



Analisis tren pemanasan global dan kesannya terhadap aspek dayahuni bandar di Malaysia

Noorazuan Md Hashim¹

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

Correspondence: Noorazuan Md Hashim (email: azwan@ukm.my)

Abstrak

Tujuan penyelidikan ini adalah untuk mengkaji tren pemanasan global di Malaysia dengan menilai perubahan suhu bandar di antara 1970 hingga 2005. Sebanyak lima stesen klimatologi utama Jabatan Meteorologi Malaysia yang terletak di kawasan bandar telah dipilih untuk kajian ini. Beberapa ujian analisis tren termasuk yang berbentuk linear iaitu garis regresi kuasa dua terkecil dan tidak linear iaitu analisis rank Kruskal-Wallis dan juga Ujian Mann-Kendall telah digunakan. Kajian ini telah mengesahkan bahawa i) wujudnya tren perubahan suhu bandar yang signifikan di Semenanjung Malaysia, ii) stesen bandaraya Kuala Lumpur telah dilihat mempunyai perubahan tren yang paling ketara ($5.63^{\circ}\text{C}/100\text{tahun}$) berbanding stesen bandar-bandar lain di Semenanjung Malaysia dan iii) titik perubahan tren berdasarkan analisis Mann-Kendall tidak menunjukkan ianya berlaku semasa kehadiran episod ENSO yang paling kritikal. Justeru, terdapat kebolehpercayaan yang tinggi untuk mengaitkan faktor pembandaran khususnya kesan pulau haba bandar di dalam mengubah tren suhu sekitar bandar. Peningkatan suhu bandar akibat pemanasan global dan fenomena pulau haba dijangka berupaya membawa implikasi buruk kepada komuniti bandar di Malaysia. Faktor kekasaran bandar dan fenomena pulau haba telah dilihat sebagai faktor dominan di dalam mempengaruhi meteorologi bandar dan seterusnya mengubah keadaan dan kehadiran cuaca ekstrem (banjir kilat dan kemarau) di kawasan bandar.

Katakunci: bandar, cuaca ekstrem, El Nino, pemanasan global, perubahan iklim, pulau haba

The impact of global warming trends on urban livability in Malaysia: An analysis

Abstract

The aim of this investigation is to study the global warming trend in Malaysia and to assess urban temperature variation over the period 1970-2005. Five urban climatology stations were selected and analysed in the course of which several trend analysis tests, namely, the least square regression line, the Kruskal-Wallis test, and the Mann-Kendall test analyses were carried out to detect any significant trend. The most significant results of this investigation were i) a significant change (trend) in urban temperature within 1970-2005; ii) that Kuala Lumpur climatology stations had the highest warming trend with $5.63^{\circ}\text{C}/100\text{ year}$; and iii) that the trend detection point analysis using Mann-Kendall test did not reveal the change within the onset of the most critical ENSO episode. It was likely that the significant change was related with the impact of the heat island phenomenon in the urban area. Urban surface roughness and heat island phenomenon had been found to be the dominant factors that controlled urban meteorological

conditions, changing the onset of extreme weather conditions (such as flash flood and drought) in urban areas.

Keywords: climate change, El Nino, extreme weather, global warming, heat island, urban temperatures

Pengenalan

Peningkatan paras karbon dioksida di atmosfera secara berterusan sejak lima dekad yang lepas telah membawa kepada pemanasan global. Fenomena tersebut telah meningkatkan suhu permukaan global sebanyak 0.6°C (IPCC 2001) dan kesannya telah menyebabkan perubahan dalam cuaca ekstrim khususnya taburan hujan dan keadaan corak ribut petir. Di dalam laporan yang sama juga telah menunjukkan peningkatan hujan global sebanyak 2% pada abad ke 20.

Tren pemanasan global telah diburukkan lagi dengan kesan pulau haba di sekitaran bandar akibat pemerangkapan bahangan dan tenaga haba di permukaan tepu bina bandar. Kajian peningkatan suhu bandar berbanding kawasan sekitaran luar bandar telah lama diperhatikan sama ada di dalam negeri (Sham, 1973; Zainab, 1980; Shahrudin, 1997; Ahmad & Norlida, 2004; Shahrudin *et al.*, 2006; Sin & Chan, 2004; Ilham, 2006) mahu pun di luar negeri seperti negara iklim sederhana (Changnon *et al.*, 1977; Bornstein & Lin, 2000) malahan di negara tropika yang lain (Chia, 1970; Wong & Chen, 2003; Kim & Baik, 2002; Rizwan *et al.*, 2008; Ikebuchi *et al.*, 2007).

Kajian terkini mengenai tren perubahan suhu global dibahagikan kepada dua jenis ; i) kajian suhu sekitaran (ambien) dan ii) kajian suhu permukaan bumi dengan menggunakan penderiaan jauh. Walaupun kaedah dan cara penyelidikannya amat berbeza, namun kepelbagaian dalam kekasaran permukaan buatan bandar tetap dilihat berupaya menyimpan tenaga haba dan melepaskannya pada masa tertentu. Pertambahan populasi bandar dan pengurangan liputan vegetasi serta penggunaan kenderaan dan kemudahan penghawa dingin di Malaysia menghasilkan sejumlah tenaga haba yang meningkatkan aspek ketidakselesaan bandar kepada penghuninya (Shahrudin, 1998; Siti Zakiah, 2004). Keupayaan gas rumah kaca seperti karbon dioksida bukan sahaja mampu memerangkap tenaga haba lebih di zon kubah bandar, malahan kehadiran bahan pencemar yang lain juga menambahkan nuklei pemeluwapan dan akhirnya membawa proses perolakan aktif yang berakhir dengan hujan ribut ekstrim (Changnon *et al.*, 1977; Shahrudin, 2005).

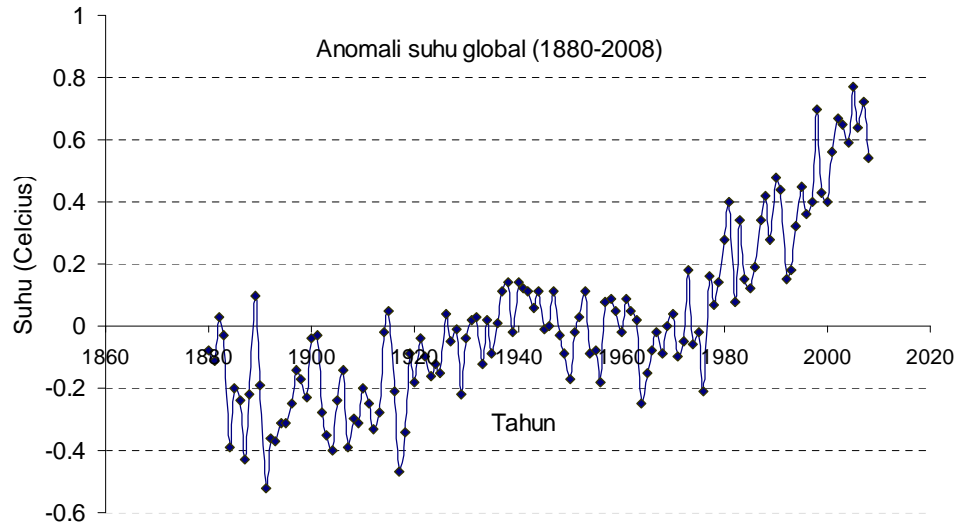
Justeru, dalam pengkajian pemanasan global di sekitaran bandar, kesan pulau haba tidak boleh diabaikan. Kajian ini memperlihatkan tren pemanasan global di sekitaran bandar Semenanjung Malaysia dalam tempoh 1970 hingga 2005. Jangkamasa berkenaan telah dipilih memandangkan kajian-kajian terkini mendapati perubahan tren pemanasan global yang lebih drastik (IPCC, 2001), memberi kesan signifikan kepada perubahan cuaca ekstrim seperti hujan ribut yang membawa banjir besar, kemarau yang berpanjangan dan juga peningkatan dalam suhu ambien (Shahrudin *et al.*, 2006).

Secara umumnya, kajian ini bertujuan untuk

- i) mengkaji tren perubahan suhu bandar akibat kesan pemanasan global dan pembandaran di stesen bandar terpilih
- ii) menentukan kesignifikan tren serta takat ambang perubahan (*detection of change point*) suhu bandar, dan
- iii) membincangkan implikasi perubahan tren suhu terhadap aspek sosio-ekonomi bandar

Isu pemanasan global dan kesan pulau haba bandar

Tren peningkatan suhu global telah mula dikesan sejak penghujung 1960an (Rajah 1). Bagaimanapun, pada masa itu pengetahuan tentang kemampuan pengaruh perubahan suhu global dan kesannya kepada ekosistem dunia masih lagi samar (sebagai contoh Spencer, 2006). Namun, debat mengenai pengaruh dan kesan pemanasan global semakin menarik perhatian apabila kepelbagaian aktiviti penyelidikan dilakukan yang merentasi pelbagai disiplin ilmu sains tulen dan sains sosial (Le Truet *et al.*, 2007).



Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysia
Rajah 1. Tren peningkatan anomali suhu global

Laporan IPCC yang terkini (Bernstein *et al.*, 2007) mendapati intensiti serta frekuensi cuaca ekstrem semakin bertambah sejak 50 tahun yang lepas. Di antara petunjuk cuaca yang dianggap telah berubah secara signifikan termasuklah frekuensi hujan ribut yang melebihi 30 mm/jam, intensiti hujan harian yang bertambah tinggi dan juga keadaan kemarau yang berpanjangan. Kajian terkini oleh Wan Zawiah *et al.* (2009) mengenai perubahan cuaca ekstrem Malaysia telah membuktikan kawasan bandar juga terdedah kepada peningkatan frekuensi intensiti hujan lebat dan jumlah hari hujan.

Penelitian setempat di merata dunia menunjukkan terdapat peningkatan dan juga penurunan jumlah dan intensiti hujan akibat pemanasan global. Sebagai contoh, hasil kajian oleh IPCC (2001) mendapati curahan hujan di Amerika Selatan dan Eropah Utara meningkat berbanding 50 tahun yang lepas. Kajian di Asia Selatan juga mendapati terdapat beberapa wilayah di kawasan berkenaan bakal menghadapi pengurangan sumber air berikutan kehadiran kemarau yang panjang. Kesemuanya ini adalah disebabkan oleh faktor peningkatan signifikan dalam suhu permukaan global.

Kehadiran fenomena El Nino-Ayunan Selatan atau ringkasnya ENSO setiap ulangan masa 3-7 tahun juga berupaya mengubah tren suhu daratan dan lautan (Tanggung *et al.*, 2006). Kehadiran ENSO mengakibatkan Malaysia dan negara sekitarnya mengalami keadaan kering yang luar biasa. (Fedorov & Philander, 2000). Akibatnya, terdapat beberapa bulan di dalam jangka masa 1997-1998 di mana suhu ambien melebihi daripada suhu purata bulanan. Kehadiran fenomena ENSO selama hampir 10 bulan pada jangkamasa tersebut telah menyebabkan paras air

di beberapa empangan air di Semenanjung Malaysia menjunam ke paras kritikal sehingga bekalan air terpaksa dicatu (Jamaluddin *et al.*, 2003).

Proses pembandaran menguatkan lagi pengaruh fenomena pemanasan global apabila sejumlah gas karbon dioksida dilepaskan akibat aktiviti pembandaran. Akibat daripada urbanisasi, masyarakat juga sangat terdedah kepada tahap ketidakselesaan terma yang tinggi (Sham, 1989; Ikebuchi *et al.*, 2007). Secara umumnya, kadar urbanisasi telah meningkat secara drastik, bermula seawal tahun 1990an lagi. Dijangkakan pada tahun 2020, lebih 75 peratus penduduk di Malaysia akan berada di kawasan bandar (EPU, 2006). Implikasi daripada ini adalah lebih banyak kesan buruk yang bakal dihadapi oleh masyarakat bandar, termasuklah isu seperti banjir kilat, kenaikan suhu bandar, kesesakan jalan raya, masalah ketidakselesaan terma dan juga pencemaran kualiti air dan udara. Kesan-kesan ini membawa kepada kemerosotan kualiti hidup warga kota yang semakin meruncing khasnya yang berkaitan dengan alam sekitar fizikal.

Isu signifikan yang sering diperdebatkan berkaitan ekosistem bandar adalah mengenai aspek struktur kekasaran permukaan bandar dan kaitannya dengan iklim mikro (Kim & Baik, 2005; Shaharuddin *et al.*, 2007; Rizwan *et al.*, 2008). Penelitian terhadap struktur kekasaran permukaan bandar telah banyak diperkatakan sama ada dari disiplin sains, kejuruteraan mahupun kemanusiaan yang berkaitan. Namun isu kesan tepu bina terhadap iklim mikro bandar dan keadaan hidrologi bandar agak terkehadapan (Strecker & Liptan, 2003) sehinggakan wujud penyelidikan yang mengukur hubungan tepu bina dengan kehadiran fenomena pulau haba di kawasan bandar.

Kajian perubahan suhu bandar di Malaysia telah dimulakan oleh Sham Sani pada tahun 1972. Bermula daripada kajiannya, beberapa penyelidik lain telah sama-sama memberikan penelitian terhadap fenomena berkenaan (Jadual 2). Antara lain, hasil kajian berkaitan telah mendapati intensiti pulau haba adalah sangat berkait rapat dengan keadaan morfologi bandar serta keluasan tepubinanya. Lebih besar kawasan bandar dan aktiviti perbandaran maka lebih tinggi ketidakselesaan akibat fenomena lebihan haba dan bahangan.

Jadual 2. Intensiti pulau haba di Malaysia

Lokasi	Intensiti pulau haba (°C)	Rujukan
Johor Bahru	3	Zainab (1980)
Georgetown	4	Lim (1980)
Lembah Kelang	3.5	Sham (1986)
Kuala Lumpur	7	Sham (1984)

Sumber: Shaharudin dan Noorazuan (2006)

Kajian oleh Oke (1987) telah meringkaskan hubungkaitan di antara intensiti pulau haba dengan saiz bandar dan juga keadaan meteorologi bandar iaitu angin permukaan, iaitu

$$\text{Intensiti Pulau Haba (IPH)} = P^{0.25} \times 0.25 U^{-0.5} \dots(i)$$

di mana,

P = populasi bandar

U = purata angin permukaan (m/s)

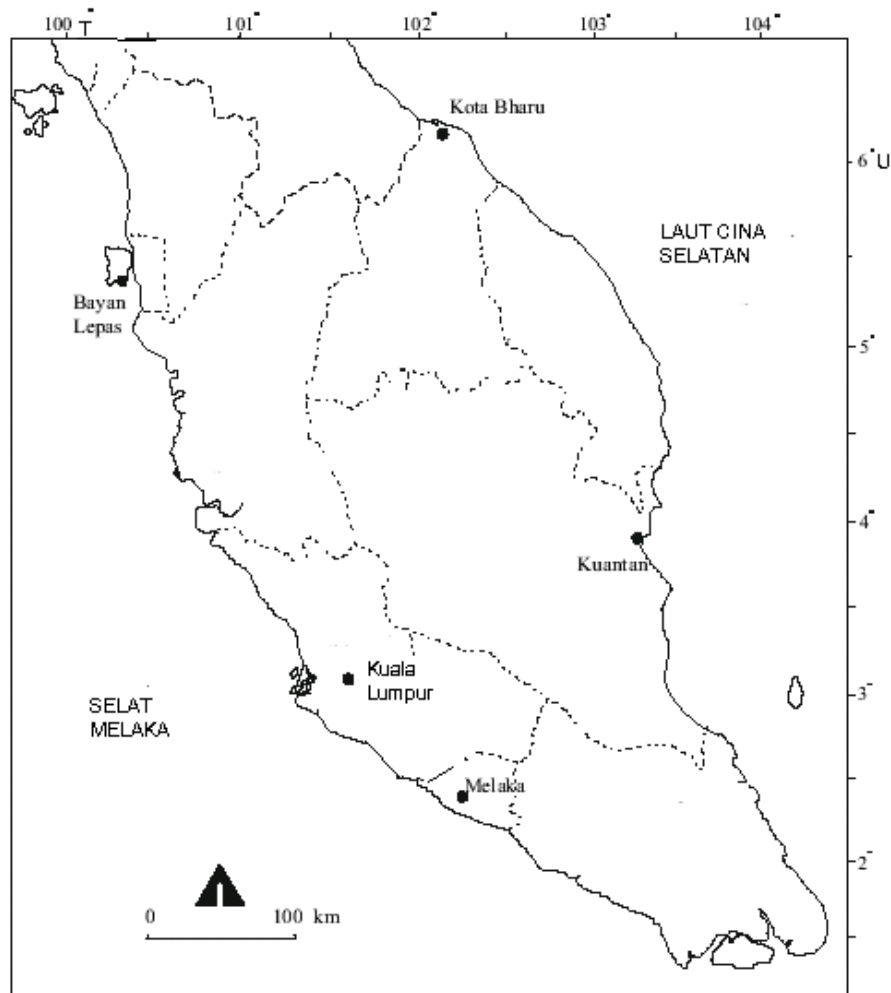
Berdasarkan kepada kajian Comrie (2000) yang mengaplikasikan persamaan (i), hampir separuh daripada perubahan tren suhu bandar di wilayah Tucson, Amerika boleh diperjelaskan daripada kesan fenomena pulau haba bermula seawal tahun 1910. Rebakan bandar yang mencetuskan migrasi masuk populasi ke wilayah perbandaran serta pengurangan kelajuan angin permukaan akibat faktor kekasaran permukaan bandar telah menambahkan darjah kecerunan tren perubahan suhu bandar.

