



## Anomali thermal, indeks bahangan dan pulau haba bandar semasa musim haji di Arab Saudi

Noorazuan Md Hashim<sup>1</sup>, Shamsuddin Man<sup>1</sup>, Rohimi Shapiee<sup>2</sup>, Asmala Hj Ahmad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, Universiti Kebangsaan Malaysia, <sup>2</sup>Fakulti Undang-Undang, Universiti Kebangsaan Malaysia, <sup>3</sup>Fakulti Teknologi Maklumat dan Komunikasi, Universiti Teknikal Melaka

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

### Abstrak

Keterdedahan wilayah tandus Arab Saudi kepada anomali thermal berupaya mencetuskan fenomena stress haba (*heat stress*) dan juga strok haba (*heat stroke*) kepada manusia. Terdapat peningkatan kes yang berkaitan dengan jumlah kematian yang mendadak akibat kepanasan melampau di Arab Saudi. Secara umumnya, kajian ini cuba meneliti perubahan dalam anomali thermal dan fenomena pulau haba di tiga bandar utama Makkah, Madinah dan Jeddah, khususnya pada musim haji. Kajian ini menggunakan pendekatan saintifik dan analisis kuantitatif dengan mengaplikasikan maklumat sekunder klimatologi dan data penderiaan jauh MODIS. Hasil kajian mendapati menunjukkan hampir 48.3% amalan manasik haji telah dilakukan semasa musim panas, indeks bahangannya telah dikategorikan sebagai Bahaya Ekstrim. Maklumat berkenaan telah menunjukkan potensi keujudan strok haba adalah lebih tinggi berlaku pada musim haji di antara bulan-bulan April hingga September. Hasil penelitian analisis meteorologi tempatan ketiga-tiga bandar juga telah membuktikan bandar Madinah merupakan sebuah bandar yang kurang mengalami keadaan suhu ekstrim di antara 1982-2012, berbanding dengan bandar-bandar yang lain. Hasil kajian juga mendapati bandar Jeddah dan Makkah merupakan dua bandar utama yang termasuk didalam jaluran zon tidak selesa (gelombang haba ekstrim). Walaupun intensiti pulau haba berkenaan tidaklah begitu besar, namun sekiranya maklumat berkenaan tidak diintegrasikan ke dalam pelan pembangunan bandar dan wilayah, berkemungkinan kesejahteraan manusia terhadap sekitaran akan terjejas akibat peningkatan haba di bandar.

**Katakunci:** anomali thermal, haji, indeks bahangan, pulau haba bandar, stress haba, strok haba

## Thermal anomaly, heat index and urban heat island during the Hajj season in Saudi Arabia

### Abstract

The exposure of thermal anomaly within Saudi Arabia region has invariably triggers a unique climate phenomenon called heat stress and heat stroke among its inhabitants. There are an increasing number of cases associated with sudden death due to extreme heat in Saudi Arabia. In general, this study attempts to examine the changes in the thermal anomaly and the heat island phenomenon in three major cities of Mecca, Medina and Jeddah, particularly during the Hajj period by means of quantitative analyses of secondary information on climatology and MODIS remote sensing data. The study found that almost 48.3% of pilgrimage took place in summer, during which the heat index was categorized as of Extreme Danger. There was a potential existence of heat stroke within the Hajj season between the months of April to September. Local meteorological analysis had also established that Medina had experienced less extreme temperature conditions between 1982-2012 if compared to other cities. The study also found that the city of Jeddah and the city of Mecca were amongst the two main cities classified in the extreme heat wave category. Despite the minimal heat island intensity observed, the information is nevertheless essential to be

integrated into any urban and regional development plans that seek to reduce the heat hazard of Saudi Arabia's urban dwellers.

**Katakunci:** Hajj season, heat index, heat stress, heat wave, thermal anomaly, urban heat island

## Pendahuluan

Geobencana bandar yang disebabkan oleh anomali thermal atau perubahan suhu secara mendadak telah menjadi suatu fokus penelitian ahli penyelidikan pelbagai disiplin, khususnya di negara bergurun dan tandus. Kesan negatif akibat bencana tersebut seperti kematian mengejut akibat strok haba (*heat stroke*), gangguan kepada pola taburan ekstrim hujan serta perubahan mikroiklim di kawasan bandar, sebagai contoh menyedarkan peripentingnya kajian yang dilakukan menerusi pendekatan intra dan inter disiplin kajiiklim bandar.

Umumnya, terdapat dua perkara utama yang diperkatakan dalam konteks geobencana bandar akibat anomali thermal, iaitu pertama faktor semulajadinya: keadaan kekeringan atau bahangan melampau akibat samada dari pemanasan global ataupun akibat keadaan cuaca tempatan. Keduanya, faktor kemanusiaan (yang dilihat sebagai berskala mikro), iaitu penambahan aktiviti kemanusiaan dan modenisasi yang meningkatkan tenaga haba di kawasan bandar yang mencetuskan fenomena pulau haba. Kedua-duanya akan dilihat di suatu kawasan kajian yang sangat menarik iaitu negara Arab Saudi yang mengalami iklim gurun yang ekstrim, samada di waktu siang panas yang melampau manakala malamnya yang rendah suhunya.

