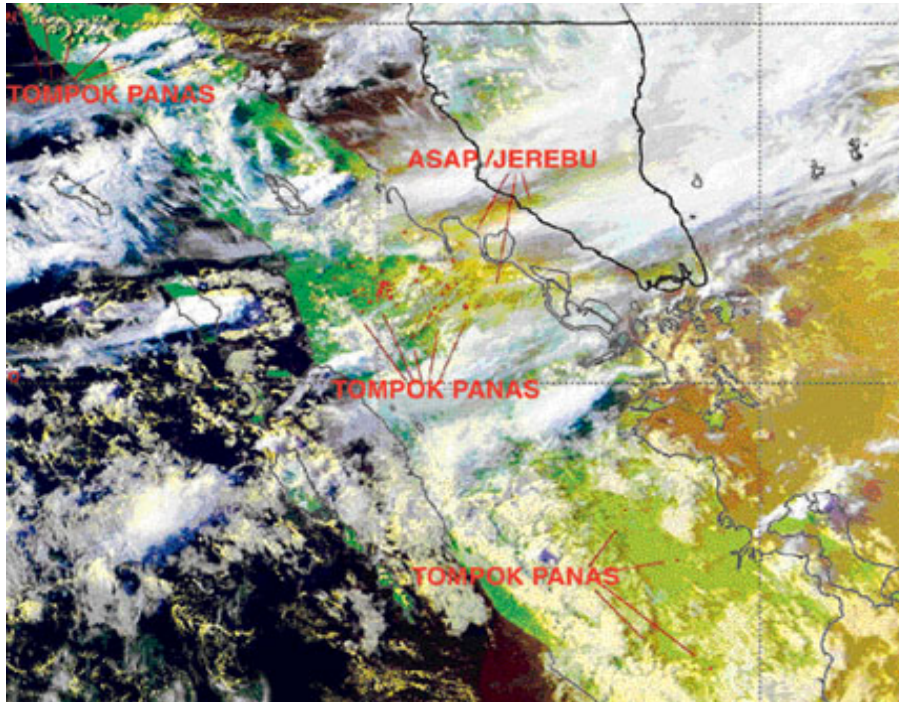
Perubahan jumlah tompok-tompok panas berdasarkan cerapan dari imej satelit NOAA-14 (Jadual 2) jelas membuktikan punca bahan pencemar kebanyakannya di kawasan utara dan timur Sumatra. Kebakaran besar-besaran akibat aktiviti pertanian di wilayah Kampar, Pelalawaan, Indragiri Hulu, dan Bengkalis serta kebakaran hutan tanah gambut di Rokan Hulu dan Rokan Hilir telah dirujuk sebagai punca utama emisi PM<sub>10</sub> yang memasuki ruang atmosfera Malaysia (Shaharuddin & Noorazuan 2005).

Jadual 2: Jumlah tompok panas di Sumatra, Ogos 2005

<b>Tarikh</b>	<b>Jumlah tompok panas</b>
10 Ogos 2005	542
11 Ogos 2005	11
12 Ogos 2005	92
13 Ogos 2005	0
14 Ogos 2005	0
15 Ogos 2005	0

Sumber: Makmal NOAA, UKM





Rajah 11. Lokasi tompok panas semasa episod jerebu 2005  
(Sumber: Makmal NOAA, UKM)

Selain itu, terdapat juga faktor tempatan lain yang menyumbang kepada peningkatan bahan pencemar  $PM_{10}$  di atmosfera Semenanjung Malaysia pada tarikh-tarikh kajian ini. Antara faktor tempatan yang dikenalpasti termasuklah bahan pencemar daripada kenderaan bermotor, kesan morfologi bandar dan pembakaran terbuka (Sham et al. 1991). Faktor-faktor ini amat jelas kesannya di kawasan bandar terutama di sekitar Lembah Klang, Johor Bahru dan juga di Pulau Pinang (Georgetown).

Kadar kelembapan bandingan semasa kadar kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  yang tinggi dalam bulan Ogos 2005 adalah relatifnya rendah berbanding dengan keadaan sebelum dan selepas episod jerebu yang melanda Semenanjung Malaysia. Situasi ini pernah dibuktikan dalam kajian oleh Sham et al. (1991). Oleh itu, sifat kelembapan bandingan sedemikian ini terus menjadi penggalak kepada tingginya kadar kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  di Semenanjung Malaysia pada tarikh-tarikh bulan Ogos 2005 tersebut.

## Kesimpulan

Kajian ini membuktikan bahawa peristiwa kebakaran yang berlaku di kawasan Sumatra dalam bulan Ogos 2005 menjadi punca utama meningkatnya kadar kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  di seluruh Semenanjung Malaysia khususnya di sekitar Lembah Klang. Dalam tempoh seminggu iaitu dari 10 hingga 16 Ogos 2005, pola taburan kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  mengikut kawasan berubah sejajar dengan perubahan jumlah titik-titik panas di Sumatra dan juga berubah mengikut hari. Kepekatan bahan pencemar  $PM_{10}$  begitu tinggi pada awal Ogos 2005 di sekitar pantai Barat Semenanjung Malaysia. Bagaimanapun, keadaan berubah apabila pengaruh angin monsun barat daya bertindak memindahkan bahan-bahan pencemaran ke kawasan utara pantai timur Semenanjung Malaysia di pertengahan bulan Ogos 2005. Dengan itu, secara keseluruhannya dapat dikatakan bahawa pola taburan  $PM_{10}$  banyak bergantung kepada pola tiupan angin barat daya atmosfera peringkat rendah dan juga kadar kelembapan bandingan pada tempoh sebelum, semasa dan selepas kejadian jerebu.