Kajian mengenai tren perubahan suhu di sekitaran bandar adalah sangat kompleks akibat daripada pengaruh kesan berganda, iaitu kesan pemanasan global dan fenomena pulau haba (Tanggung *et al.*, 2006; Shaharuddin, 2005), memerlukan penelitian yang serius. Diharapkan

kajian sebegini dapat merungkai 'rahsia' di sebalik perubahan tren suhu global dan juga implikasinya kepada keselesaan, keselamatan dan keupayaan daya huni warga kota di Semenanjung Malaysia. Namun, penelitian sebegini sangat dipengaruhi oleh dapatan data meteorologi serta darjah kebolehpercayaan terhadap maklumat tersebut.

Data dan metod

Kedudukan geografi Semenanjung Malaysia terletak berhampiran garis khatulistiwa, di antara garis Latitud 1° hingga 6° Utara dan garis Longitud 100° hingga 103° T (Rajah 2). Secara umumnya, iklim Semenanjung Malaysia didominasi oleh dua kitaran angin monsun, iaitu Monsun Timur Laut (November-Februari) dan Monsun Barat Daya (Mei-Ogos). Terdapat dua musim di antara monsun, iaitu pada bulan Mac-April dan juga September-Oktober. Kedua-dua musim berkenaan sering membawa jumlah hujan yang tinggi dan musim berkenaan sering dikaitkan dengan aktiviti hujan perolakan (Shaharuddin, 2005).



Rajah 2. Kedudukan stesen klimatologi bandar terpilih

Dalam kajian ini, sebanyak lima stesen klimatologi utama telah dipilih, iaitu Stesen Jabatan Meteorologi Malaysia Kuala Lumpur, Stesen Klimatologi Bayan Lepas, Stesen Klimatologi Kuantan, Stesen Klimatologi Batu Berendam Melaka dan Stesen Klimatologi Kota Bharu,

Kelantan (Jadual 2). Kelima-lima stesen berkenaan dipilih berdasarkan kepada kesahihan data suhu bulanannya terutamanya peratusan kehilangan data yang kecil (kurang daripada 1%). Kesemua data bulanan berkenaan telah diambil mulai Januari 1970 hingga Disember 2005 dari Bahagian Data Klimatologi Jabatan Meteorologi Malaysia Kuala Lumpur.

Kawalan kualiti data dilakukan demi menghasilkan keputusan yang signifikan. Analisis keluk massa berganda (*double mass curve analysis*) dilakukan bagi mengenalpasti tahap homogeniti data berkenaan. Ujian tersebut dapat menentukan samada taburan data yang dipilih mempunyai ‘gangguan’ atau perubahan akibat masalah teknikal seperti perubahan lokasi stesen dan juga kehilangan data. Ujian normaliti Smirnov-Kolmogorov dilakukan bagi mengenalpasti bentuk taburan data. Kesemuanya dilakukan di dalam perisian statistik SPSS dan juga lembaran kerja Excel.

Jadual 2. Kedudukan geografi stesen bandar terpilih

No	Nama stesen	Latitud (° U)	Longitud (° T)	Ketinggian (m)
1	Kuala Lumpur, W.P	03° 07'	101° 33'	45.7
2	Bayan Lepas, P.Pinang	05° 18'	100° 16'	3.3
3	Kuantan, Pahang	03° 47'	103° 13'	16.5
4	Batu Berendam, Melaka	02° 16'	102° 15'	8.5
5	Kota Bharu, Kelantan	06° 10'	102° 17'	4.6

Garis regresi kuasa dua terkecil digunakan bagi mengenalpasti perubahan tren menaik atau menurun pada setiap stesen. Kadar peningkatan atau penurunan dalam tren didapati berdasarkan kepada nilai cerun persamaan regresi linear berkenaan. Untuk menentukan sama ada perubahan tren berkenaan bererti pada paras signifikan $\alpha = 0.05$ (atau 95% paras keyakinan), ujian Kruskal-Wallis (ujian tidak parametrik) dilakukan ke atas taburan data bulanan mulai Januari 1970 sehinggalah Disember 2005. Ujian berkenaan dilakukan berdasarkan tujuh pecahan subkumpulan di antara 1970-2005 yang diberikan pangkat atau dikenali sebagai rank, iaitu;

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \dots\dots\dots(ii)$$

di mana,

H = Ujian Kruskal-Wallis

n = jumlah pemerhatian dalam semua sampel

R_i = rank bagi sampel

Ujian Kruskal-Wallis ialah anggaran nilai taburan chi-kuasa dua, pada darjah kebebasan $k-1$. Ujian berkenaan memerlukan jumlah pemerhatian $n > 5$. Sekiranya nilai ujian berkenaan kurang daripada nilai darjah kebebasan (degree of freedom, dF) maka hipotesis nul diterima, iaitu tiada sebarang perubahan tren yang berlaku. Sebaliknya apabila nilai ujian berkenaan lebih besar daripada nilai dF maka hipotesis nul ditolak dan ini bermakna terdapat perubahan signifikan dalam paras keertian $\alpha = 0.05$.

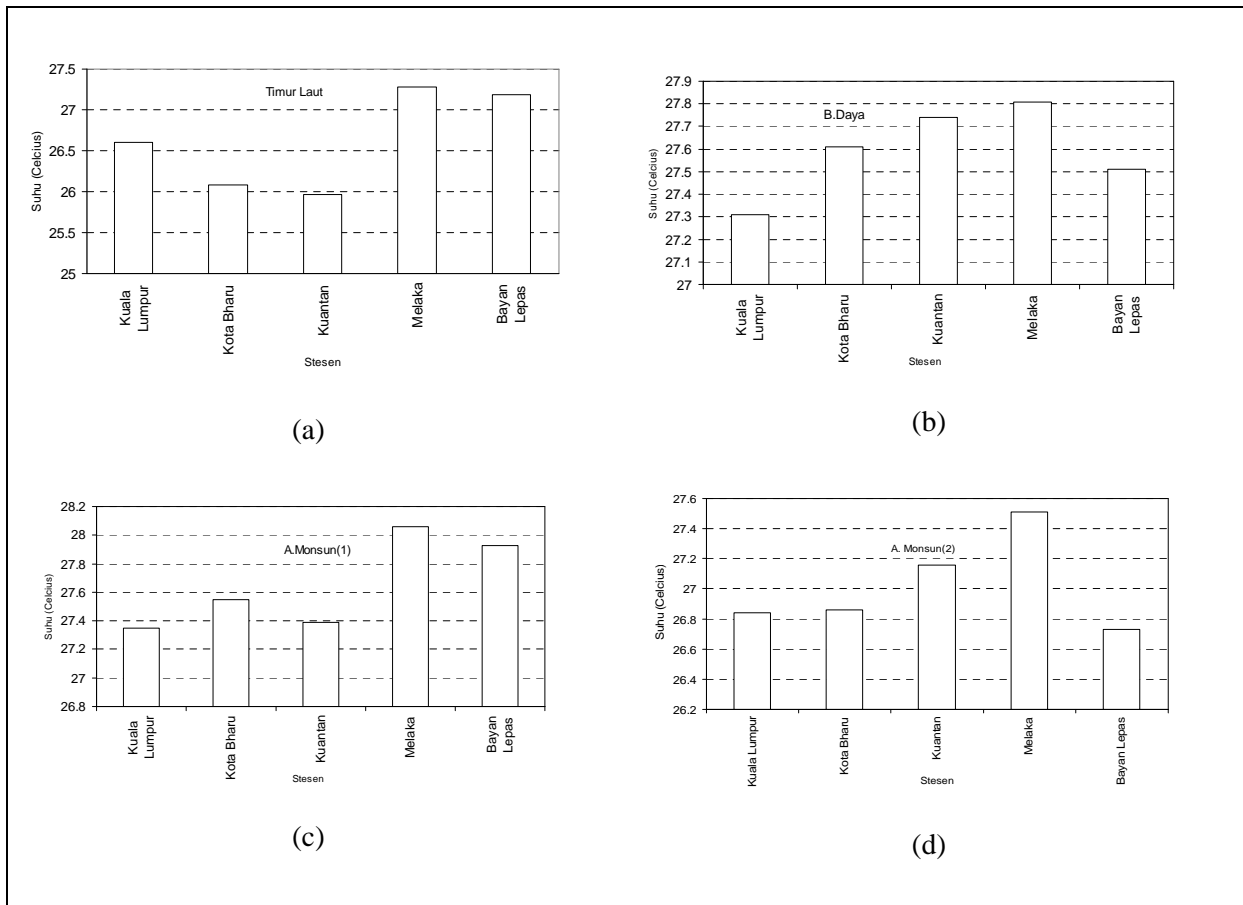
Walaupun ujian tidak parametrik Kruskal-Wallis dilakukan terhadap taburan data berkenaan berupaya mengenalpasti tren perubahan, namun ujian berkenaan tidak dapat menentukan masa perubahan tren takat ambang (*detection of change point*). Justeru, ujian Mann-Kendall akan dilakukan bagi menentukan tahun perubahan yang signifikan. Bagi ujian berkenaan, setiap elemen x_i ($i = 1 \dots n$), jumlah n_i iaitu bilangan elemen terendah yang dikirakan dengan persamaan $t = \sum_{i=1}^n n_i$.