Pemilihan negara berkenaan sebagai tapak kajian dilihat sangat menarik memandangkan terdapat beberapa lokasi utama di negara berkenaan yang menjadi pusat ibadah utama bagi umat Islam seluruh dunia, iaitu untuk menunaikan kefarduan amalan haji dan umrah yang dilakukan pada bulan-bulan tertentu di samping keterdedahan lokasi berkenaan dengan aspek gelombang haba ekstrim.

Bagaimanapun, pada bulan-bulan Islam bermula bulan Rejab sehinggalah Zulhijjah, khususnya pada 8 hingga 13 Zulhijjah dianggap tempoh masa di mana jumlah pengunjung ahli ibadah paling ramai diterima oleh kerajaan Arab Saudi (Gabal & Salem, 2003). Jumlah kematian yang disebabkan oleh gangguan suhu ekstrim pada masa tersebut telah menjadi isu penting dan beberapa langkah penyelesaian telah dan masih dilakukan bermula pada dua dekad yang lepas.

Faktor pembangunan bandar atau urbanisasi yang rancak di kawasan berkenaan khususnya dan di rantau Arab amnya semenjak dua dekad yang lalu juga telah dilaporkan membawa kepada aspek geobencana terbitan manusia iaitu pulau haba bandar. Ianya bukan sahaja akan mengakibatkan perendahan kualiti keselesaan termal bandar, malahan ia juga menyebabkan tekanan terhadap kepenggunaan tenaga elektrik di kawasan bandar untuk penyejukan rumah dan juga badan manusia (Grimmond, 2007).

Perubahan suhu mendadak yang ketara yang membawa kepada gangguan kesihatan manusia, samada fizikal dan mentalnya telah banyak diteliti (Gabal & Salem, 2003; Fatani et al., 2002; Mehta & Jaswal, 2003; Yaqub et al., 1986). Perubahan iklim global yang diperkuatkan lagi dengan aktiviti pambandan dan kemanusiaan di kawasan bandar yang menghasilkan kesan pulau haba telah memburukkan lagi keadaan skala magnitud geobencana bandar (Shaharuddin et al., 2007).

## Isu dan permasalahan kajian

Dengan kadar pembangunan yang meningkat di dalam wilayah Arab, proses urbanisasi dijangka akan mengakibatkan berlakunya perendahan mutu kualiti hidup di kawasan bandar. Masyarakat *vulnerable* serta yang terdedah dengan bencana perubahan iklim mikro bandar akan semakin bertambah, sesuai dengan migrasi masuk penduduk ke kawasan padat bandar. Menurut Ahmed (1988) dan Abderahman

(2008), urbanisasi yang rancak di wilayah Arab adalah disebabkan oleh kemasukan migrasi antarabangsa secara besar-besaran berikutan wujud permintaan tenaga buruh untuk pembangunan wilayah berkenaan.

Adalah dijangkakan jumlah penduduk di wilayah Arab akan mencapai 395 juta penduduk pada tahun 2020 dan dianggarkan hampir 70% akan mendiami kawasan bandar (World Bank, 2008). Pertambahan penduduk dijangka memberi kesan buruk keatas keseimbangan alam sekitar dan mencetuskan perendahan kualiti alam sekitar khususnya di bandar. Masyarakat bandar di Arab Saudi juga akan terdedah dengan geobencana seperti perubahan mikro iklim dan keselesaan thermal akibat pertambahan aktiviti kemanusiaan dan mencetuskan fenomena pulau haba iaitu pertambahan atau kemasukan tenaga haba ke dalam ekosistem bandar (Sofer & Potchter, 2006).

Sebenarnya, keterdedahan wilayah berkenaan dengan anomali thermal khususnya keadaan gelombang haba akibat suhu permukaan ekstrim akibat iklim tempatan yang diperkuatkan dengan perubahan iklim global ditambahkan pula dengan lebih haba bandar (pulau haba) akan mencetuskan stress haba (*heat stress*). Keadaan tersebut berupaya mengakibatkan;

- Perendahan didalam keselesaan manusia (human comfort) terhadap sekitaran
- Peningkatan dalam penggunaan tenaga elektrik untuk penyejukan, dan
- Perubahan mikroiklim bandar akibat gangguan keseimbangan haba sekitaran

Kesan perubahan persekitaran akan lebih dirasakan di kawasan wilayah Arab yang tandus dan kering sepanjang tahun dan keletakan geografi di kawasan yang gurun yang mempunyai suhu ekstrim yang melampau menghasilkan gelombang haba yang dahsyat. Kesan gelombang haba ini bukan saja merosakkan hasil tanaman malahan ia juga menyebabkan kecederaan, penyakit dan kematian kepada manusia. Kesan berkenaan akan lebih dirasakan pada musim Haji dimana lebih 3 juta penganut agama Islam menjalankan kewajipan rukun Islam yang ke 5.