Dengan keadaan bulan Ogos 2005 yang kering, dipercayai faktor tempatan seperti pembakaran terbuka, pencemaran daripada kereta bermotor di sekitar Lembah Kelang khususnya telah menyumbang kepada peningkatan kepekatan pencemar  $PM_{10}$  yang amat ketara.

Selain itu, didapati juga peranan kawasan tanah tinggi seperti Banjaran Titiwangsa yang menjadi tulang belakang Semenanjung Malaysia mampu menghalang penyebaran meluas bahan pencemar  $PM_{10}$  ke kawasan pantai timur Semenanjung Malaysia. Secara keseluruhannya, boleh dikatakan bahawa keadaan cuaca kering dalam bulan Julai, Ogos dan September menjadi faktor yang amat penting dalam penyebaran dan kepekatan kadar bahan pencemar  $PM_{10}$  di seluruh Semenanjung Malaysia.

## Rujukan

- Asmala Ahmad & Noorazuan Hashim. 2006. "Remote sensing of land surface temperature using Landsat TM Thermal Infrared Band". Proceedings of The Asia GIS 2006 International Conference, UTM Johor, Malaysia. 9-10 March.
- Asmala Ahmad, Mazlan Hashim, Noorazuan Hashim, Mohamad Nizam Ayof & Agus Setyo Budi. 2006. "Satellite-based method for computing Air Pollution Index".

- Proceedings of The National Seminar on Science and Its Applications in Industry (SSASI 2006), Malacca, Malaysia, 14<sup>th</sup> – 15<sup>th</sup> February. Section 2: 1.
- ECOS. 2002. Looking into Malaysia's haze. *Ecos Magazine 110*. CSIRO. Jan-March: 5.
- ESRI. 1995. *Arcview GIS. The Geographic Information System for everyone*. California: Environmental Systems Research Institute.
- Jabatan Alam Sekitar. 1989. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling Tahun 1988*. Kuala Lumpur: Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar.
- Li, F. Jackson, T. J. Kustas, W. P. Schmugge, J. French, M.H. Cosh & R. Bindlish. 2004. Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 92: 521-534.
- Lutgens, F.K. & E.J. Tarbuck. 1998. *The atmosphere: An introduction to meteorology*. Edisi Ke-7. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc. Bab 13.
- Makmal NOAA. *Imej Ogos 2005. GOES dan NOAA*. UKM Bangi: Makmal Satelit Cuaca (dalam CD).
- Noorazuan Hashim. 1992. Suatu kajian mengenai pencemaran udara. Dari aspek pengaruh meteorologi ke atas kemunculan episod pencemaran di Lembah Kelang. Tesis B.Sc (Geografi). Universiti Malaya. Tidak diterbitkan.
- Seidel, C. 2003. Mapping and analysis of seafloor characteristics using ArcView. Paper presented at ESRI User Conference. (atas talian).  
[gis.esri.com/library/userconf/proc03/p0420.pdf](http://gis.esri.com/library/userconf/proc03/p0420.pdf)
- Shaharuddin Ahmad & Noorazuan M.H. 2005. Hot spot di Sumatra & Jerebu di Malaysia: Analisis perubahan kepekatan pencemar PM10 semasa episod jerebu Ogos 2005. Prosiding Seminar Bersama UKM-Universiti Indonesia SEBUMI 05. 15-16 Disember [Bentuk CD].
- Sham Sani & Shaharuddin Ahmad. 1976. A note of preliminary study of respirable dust particulate air pollution in Kuala Lumpur, Peninsular Malaysia. *Malayan Nature Journal*. Vol. 29(3): 159-164.
- Sham Sani. 1979. Mixing depth, wind speed and air pollution potential in the Kuala Lumpur-Petaling Jaya area, Malaysia. *Malayan Nature Journal*. Vol. 32(2): 233-245.
- Sham Sani. 1980. The climate of K.L and P.J. A study of the impact of urbanization on local climate within humid tropics. UKM Press.
- Sham Sani. 1984. Suspended particulate air pollution over PJ during the September 1982 haze. *Ilmu Alam*. Bil. 12: 83-90.
- Sham Sani, C.B. Khean, L.C. Peng, & L.S. Fook. 1991. *The August 1990 haze in Malaysia with special reference to the Klang Valley region*. Petaling Jaya: Malaysian Meteorological Service.
- Smith, K. 2001. *Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster*. Edisi Ke-3. London: Routledge.
- Utusan Online*. 15 Ogos 2005. 8 syarikat kita terbabit melakukan pembakaran terbuka seluas 200 000 hektar di Riau. <http://www.utusan.com.my>.
- Williamson, S.J. 1973. Fundamentals of air pollution. Massachusetts: Addison-Wesley.