Ujian statistik Mann-Kendall iaitu $u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{\text{var}(t)}$ dikirakan berdasarkan kedua-dua persamaan $E(t)$ dan $\text{var}(t)$ iaitu $E(t) = \frac{n(n-1)}{4}$ dan $\text{var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$.

Ujian ini sangat bersesuaian apabila elemen yang dikaji mempunyai taburan yang tak normal serta wujud satu titik perubahan yang ketara (Sneyers 1990). Nilai $u'(t)$ dikira berdasarkan nilai $u(t)$ yang dikira secara siri terkebelakang (*backward series*), iaitu $u'(t) = -u(t)$. Menurut Sneyers (1990), apabila kedua-dua nilai $u(t)$ dan $u'(t)$ bertembung dan menyebabkan kedua garisan menjauhi antara satu sama lain, maka titik pertembungan berkenaan dianggap sebagai titik perubahan tren yang signifikan pada paras keertian $\alpha = 0.05$.

Rajah 3 menunjukkan tren musiman suhu ambien bagi kesemua stesen pilihan. Adalah didapati setiap stesen mempunyai nilai purata suhu yang berbeza mengikut musim (Timur laut, Barat Daya dan dua musim perantaraan). Stesen Melaka dilihat mempunyai nilai suhu tertinggi berbanding stesen yang lain pada setiap musim. Suhu tertinggi yang direkodkan di stesen Melaka adalah selari dengan keadaannya atmosferanya yang agak kering sepanjang tahun (secara relatif dengan stesen-stesen yang lain) serta mempunyai nilai variasi koefisien (CV) hujan yang tertinggi di Semenanjung Malaysia (Noorazuan & Shaharuddin, 2005).

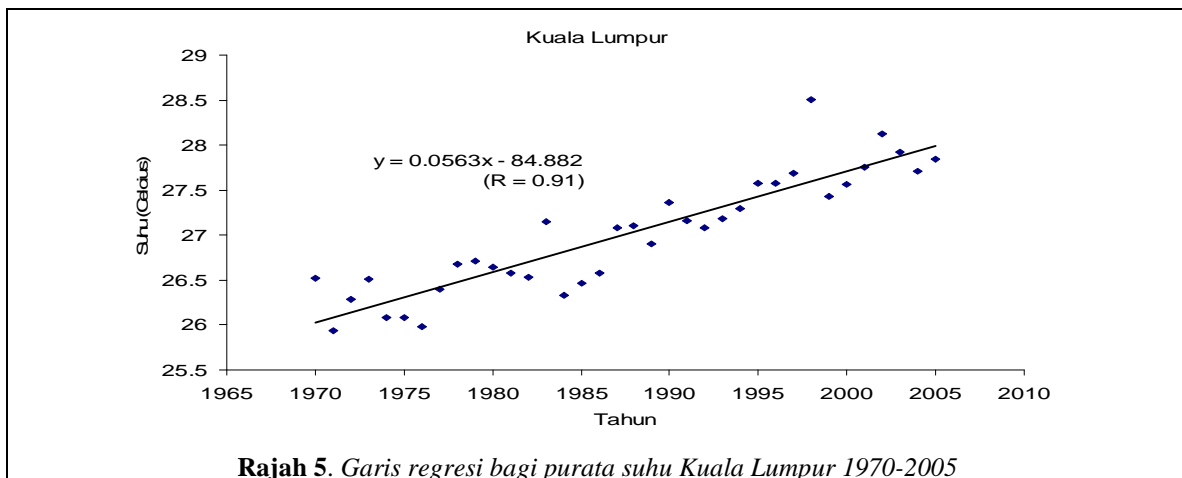
Masa perantaraan monsun Mac-April mengalami suhu tertinggi yang melebihi 28°C. Secara umumnya suhu ambien paling rendah direkodkan semasa kehadiran monsun Timur Laut. Ini berikutan kemampuan angin monsun berkenaan yang membawa hujan lebat diantara bulan November hingga Februari sepanjang tahun.



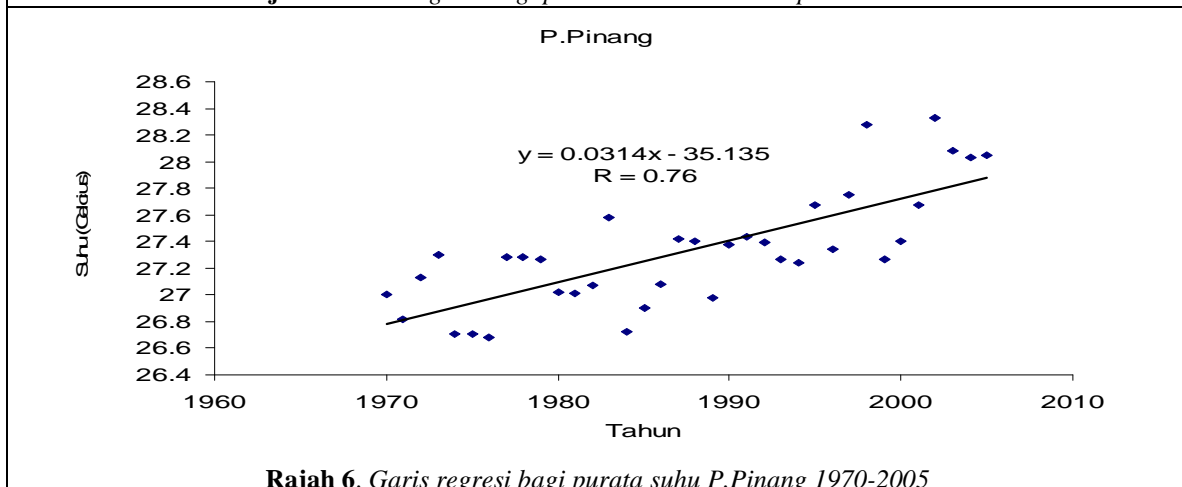
Rajah 3. Taburan suhu ambien mengikut musim, a) monsun timur laut, b) monsun barat daya, c) musim perantaraan Mac-April dan d) musim perantaraan September-Oktober

Perbincangan hasil

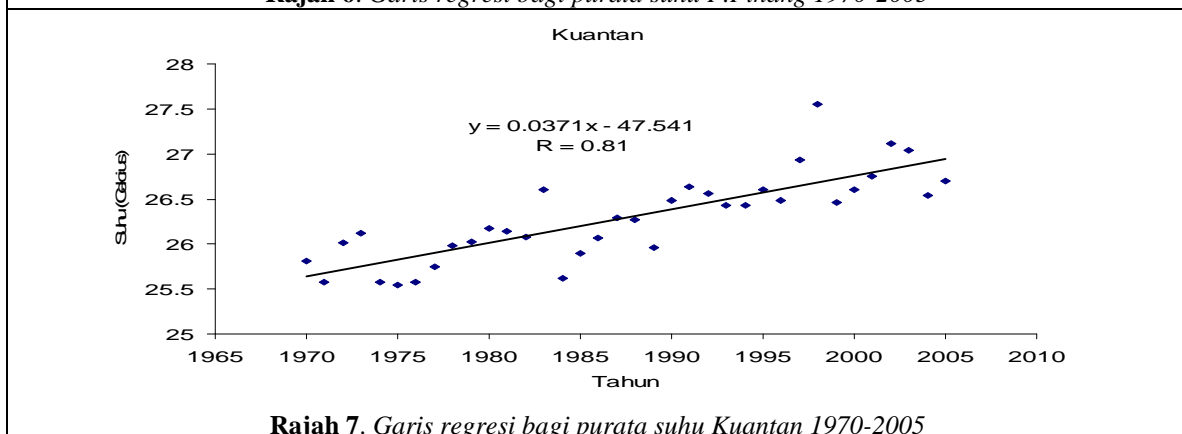
Hasil daripada analisis keluk massa berganda mendapati taburan data kelima-lima stesen adalah bersifat homogenus. Ujian normaliti Smirnov-Kolmogorov pula telah menunjukkan kesemua taburan data yang digunakan adalah dalam bentuk tidak normal. Hasil analisis perubahan tren dengan menggunakan garis regresi linear kuasa dua terkecil menunjukkan kesemua stesen mengalami tren kenaikan (Jadual 3). Stesen Kuala Lumpur mempunyai nilai perubahan tren paling tinggi iaitu sebanyak $5.63^{\circ}\text{Celcius}$ per 100 tahun.