## Objektif kajian

Secara umumnya, kajian ini cuba meneliti perubahan dalam anomali thermal dan fenomena pulau haba di tiga bandar utama Makkah, Madinah dan Jeddah, khususnya pada musim haji: Ringkasnya objektif kajian digariskan seperti berikut;

- meneliti keadaan meteorologi tempatan jangka panjang di kawasan kajian, khususnya keadaan gelombang haba pada tempoh kajian 1982-2010
- meneliti perubahan suhu permukaan spatial di kawasan kajian dengan mengaplikasi data MODIS pada tempoh kajian 2000-2010
- meneliti kesan pulau haba terhadap keselesaan termal di kawasan kajian

## Gelombang haba, indeks bahangan dan pulau haba bandar

Secara umumnya, gelombang haba adalah suatu jangkamasa di mana cuaca tempatan terlalu panas berpanjangan yang diikuti dengan kelembapan bandingan yang tinggi (Collins, 2009). Dari aspek iklim bandar, gelombang haba ini ditakrifkan sebagai suatu jangkamasa (sama ada dalam kiraan hari atau jam) suhu sekitaran mampu membawa bencana terhadap manusia yang terdedah kepada situasi ini (Mehta & Jaswal, 2003). Justeru, ia boleh jadi dalam beberapa jam ataupun beberapa hari yang mengakibatkan ketidakselesaan thermal, penyakit dan juga maut.

Dengan perubahan iklim global yang tidak keruan pada hari ini, gelombang haba bukan sahaja wujud di negara bergurun seperti Arab Saudi, malahan ia juga berlaku di seluruh dunia. Wujud kematian yang dilaporkan berlaku di seluruh dunia akibat gelombang haba ini. Fenomena *hyperthermia* adalah suatu keadaan di mana badan manusia tidak lagi mampu untuk mengawal suhu badan sehingga suhu badan meningkat secara mendadak dan mengakibatkan kehilangan fungsi jantung dan membawa kepada kematian mengejut.

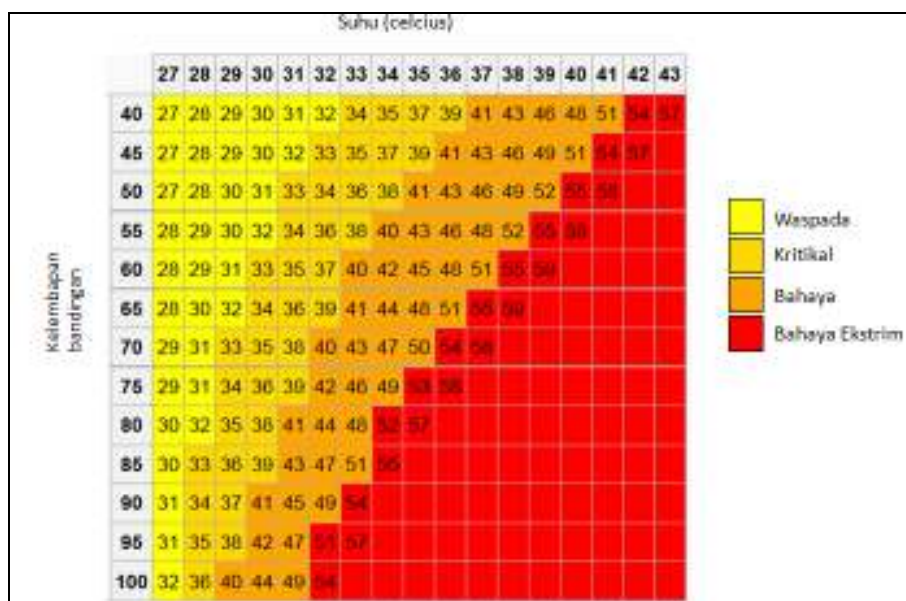
Berdasarkan kepada perbincangan di atas, gelombang haba bukan sahaja menimbulkan isu stress haba (*heat stress*), malahan di kes-kes tertentu, wujud strok haba (*heat stroke*) yang membawa kepada kehilangan hartabenda dan juga kematian. Kajian oleh Gabal dan Salem (2003) di Arab Saudi berkaitan dengan kadar kematian semasa haji lebih menjurus kepada isu kesihatan terdahulu para hujjaj yang dikategorikan warga tua yang berpenyakit. Namun penelitian mereka juga mendapati para hujjaj yang mengalami masalah haba lebihan yang juga membawa kepada kematian jemaah haji. Penelitian mengenai masalah gelombang haba di Eropah pada tahun 2003 telah dianggap ‘bencana USD 1 billion’ (EPI, 2006) jelas menunjukkan kepada kita tahap keterukan bencana kepada ekonomi manusia walaupun ia datang dalam beberapa hari sahaja.

Fenomena pulau haba dilihat telah menjadi suatu norma di bandar seluruh dunia. 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) 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).

Tren peningkatan suhu global telah mula dikesan sejak pen ghujung 1960an. 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).

Untuk mengukur sejauhmana kesan bahangan atau haba terhadap darjah bencana kepada manusia, disini Indeks Bahangan yang diterbitkan oleh pihak the National Oceanic and Atmospheric Administration atau ringkasnya *NOAA* digunakan. Pihak NOAA adalah sebuah badan kerajaan Amerika Syarikat yang memberi perhatian terhadap perubahan keadaan lautan dan atmosfera. Maklumat penuh berkaitan dengan indeks bahangan ini boleh diakses secara online melalui laman web <http://www.nws.noaa.gov/os/heat/index.shtml>.

Indeks bahangan haba adalah satu indeks yang mengambilkira faktor suhu sekitaran dan juga kelembapan bandingan (Rajah 1). Rajah tersebut memberi gambaran suhu yang dianggap memberi impak kepada kesihatan manusia. Berdasarkan kepada data yang lepas, terdapat beberapa masa di mana suhu sekitaran telah melebihi 45° Celcius dan membawa kepada kematian mengejut di Arab Saudi (Mehta & Jaswal, 2003; Al Ghamdi, 2002).