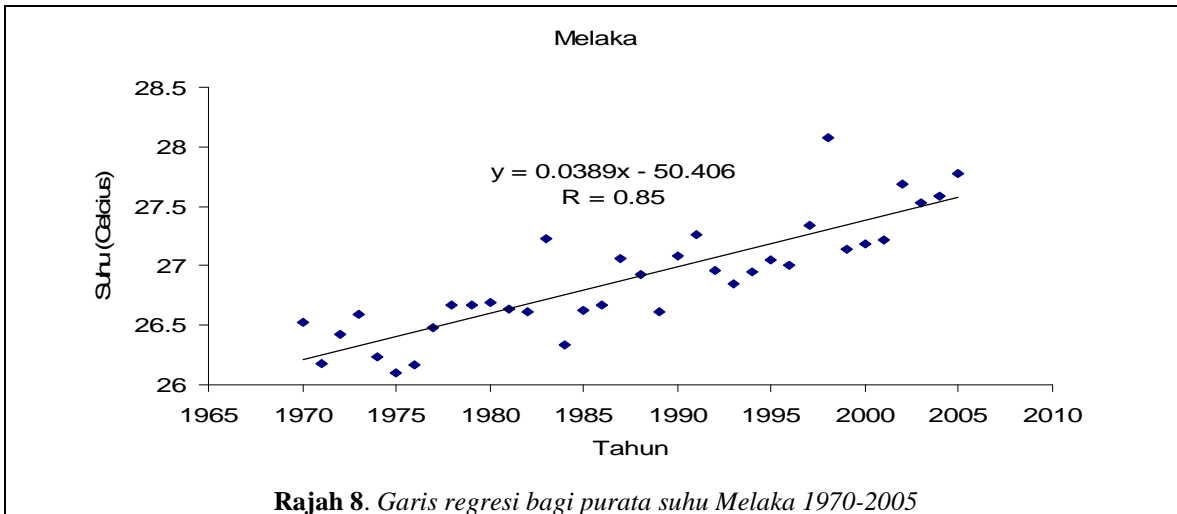
Rajah 5. Garis regresi bagi purata suhu Kuala Lumpur 1970-2005



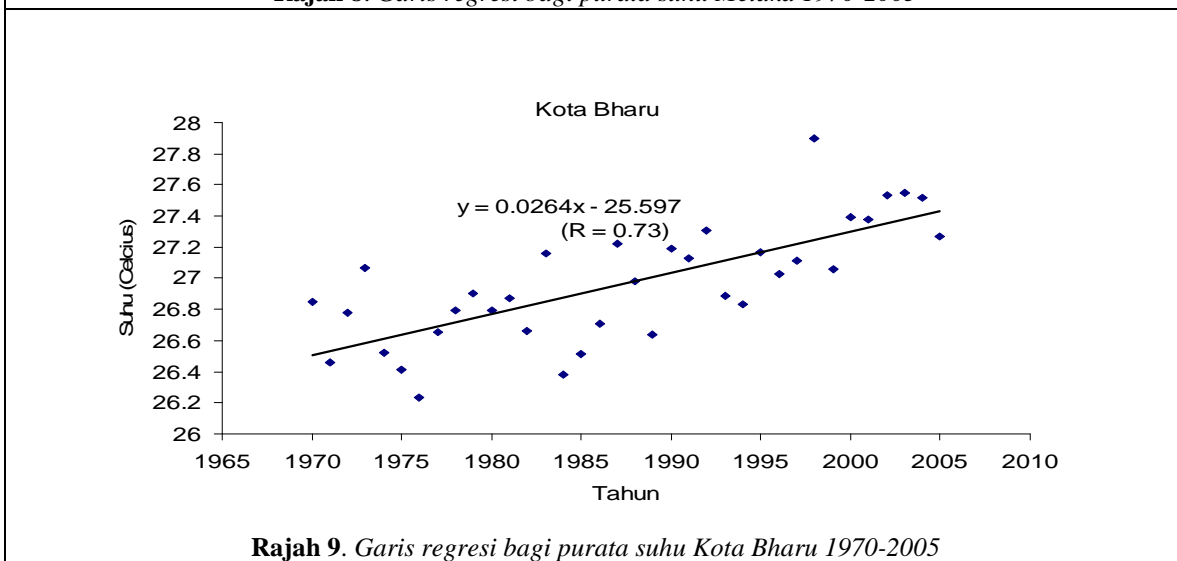
Rajah 6. Garis regresi bagi purata suhu P.Pinang 1970-2005



Rajah 7. Garis regresi bagi purata suhu Kuantan 1970-2005



Rajah 8. Garis regresi bagi purata suhu Melaka 1970-2005



Rajah 9. Garis regresi bagi purata suhu Kota Bharu 1970-2005

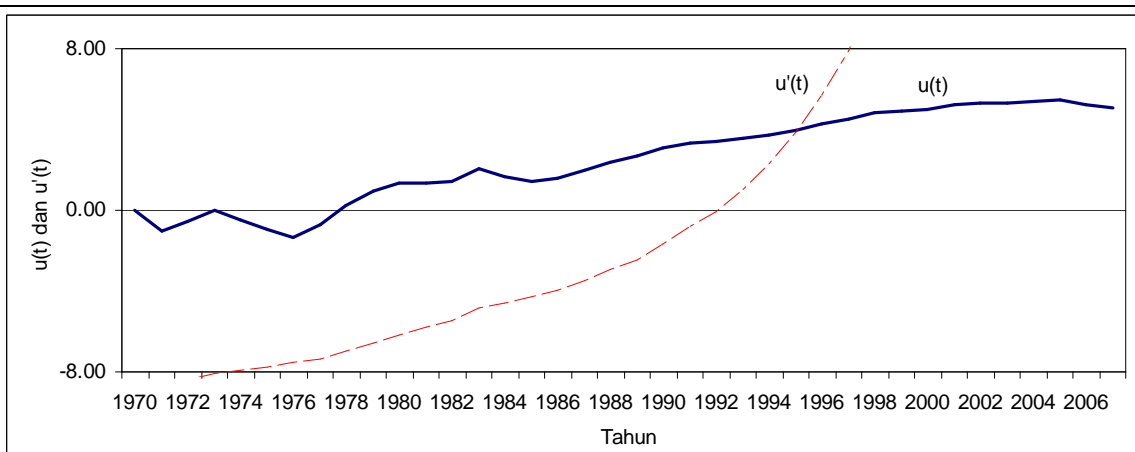
Stesen-stesen bandar selain Kuala Lumpur telah menunjukkan tren kenaikan di antara 2.5 hingga 4 darjah Celcius sahaja. Hasil korelasi Pearson di stesen Kuala Lumpur juga mencatatkan nilai r paling tinggi ($r = 0.91$). Ini membuktikan proses perbandaran di Kuala Lumpur telah memberi pengaruh terhadap peningkatan suhu ambien di samping kesan pemanasan global. Hasil kajian ini juga selaras dengan penemuan oleh Ng *et al.* (2005) yang mendapati stesen Kuala Lumpur mengalami tren peningkatan suhu paling tinggi di Semenanjung Malaysia.

Jadual 3. Titik perubahan, tren per 100 tahun dan nilai korelasi, r

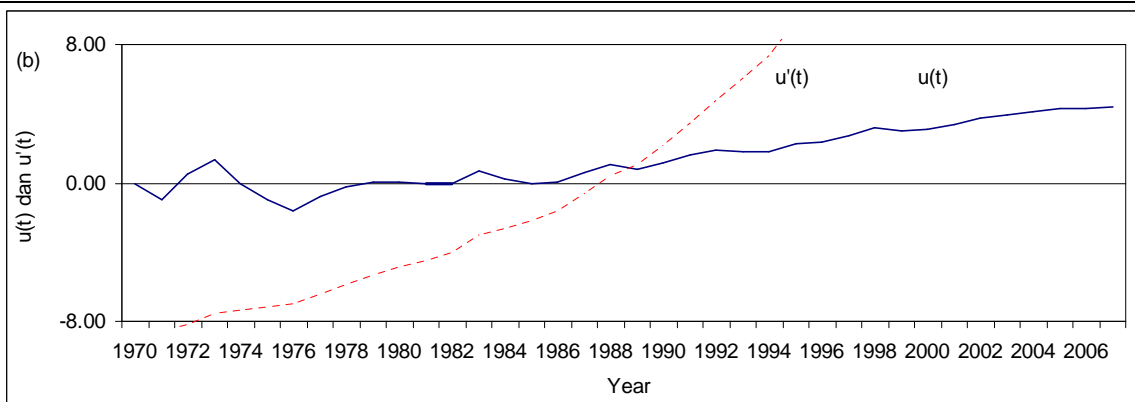
No	Nama stesen	Titik perubahan tren (tahun)	Tren ($^{\circ}\text{C}/100$ tahun)	Korelasi Pearson (r)
1	Kuala Lumpur, WP	1995	5.63	0.91
2	Bayan Lepas, P.Pinang	1989	3.14	0.76
3	Kuantan, Pahang	1994	3.71	0.81
4	Batu Berendam, Melaka	1992	3.89	0.85
5	Kota Bharu, Kelantan	1989	2.65	0.73

Jadual 4 hingga 8 memaparkan hasil analisis ujian Kruskal-Wallis bagi setiap stesen mengikut musiman. Hasil kajian tersebut membuktikan bahawa kesemua stesen (kecuali stesen P.Pinang semasa monsun perantaraan) telah mengalami perubahan tren yang signifikan pada paras keertian $\alpha = 0.05$. Stesen Kota Bharu merupakan stesen yang paling rendah tren kenaikan suhu dalam jangka masa tersebut ($2.65^{\circ}\text{C}/100$ tahun).

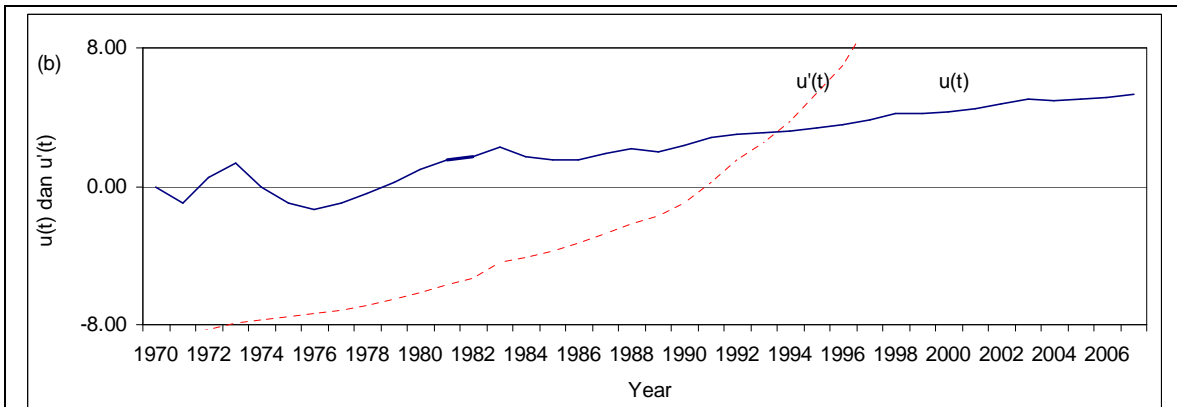
Kajian titik perubahan tren juga telah dilakukan dengan menggunakan kaedah statistik Mann-Kendall (Rajah 10 hingga Rajah 14) pada paras keertian $\alpha = 0.05$. Berdasarkan kepada analisis berkenaan didapati titik perubahan tren bagi stesen Kota Bharu dan P.Pinang adalah di dalam tahun 1989. Stesen-stesen lain telah menunjukkan titik perubahan tren yang signifikan di antara tahun 1992-1995. Hasil kajian ini mendapati titik perubahan tren tidak berlaku semasa kehadiran peristiwa El Nino-Ayunan Selatan atau ENSO yang berintensiti tinggi.



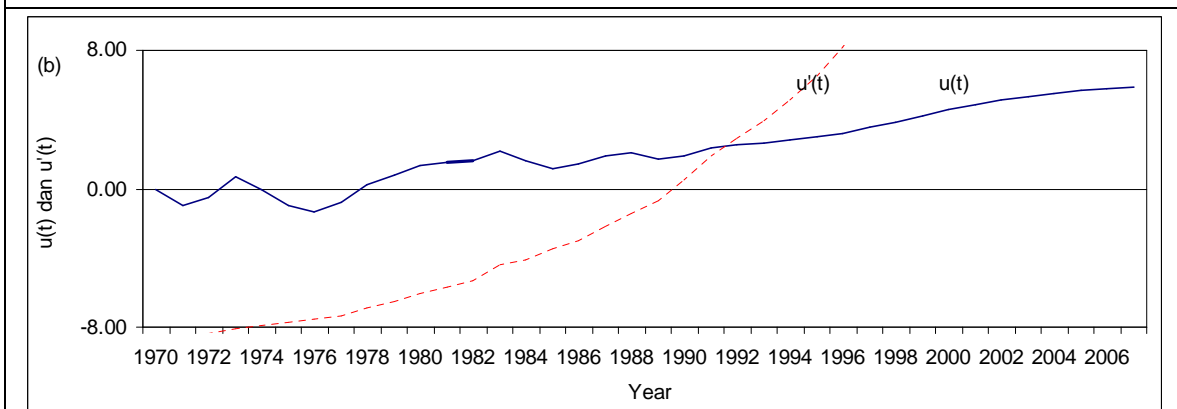
Rajah 10. *Perubahan nilai $u(t)$ dan $u'(t)$ bagi stesen Kuala Lumpur*



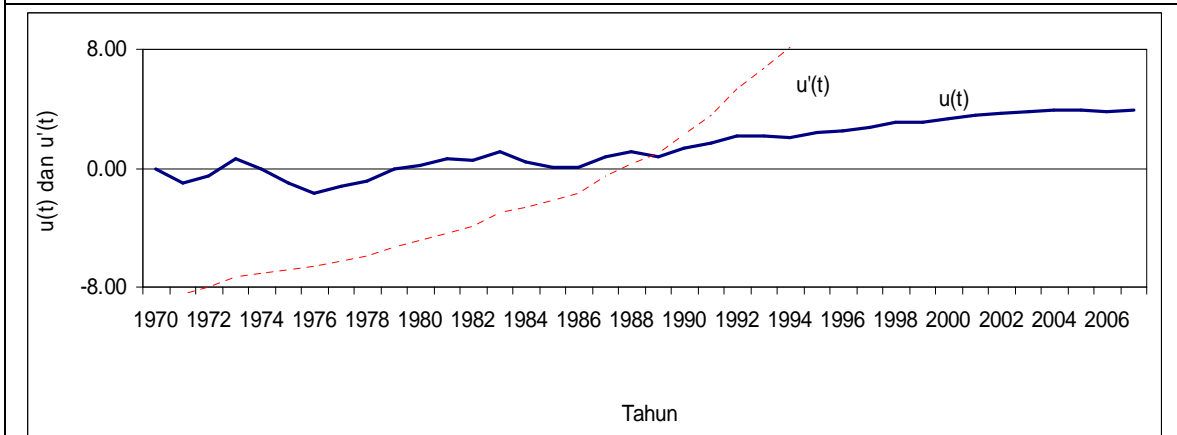
Rajah 11. *Perubahan nilai $u(t)$ dan $u'(t)$ bagi stesen P. Pinang*



Rajah 12. Perubahan nilai $u(t)$ dan $u'(t)$ bagi stesen Kuantan



Rajah 13. Perubahan nilai $u(t)$ dan $u'(t)$ bagi stesen Melaka



Rajah 14. Perubahan nilai $u(t)$ dan $u'(t)$ bagi stesen Kota Bharu

Pada kebiasaannya, titik tren perubahan suhu ambien dikaitkan dengan kehadiran ENSO yang kuat (Tanggung et al. 2006). Berdasarkan laporan mengenai ENSO, julat masa di antara 1982-1983 dan 1997-1998 merupakan tempoh masa yang telah direkodkan mengalami intensiti ENSO yang maksimum oleh Jabatan Kajiucaca Malaysia. Namun, hasil kajian ini tidak mendapati titik perubahan tren berlaku pada masa tersebut. Justeru, adalah dipercayai wujud faktor lokal iaitu

Jadual 4. Hasil ujian Kruskal-Wallis bagi stesen Kuala Lumpur (pelbagai tempoh kajian)

Tempoh masa	N	Purata	Sisihan piawai	Jumlah Rank	Paras keertian	Nilai Chi-square	dF
Nilai Tahunan	35	27.1	0.65	7	0.0000	29.9	6
Monsun T. Laut	35	26.6	0.63	7	0.0000	27.8	6
Monsun B. Daya	35	27.3	0.68	7	0.0000	29.9	6
Antara monsun (1)	35	27.3	0.74	7	0.0001	22.6	6
Antara monsun (2)	35	26.8	0.61	7	0.0000	30.4	6

Jadual 5. Hasil ujian Kruskal-Wallis bagi stesen P.Pinang (pelbagai tempoh kajian)