Sumber: [www.hpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex.shtml](http://www.hpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex.shtml)

Rajah 1. Indeks bahangan haba

Secara kesimpulannya, gabungan peningkatan gelombang haba akibat faktor perubahan global dan juga penjelmaan pulau haba bandar dianggap sebagai sebagai satu bencana kepada umat manusia, terutamanya kepada golongan yang lemah, tua dan juga kanak-kanak. Keterdedahan mereka kepada gelombang berkenaan mampu membawa penyakit kronik dan juga kematian. Ini akan lebih dirasai kepada golongan yang khususnya datang dari zon selesa atau iklim sederhana dan tropika rendah yang tidak begitu terdedah dengan cuaca ekstrim sedemikian. Justeru, penelitian perubahan gelombang haba dan pulau haba bandar di dalam tempoh masa ibadah Haji adalah sangat signifikans dan akan memberi sedikit sebanyak ilmu berkaitan dengan perubahan iklim bandar di kawasan tersebut.

## **Metodologi dan kawasan kajian**

Secara umumnya, kajian ini cuba meneliti perubahan dalam anomali thermal dan fenomena pulau haba di tiga bandar utama Makkah, Madinah dan Jeddah, khususnya pada musim haji. Beberapa bentuk data telahpun dikenalpasti dalam strategi metodologi. Secara umumnya, metodologi yang diaplikasikan adalah bersifat analisa kuantitatif yang berlandaskan kepada sains gunaan. Secara ringkasnya kepenggunaan dan kepelbagaian data adalah seperti berikut;

### *Data sekunder*

Kebanyakan data sekunder adalah data terbitan untuk analisis kuantitatif. Di antara data yang dikutip untuk tujuan analisis klimatologi termasuklah beberapa stesen utama terutamanya 3 bandar iaitu Makkah, Madinah dan Jeddah. Terdapat beberapa agensi kerajaan Arab Saudi yang sudi memberikan bantuan teknikal dan set data yang diperlukan, ianya termasuk;

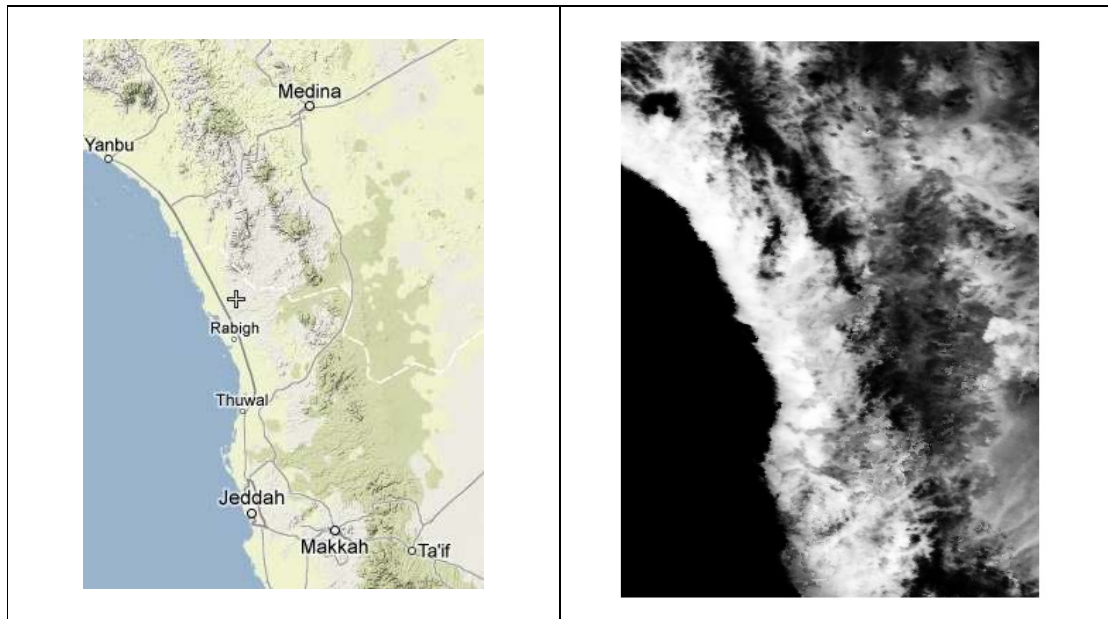
- Kementerian Kesihatan Arab Saudi
- Tabung Haji Malaysia
- Kementerian Pertahanan dan Aviasi Arab Saudi
- Kementerian Haji & Umrah Arab Saudi, dan
- Pusat Klimatologi dan Alam Sekitar Kebangsaan Arab Saudi

### *Ulasan karya berkaitan*

Memandangkan kajian ini meliputi beberapa bidang tertentu dan merentasi bidang (inter dan intra disiplin), makanya keperluan untuk mengutip ulasan karya yang berkaitan adalah menjadi keperluan asas. Selain maklumat ulasan karya ini dikutip dari sistem Online Perpustakaan UKM, terdapat juga sumber-sumber lain yang digunakan termasuk Pusat Pelanggan Tabung Haji, Pejabat Jabatan Kemajuan Agama Islam, (JAKIM) Putrajaya, Pusat Remote Sensing, Fakulti Kejuruteraan dan Sains Industri, Universiti Tokyo, Jepun dan juga Asian Institute of Technology, Bangkok.