Tempoh masa	N	Purata	Sisihan piawai	Jumlah Rank	Paras keertian	Nilai Chi-square	dF
Nilai Tahunan	35	27.3	0.42	7	0.0030	20.2	6
Monsun T. Laut	35	27.1	0.42	7	0.0110	16.5	6
Monsun B. Daya	35	27.5	0.45	7	0.0000	25.3	6
Antara monsun (1)	35	27.9	0.57	7	0.0600	12.1	6
Antara monsun (2)	35	26.7	0.42	7	0.0010	22.1	6

Jadual 6. Hasil ujian Kruskal-Wallis bagi stesen Kuantan (pelbagai tempoh kajian)

Tempoh masa	N	Purata	Sisihan piawai	Jumlah Rank	Paras keertian	Nilai Chi-square	dF
Nilai Tahunan	35	26.3	0.48	7	0.0000	27.3	6
Monsun T. Laut	35	25.3	0.48	7	0.0000	26.6	6
Monsun B. Daya	35	27.0	0.48	7	0.0000	25.5	6
Antara monsun (1)	35	26.7	0.57	7	0.0002	21.2	6
Antara monsun (2)	35	26.5	0.44	7	0.0003	19.9	6

Jadual 7. Hasil ujian Kruskal-Wallis bagi stesen Melaka (pelbagai tempoh kajian)

Tempoh masa	N	Purata	Sisihan piawai	Jumlah Rank	Paras keertian	Nilai Chi-square	dF
Nilai Tahunan	35	26.9	0.47	7	0.0000	26.5	6
Monsun T. Laut	35	26.5	0.43	7	0.0003	20.1	6
Monsun B. Daya	35	27.1	0.55	7	0.0000	30.0	6
Antara monsun (1)	35	27.3	0.52	7	0.0009	17.1	6
Antara monsun (2)	35	26.8	0.48	7	0.0000	28.0	6

Jadual 8. Hasil ujian Kruskal-Wallis bagi stesen Kota Bharu (pelbagai tempoh kajian)

Tempoh masa	N	Purata	Sisihan piawai	Jumlah Rank	Paras keertian	Nilai Chi-square	dF
Nilai Tahunan	35	26.9	0.37	7	0.0001	22.1	6
Monsun T. Laut	35	26.1	0.42	7	0.0001	23.1	6
Monsun B. Daya	35	27.6	0.38	7	0.0006	18.0	6
Antara monsun (1)	35	27.5	0.53	7	0.013	16.1	6
Antara monsun (2)	35	26.8	0.30	7	0.0002	20.5	6

pembandaran yang berupaya mempengaruhi kenaikan suhu ambien melalui fenomena pulau haba bandar (Shaharudin, 2005).

Implikasi perubahan tren terhadap sosio-ekonomi bandar

Peningkatan suhu bandar akibat pemanasan global dan fenomena pulau haba dijangka berupaya membawa implikasi buruk kepada komuniti bandar di Malaysia. Di antara bentuk implikasi negatif kepada aspek sosio-ekonomi bandar akibat perubahan suhu ambien bandar di Malaysia termasuklah (Shaharuddin, 1997; Ahmad & Norlida, 2004; Siti Zakiah, 2004; Ahmad Jamaluddin, 2008);

- i) peningkatan ketidakselesaan terma ekosistem bandar
- ii) peningkatan kegunaan tenaga elektrik untuk menyederhanakan suhu sekitaran
- iii) peningkatan aktiviti perolakan dalam (*deep convection*) khususnya semasa monsun perantaraan (September-Oktober) yang membawa peristiwa hujan lebat berintensiti tinggi dan,
- iv) peningkatan kekerapan peristiwa kemarau semasa monsun Barat Daya (Mei-Ogos).

Peningkatan suhu bandar mampu menjejaskan keadaan dayahuni masyarakat bandar di Malaysia. Pada tahun 2000, bekas Perdana Menteri Malaysia pernah meninjau keadaan bahang yang sangat ketara di Kuala Lumpur akibat cuaca kering dan menyarankan pihak Dewan Bandaraya Kuala Lumpur mengaplikasikan pancutan air dari bangunan tinggi untuk menyederhanakan suhu bandar (Ahmad & Norlida, 2004). Ketidakselesaan terma akibat perubahan suhu bukan sahaja menambahkan keterdedahan masyarakat bandar kepada risiko kesihatan malahan ia juga akan mengakibatkan kenaikan tenaga elektrik dalam kegunaan penghawa dingin dan kipas angin (Shaharuddin & Noorazuan, 2005).

Peningkatan penggunaan jentera dan janakuasa akibat permintaan kepada tenaga akan menghasilkan output gas rumah kaca dan tenaga haba ke atmosfera. Justeru, ini menambahkan lagi kepekatan gas berkenaan di udara bandar. Lebih banyak haba akan terperangkap di ruang udara bandar dan pengurangan litupan vegetasi di kawasan bandar berupaya menambahkan masalah berkenaan. Keadaan berkenaan akan menjadi lebih serius sekiranya aktiviti pengangkutan dan kegunaan automotif bandar tidak dikawal dengan baik (Siti Zakiah, 2004).

Perubahan intensiti hujan akibat proses pembandaran tidak dapat dinafikan (Shaharuddin, 2005; Jauregui & Romales, 1996). Lowry (1998) secara umumnya mengatakan kesan perbandaran terhadap perubahan hujan adalah disebabkan oleh faktor kekasaran bandar, penambahan haba akibat pulau haba dan juga peningkatan nuklei pemeluwapan. Hasil kajian oleh Changnon di tapak Metropolitan Meteorological Experiment Project (METROMEX) telah mendapati jumlah hari hujan bertambah di kawasan bandar. Kajian oleh Ahmad dan Norlida

(2004) pula telah mendapati intensiti hujan lebat semakin bertambah di kawasan bandar Kuala Lumpur.

Berdasarkan kepada hasil kajian ini, peningkatan suhu bandar mampu meningkatkan proses perolakan dalaman dan peningkatan curahan serta membawa kepada peristiwa banjir kilat yang teruk terutamanya di kawasan bandar yang bertanah rendah. Bencana banjir kilat di bandar dianggap sebagai bentuk geobencana yang berupaya memusnahkan harta benda dan nyawa manusia dalam masa yang singkat sekiranya berlaku semasa monsun perantaraan (September-Oktober). Sekiranya bencana berkenaan semakin meningkat, bukan sahaja nilai hartanah di kawasan berkenaan akan menurun malahan ia juga akan menjejaskan aspek sosio-ekonomi bandar.

Pemanasan global dan fenomena pulau haba dijangka meningkatkan lagi tekanan terhadap kehadiran peristiwa kemarau, terutamanya semasa musim kering iaitu pada Monsun Barat Daya di Semenanjung Malaysia. Peristiwa kemarau semakin kritikal sekiranya wujud peristiwa ENSO pada waktu berkenaan. Implikasi kemarau semasa 1997-1998 di wilayah perbandaran Lembah Kelang telah banyak dilaporkan oleh penyelidik tempatan termasuk isu serta masalah catuan air dan kebakaran hutan. Terdapat juga hasil perbincangan yang menunjukkan penghuni bandar mengalami stres dan aktiviti sosial bandar terpaksa dikurangkan semasa berlakunya kemarau (sebagai contoh layari www.waterwatchpenang.org).

Rumusan dan kesimpulan

Kajian ini telah mengesahkan bahawa ujudnya tren perubahan suhu bandar yang signifikan di Semenanjung Malaysia. Stesen bandaraya Kuala Lumpur telah dilihat mempunyai perubahan tren yang paling ketara berbanding stesen bandar-bandar lain di Semenanjung Malaysia. Titik perubahan tren berdasarkan analisis Mann-Kendall tidak menunjukkan ianya berlaku semasa kehadiran episod ENSO yang paling kritikal. Justeru, terdapat kebolehpercayaan yang tinggi untuk mengaitkan faktor pemandaran khususnya kesan pulau haba bandar di dalam mengubah tren suhu sekitaran.

Faktor kekasaran bandar dan fenomena pulau haba telah dilihat sebagai faktor dominan di dalam mempengaruhi meteorologi bandar dan seterusnya mengubah keadaan dan kehadiran cuaca ekstrim (banjir kilat dan kemarau) di kawasan bandar. Faktor berkenaan akan menguatkan lagi proses perolakan dalaman yang membawa kepada peningkatan peristiwa hujan lebat yang berintensiti tinggi. Keadaan ini akan menambahkan lagi keterdedahan masyarakat bandar terhadap banjir kilat terutamanya pada waktu monsun perantaraan di antara bulan September dan Oktober.

Pemanasan global dan fenomena pulau haba di bandar juga dijangka mempengaruhi kehadiran cuaca ekstrim iaitu kemarau khususnya di dalam bulan-bulan kering Monsun Barat Daya di Semenanjung Malaysia. Intensiti kemarau di kawasan bandar dijangka semakin kritikal di bawah pengaruh fenomena global iaitu El-Nino-Ayunan Selatan atau ENSO. Adalah diharapkan hasil kajian ini akan membantu pihak perancang bandar di dalam menangani masalah dan implikasi perubahan suhu yang bakal membawa kepada bencana akibat dari perubahan cuaca ekstrim di kawasan bandar.

Penghargaan

Penulis makalah ingin merakamkan penghargaan kepada pihak Jabatan Meteorologi Malaysia (MMD) kerana telah membekalkan data mentah untuk penyelidikan ini. Tidak lupa juga kepada pihak Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) yang membenarkan penggunaan dana penyelidikan OUP (Perubahan Iklim) untuk menjayakan penyelidikan dan penulisan makalah ini.

Rujukan

- Ahmad Fuad Embi, Norlida Mohd Dom (2004) Can we modify our weather to decrease floods? The urban heat island connection. Paper presented at Persidangan Pengurus Kanan JPS Malaysia. 25-27 August. Kota Kinabalu, Sabah.
- Ahmad Jamaluddin S (2008) Climate change and variability. Second National Conference on Extreme Weather and Climate Change Understanding Science and Risk Reduction on 14-15 October 2008 at Putrajaya International Convention Centre (slide powerpoint) 3 November 2008.
- Bernstein L *et al.* (2007) Climate change 2007: Synthesis report (IPCC 4th Assessment Report) Summary for Policy Makers. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Bornstein R, Lin QL (2000) Urban heat islands and summertime convective thunderstorms in Atlanta: three case studies. *Atmos. Environ.* **34**, 507-516.
- Changnon FA, Huff PT, Schickendanz, Vogel SL (1977) Summary of METROMEX, vol. 1. Weather anomalies and impacts, Bull. III. State Water Surv. 62 (260 pp.).
- Chia LS (1970) Temperature and humidity observations on two overcast days in Singapore. *Journal Singapore National Academy of Science* **1** (3), 85-90.
- Comrie CA (2000) Mapping a wind-modified urban heat island in Tucson, Arizona (with Comments on Integrating Research and Undergraduate Learning). *Bulletin of the American Meteorological Society*, pp. 2417-2431
- Economic Planning Unit (EPU) (2006) Ninth Malaysia Plan 2006-2010. Putrajaya: Prime Minister's Department [Cited 1 April 2006]. Available from: www.epu.jpm.my/rm9/RMKe9.htm.
- Fedorov AV, Philander SG (2000) Is El Niño changing? *Science* **288**, 1997-2002.
- Ilham Sayed Mahgoub (2006) The effects of urbanization on the intensity of heat island. A case study on the City of Kuala Lumpur (PhD dissertation) Kulliyah of Architecture and Environmental design, International Islamic University Malaysia.
- Ikebuchi S, Tanaka K, Ito Y, Moteki Q, Souma K, Yorozu K (2007) Investigation of effects of urban heating on the heavy rainfall event by cloud resolving model CreSiBUC. Annual of Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto University. No 50C.
- IPCC (2001) Climate change 2001: The scientific basis. WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report, VI.
- Jamaluddin Md Jahi (1974) Analisa suhu dan kelembapan banding di Kuala Lumpur dengan tumpuan khas kepada pengaruh pulau haba. Latihan Ilmiah Sarjanamuda Sastera, Jabatan Geografi, UKM (Tidak diterbitkan).
- Jamaluddin Jahi, Toriman ME, Noorazuan MH, Kadaruddin Aiyub (2003) The domestic urban water consumption and integrated water resources management of Langat River Basin, Selangor. In: Noorazuan MH, Ruslan Rainis (eds) *Urban ecosystem studies in Malaysia: A study of change*, pp.211. Universal Press, Parkland, Florida.
- Jauregui E, Romales E (1996) Urban effects on convective precipitation in Mexico City. *Atmospheric Environment* **20**, 3383-3389.
- JPBD, Federal Department of Town & Country Planning (2006) National Urbanisation Policy (DPN). Federal Department of Town & Country Planning. Kuala Lumpur, Peninsular Malaysia.
- Le Treut H, Somerville R, Cubasch U, Ding Y, Mauritzen C, Mokssit A, Peterson T, Prather M (2007) Historical overview of climate change. In: Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report. Cambridge University Press.
- Lim GE (1980) Pulau Haba Bandar dan aplikasinya terhadap kajian pencemaran udara di Georgetown, Pulau Pinang. Latihan Ilmiah Sarjanamuda Sastera, Jabatan Geografi, UKM (Tidak diterbitkan).

- Lowry WP (1998) Urban effects on precipitation amount. *Progress in Physical Geography* **22**, (4), 477-520.
- Kim YH, Baik JJ (2002) Maximum urban heat island intensity in Seoul. *Journal of Applied Meteorology* **41**, 651-659
- Oke TR (1987) *Boundary layer climates*. Routledge, New York.
- Rizwan AM, Leung DYC, Liu C (2008) A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. *Journal of Environment Sciences* **20** (1), 120–128.
- Shaharuddin Ahmad (1997) Urbanization and human comfort in Kuala Lumpur-Petaling Jaya, Malaysia. *Ilmu Alam* **23**, 171-189.
- Shaharuddin Ahmad (1999) Perancangan, pengurusan dan keselesaan terma dalam bandar. Kertas kerja yang dibentangkan pada Seminar Kebangsaan Perancangan Bandar ke XVIII, Fakulti Alam Bina, UTM, Johor Bahru. 8-9 Mac.
- Shaharuddin Ahmad (2006) Maximum and minimum temperatures and climate change in Malaysia. In: Goh KC, Sekson Y (eds) *Change and development in Southeast Asia in an era of globalisation*, pp.267-281. Pearson Prentice-Hall, Singapore.
- Shaharuddin Ahmad, Noorazuan Md Hashim, Yaakob Mohd Jani (2006) Best management practices for stormwater and heat reduction using green roof model: The Bangi experimental plot. Kertaskerja yang dibentangkan di 8th SEAGA Conference, Singapore. 28-30.
- Sham Sani (1973) The urban heat island: Its concept and application to Kuala Lumpur. *Sains Malaysiana* Vol **2** (1), 53-64.
- Sin Hui Teng, Chan Ngai Weng (2004) The urban heat island phenomenon in Penang Island: Some observations during the wet and dry seasons. In: Jamaluddin Md. Jahi, Kadar Arifin, Salmijah Surif, Shaharudin Idrus (eds) *Facing Changing Conditions*. Proceedings 2nd Bangi World Conference on Environmental Management, pp. 504-518. Centre for Graduate Studies, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Siti Zakiah Mohammed (2004) The influence of urban heat towards pedestrian comfort and the potential use of plants and water as heat ameliorator in Kuala Lumpur (MSc thesis). Universiti Pertanian Malaysia.
- Shaharuddin A, Noorazuan MH (2007) Effects of soil moisture on urban heat island occurrences: Case of Selangor, Malaysia. *Humanity & Social Science Journal* Vol **2** (2), 132-138.
- Shaharuddin Ahmad (1994) The diurnal variation of rainfall and urban development in Kuala Lumpur (in Malay). Paper presented at the National Seminar of the Malaysian Association of Geography. Science University of Penang. 17 – 19 August.
- Shaharuddin A, Noorazuan MH, Yaakob Jani (2006b) Menangani fenomena pulau haba (PHB) sebagai isu alam sekitar di Malaysia khususnya di Bandaraya Kuala Lumpur. In: Stanislus *et al.* (eds) *Kemelayuan Indonesia dan Malaysia - Vol 1*, pp. 593-606. Department Kebudayaan dan Pariwisata RI, Jakarta.
- Spencer W (2006) The public and climate change. The discovery of global warming, American Institute of Physics.
- Sneyers R (1990) On the statistical analysis of series of observation. WMO Technical, Note No 143, Geneva.
- Strecker E, Liptan T (2003) Ecoroofs (greenroof). A more sustainable infrastructure. National Conn on Urban Stormwater: Enhancing Programs at the Local Level. February.
- Tangang FT, Juneng L, Ahmad S (2006) Trend and interannual variability of temperature in Malaysia: 1961–2002. *Theor Appl Climatol* **89** (3–4), 127–141.
- Wong NH, Chen Y (2003) Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International* **29**, 547–558.
- Wan Zawiah WZ, Suhaila J, Sayang M, Aziz Jemain A (2009) Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971–2005. *Theoretical and Applied Climatology*. DOI 10.1007/s00704-009-0141-x

Zainab Siraj (1980) Pulau haba dan aplikasinya terhadap keupayaan pencemaran udara di Johor Bahru. Latihan Ilmiah Sarjanamuda Sastera, Jabatan Geografi, Universiti Kebangsaan Malaysia (Tidak diterbitkan).