### *Pemprosesan maklumat imej satelit*

Kajian menggunakan maklumat ruangan remote sensing MODIS yang telah diproses terlebih dahulu dari The Institute of Industrial Science, University of Tokyo dan juga MODIS Ground Receiver of Asian Institute of Technology, Bangkok. Penerima MODIS memantau perubahan suhu bumi menerusi 36 jalur spektrum termasuklah jalur termal. Satu subset imej MODIS yang merangkumi kawasan Pantai Barat Arab Saudi (Rajah 2) telah dilakukan untuk memfokuskan kepada kawasan kajian iaitu Jeddah, Makkah dan Madinah.



**Rajah 2.** Kawasan kajian (kiri) dan subset imej MODIS (kanan)

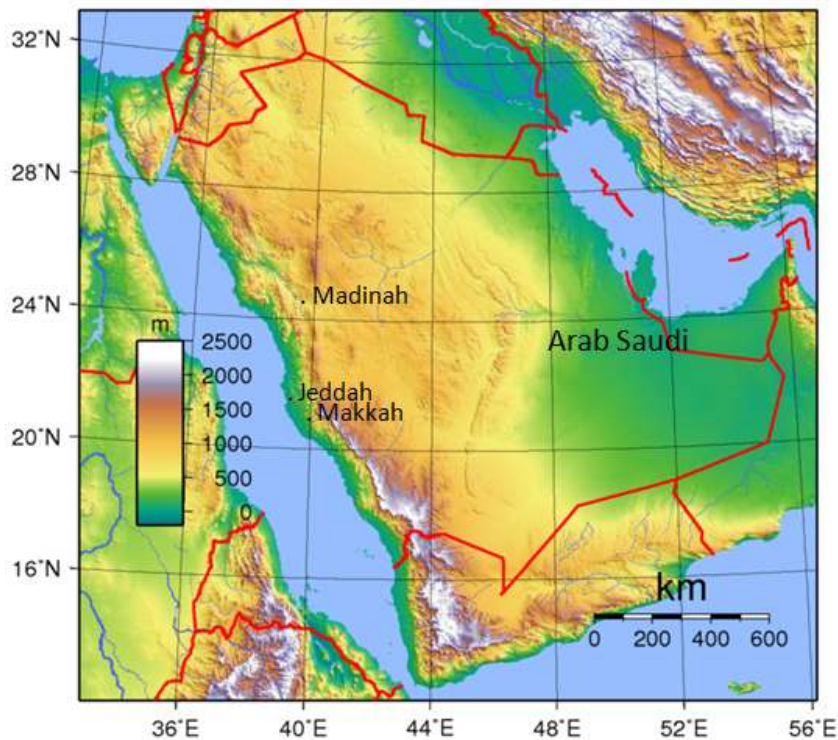
Sistem MODIS akan mencerap maklumat suhu permukaan dua kali iaitu pada waktu siang, sekitar jam 10 hingga 12 tengahari, manakala maklumat suhu permukaan pada waktu malam dicerap di antara jam 7 hingga 11 malam (waktu tempatan). Sistem penderiaan jauh MODIS jalur termal biasanya difokuskan pada wilayah jalur 10.5 to 12.5  $\mu\text{m}$  (split window) untuk mengelakkan faktor 'absorption' jalur ozon (Wataru 2008). Imej berkenaan telah digeorujuk dan item *scale factor* telah ditetapkan kepada nilai 0.02 supaya peta digital boleh diselaraskan kedalam media perisian penderiaan jauh.

Keseluruhan proses penghasilan imej komposit MODIS disediakan mengikut prosidur yang ditetapkan. Dalam proses kuantifikasi suhu permukaan bumi, imej subset MODIS akan diintegrasikan dengan perisian ImageJ. Imej mentah subset MODIS akan diformat kembali dalam format *Unsigned 16* dan diselaraskan kepada jenis Little Endian byte order di dalam perisian ImageJ.

Maklumat suhu pada setiap lokasi terpilih akan direkodkan untuk setiap bulan, bergantung kepada keadaan data yang sediada dari tahun 2000 hingga 2010. Data dari tarikh 1 hingga 15 Zulhijjah digunakan untuk analisis kesan pulau haba di ketiga-tiga bandar. Beberapa lokasi bandar dan luar bandar akan dipilih dan digunakan didalam mencerap intensiti pulau haba. Kesemua data berkenaan akan digunakan untuk melihat sejauhmana wujudnya gelombang haba dan juga perubahan suhu permukaan yang menghasilkan fenomena pulau haba di kawasan kajian. Perisian SPSS akan digunakan bagi menganalisis statistik inferential berkaitan perubahan suhu di kawasan kajian.

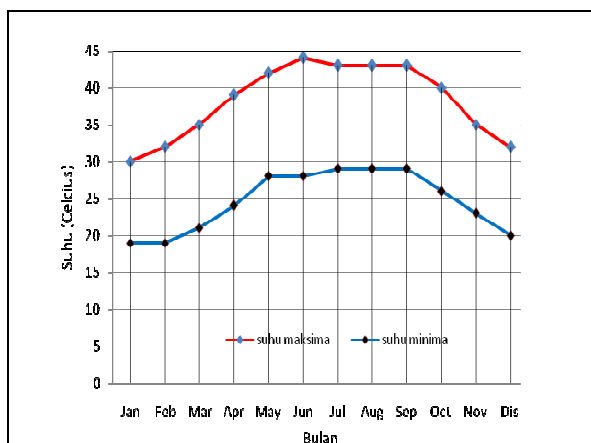
### **Mikroiklim dan Indeks Bahangan Makkah, Madinah dan Jeddah**

Keamatan haba, keterikan suria dan ketandusan merupakan ciri-ciri geografi kawasan gurun Arab Saudi (Rajah 3). Di antara keunikan kawasan kajian ini adalah wujudnya lokasi yang mengalami musim panas melebihi 50°C pernah direkodkan. Pada musim sejuk pula, keadaan fros boleh berlaku di kawasan pendalaman atau pergunungan, namun kadar kekerapan ianya berlaku adalah sangat kecil.



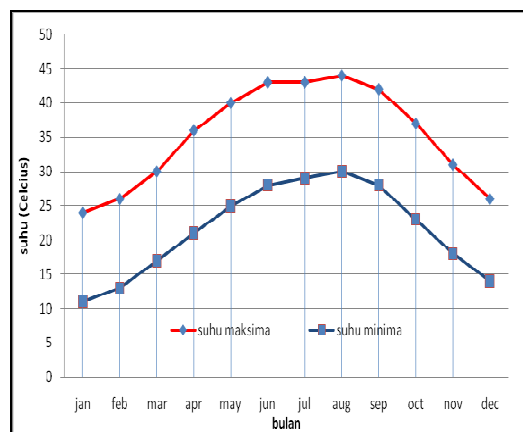
**Rajah 3.** Lokasi keletakan ketiga-tiga bandar kajian di Arab Saudi

Suhu terendah yang pernah direkodkan pada dekad yang lampau adalah sekitar ialah  $-12.0^{\circ}\text{C}$  (Lokasi: Turaif, Arab Saudi). Jumlah curahan tahunan biasanya sangat kurang iaitu di bawah 100 mm, namun wujud keadaan basah ekstrim yang membawa kepada fenomena banjir kilat di kawasan bandar seperti di Riyadh dan Jeddah. Jangka masa hujan biasanya adalah di antara bulan Mei hingga Oktober. Iklim di Arab Saudi sangat berbeza di antara wilayah pesisir pantai dan kawasan pedalamannya. Kawasan pesisiran pantai memiliki kelembapan yang tinggi dan suhu yang dianggap normal (iaitu di bawah  $38^{\circ}\text{C}$ ) sedangkan kawasan pedalaman sangat kering dan suhu udaranya sangat tinggi berbanding kawasan pantai (purata  $45^{\circ}\text{C}$  di musim panas) kadangkala boleh mencapai tahap suhu maksima sehingga  $54^{\circ}\text{C}$ .



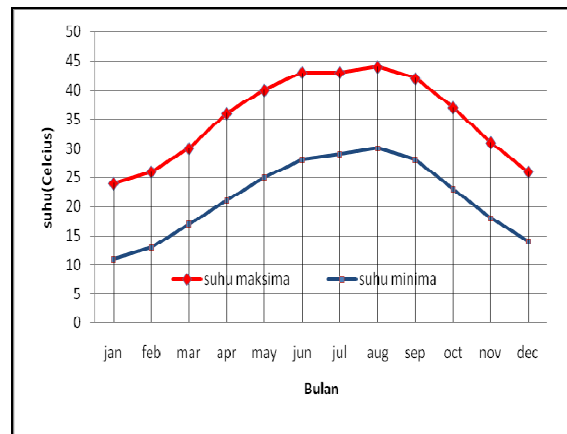
*Sumber:* Pusat Persekitaran dan Meteorologi Kebangsaan Arab Saudi

**Rajah 4.** Taburan suhu bulanan di Makkah (1984-2012)



*Sumber:* Pusat Persekitaran dan Meteorologi Kebangsaan Arab Saudi

**Rajah 5.** Taburan suhu bulanan di Jeddah (1982-2012)



Sumber: Pusat Persekitaran dan Meteorologi Kebangsaan Arab Saudi

**Rajah 6.** Taburan suhu bulanan di Madinah (1976-2012)

Maklumat meteorologi jangka panjang bagi ketiga-tiga bandar tersebut dikaji dengan teliti. Maklumat meteorologi berkenaan adalah dari tahun 1984 hingga 2012, iaitu jangkamasa 29 tahun. Di Makkah, musim panas biasanya berlangsung dari 7 Mei hingga 10 Oktober dengan suhu yang tinggi purata harian di atas 41 °C (Rajah 4). Pada hari yang paling panas di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) ialah 12 Jun, dengan paras purata 43°C. Musim sejuk berlangsung dari 5 Disember sehingga 24 Februari dengan suhu purata harian yang tinggi di bawah 32°C. Hari paling sejuk di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) adalah pada 19 Januari, dengan rendah purata 19°C.

Di Makkah, tanggal 21 Jun dianggap sebagai hari yang paling jelas di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) di mana langit adalah jelas manakala pada 2 Januari, hari yang paling berawan. Di Makkah juga, kelembapan bandingan biasanya antara 19% (kering) kepada 80% (lembap) sepanjang tahun ini, namun ia jarang turun di bawah 12% (sangat kering), atau melebihi 91% (sangat lembab).

Bulan-bulan Disember sehingga Februari dianggap sebagai bulan yang paling selesa di Makkah dari aspek kelembapan bandingan dan suhu permukaan, yang dijangkakan tidak membawa banyak masalah strok haba untuk pengunjung atau bakal jemaah haji (jika berlakunya musim haji di waktu tersebut). Manakala bulan-bulan Mei sehingga Oktober dianggap sebagai bulan yang paling mencabar kerana wujudnya keadaan panas terik dan zon suhu tidak selesa yang paling ekstrim di Makkah.

Di Jeddah, musim panasnya berlangsung dengan purata dari 17 Mei sehingga 10 Oktober di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) dengan suhu yang tinggi purata harian melebihi 37°C (Rajah 5). Pada hari yang paling panas di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) adalah pada 7 Julai, dengan paras purata 39°C. Musim sejuk berlangsung di antara 13 Disember sehingga 28 Februari dengan suhu purata harian di bawah 30°C. Hari paling sejuk di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) ialah 12 Februari, dengan rendah purata 18°C.

Kelembapan bandingan di Jeddah biasanya di antara 30% (kering) kepada 89% (sangat lembab) di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) dan ianya jarang turun sehingga 17% (kering) atau mencapai setinggi 96% (sangat lembab). Udara kering sekitar 7 Julai, di mana pada masa kelembapan jatuh di bawah 39% manakala waktu paling lembap adalah pada sekitar 3 Oktober yang melebihi 84% (lembap).

Di Madinah Al Munawwarah, sepanjang tahun suhu biasanya berubah-ubah dari 12°C hingga 43°C dan jarang di bawah 8°C atau melebihi 46°C (Rajah 6). Musim panas berlangsung di antara 16 Mei sehingga 4 Oktober dengan suhu yang tinggi purata harian di atas 39°C. Pada hari yang paling panas di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012) adalah pada 19 Ogos, dengan suhu purata 43°C dan suhu minima 30°C. Musim sejuk berlangsung dari 30 November sehingga 24 Februari dengan suhu purata harian yang di bawah 27°C. Hari paling sejuk tahun ini ialah 16 Januari, dengan suhu purata 12°C.

Kelembapan bandingan di Madinah biasanya di antara 6% (sangat kering) hingga 63% (sedikit lembap) di dalam jangkamasa tersebut (1984-2012), jatuh serendah 3% (sangat kering) dan mencapai



setinggi 98% (sangat lembab). Udara kering sekitar tanggal 14 Jun, di mana kelembapan bandingan telah jatuh di bawah 7%, manakala keadaan yang sangat lembap dialami di sekitar 1 Januari, melebihi 48%.

Jadual 1 menunjukkan maklumat suhu, kelembapan bandingan dan indeks bahangan (Indeks NOAA) semasa musim haji 1982-2010. Maklumat haji (tarikh wukuf) selama 29 tahun dari tahun 1982 sehingga 2010 telah menunjukkan amalan haji telah dilakukan hampir 48.3% adalah semasa musim panas dan nilai komposit antara suhu permukaan dan kelembapan bandingan telah dikategorikan sebagai Bahaya Ekstrim (BE), di mana bacaan indeks bahangan dianggap melebihi 54o Celcius. Hanya 27.6% musim haji di dalam kategori Bahaya (B), manakala keadaan zon Waspada (W) dan Kritikal (K) masing-masing 17.2% dan 6.9% (Rajah 7).

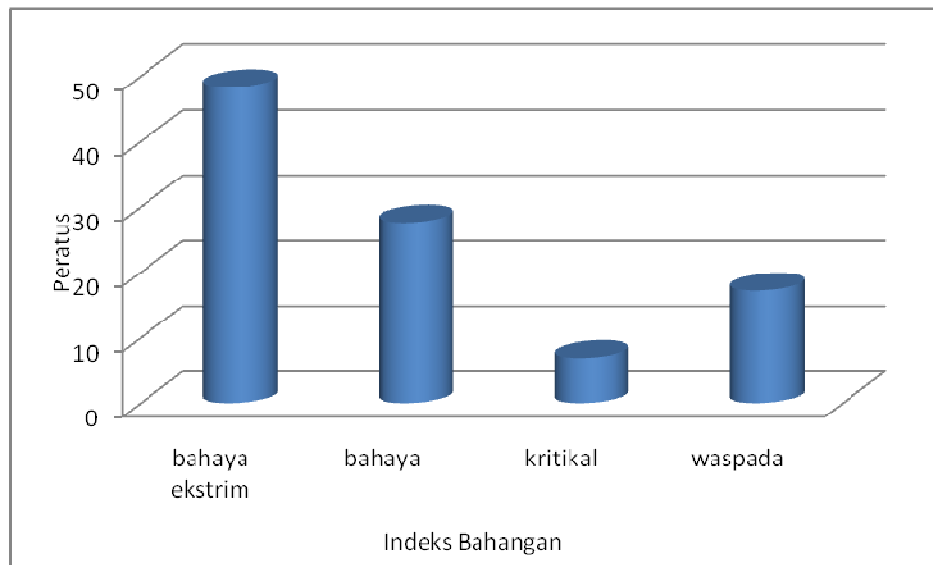
**Jadual 1. Maklumat suhu, kelembapan bandingan dan indeks bahangan semasa musim haji 1982-2010**

Tahun	Jumlah Hujjaj	Tarikh wukuf di Arafah	Suhu Tertinggi (C°)	Kelembapan Bandingan (%)	Indeks Bahangan
1982	2,011,555	27 Sept 1982	38	50	B
1983	2,501,706	16 Sept 1983	39.5	52	B
1984	1,664,478	5 Sept 1984	43	65	BE
1985	1,589,776	25 Ogos 1985	44.5	85	BE
1986	1,600,475	14 Ogos 1986	43	56	BE
1987	1,619,324	3 Ogos 1987	43.2	37	BE
1988	1,379,556	21 Julai 1988	42	65	BE
1989	1,466,995	12 Julai 1989	49.8	77	BE
1990	1,644,470	1 Julai 1990	41.8	58	BE
1991	1,628,186	21 Jun 1991	43.2	62	BE
1992	2,178,141	10 Jun 1992	42.7	47	BE
1993	2,035,375	30 Mei 1993	40.8	57	BE
1994	1,533,506	18 Mei 1994	47	76	BE
1995	1,537,168	8 Mei 1995	41.2	37	B
1996	1,609,423	27 April 1996	39.0	62	BE
1997	1,688,500	15 April 1997	40.2	50	BE
1998	1,718,186	6 April 1998	22.4	88	W
1999	1,831,998	26 Mac 1999	35.2	59	B
2000	1,733,785	15 Mac 2000	37.2	76	BE
2001	1,913,263	4 Mac 2001	36.4	70	B
2002	1,944,760	22 Feb 2002	35.3	62	B
2003	2,041,129	11 Feb 2003	32.2	53	K
2004	2,012,074	2 Feb 2004	27.4	54	W
2005	2,164,469	17 Jan 2005	27.2	44	W
2006	2,130,594	9 Jan 2006	31.5	49	K
2007	2,454,325	30 Dis 2007	34.3	60	B
2008	2,483,344	7 Dis 2008	33.2	20	W
2009	2,521,000	27 Nov 2009	28.1	68	W
2010	2,800,000	17 Nov 2010	40.2	49	B

Sumber: Pusat Persekitaran dan Meteorologi Kebangsaan Arab Saudi

Indeks Bahangan

- Waspada (W) : Tahap 1
- Kritikal (K) : Tahap 2
- Bahaya (B) : Tahap 3
- Bahaya Ekstrim (BE) : Tahap 4



**Rajah 7.** Taburan indeks bahangan pada masa wukuf di Arafah

Maklumat berkenaan telah menunjukkan potensi keujudan strok haba akibat kehadiran gelombang haba adalah lebih tinggi berlaku pada musim haji di antara bulan-bulan April hingga September, iaitu waktu yang lebih awal dari waktu kehadiran musim panas di Arab Saudi, iaitu pada bulan Mei setiap tahun.

Hasil penelitian analisis meteorologi tempatan ketiga-tiga bandar juga telah membuktikan bandar Madinah merupakan sebuah bandar yang kurang mengalami keadaan suhu permukaan yang melampau di antara 1982-2012, berbanding dengan bandar-bandar yang lain. Hasil kajian juga mendapati bandar Jeddah dan Makkah merupakan dua bandar utama yang termasuk didalam jaluran zon tidak selesa (gelombang haba ekstrim). Namun, apa yang lebih membimbangkan adalah kepada bandar Makkah, lebih-lebih lagi pada musim haji memandangkan kebanyakan manasik haji dan amalan wajib dan sunat haji terletak di lokasi berkenaan.

### **Fenomena pulau haba bandar menerusi aplikasi penderiaan jauh**

Peningkatan suhu bandar akibat pemanasan global serta pembangunan infrastruktur bandar yang dikenali sebagai fenomena pulau haba dijangka membawa implikasi buruk atau bencana persekitaran kepada komuniti bandar di mana-mana lokasi di dunia. Di antara bentuk implikasi negatif kepada aspek sosio-ekonomi bandar akibat perubahan suhu ambien bandar peningkatan ketidakelesaan terma ekosistem bandar dan peningkatan kegunaan tenaga elektrik untuk menyederhanakan suhu sekitaran.

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).

Peningkatan suhu bandar mampu menjejaskan keadaan dayahuni masyarakat bandar di Arab Saudi. Bagaimanapun, sangat kurang penelitian yang dibuat di lokasi berkenaan, lebih-lebih lagi semasa musim haji. Justeru, kajian ini melihat sama ada fenomena pulau haba ini wujud atau tidak di ketiga-tiga bandar utama di Arab Saudi, semasa musim haji.

**Jadual 2. Fenomena Pulau Haba di Kawasan Kajian semasa musim haji 2000-2010 (berdasarkan data analisis MODIS)**

Tahun	Makkah				Madinah				Jeddah			
	Bandar		Luar bandar		Bandar		Luar bandar		Bandar		Luar bandar	
	suhu Siang (C)	suhu Malam (C)	suhu Siang (C)	suhu Malam (C)	suhu Siang (C)	suhu Malam (C)	suhu Siang (C)	suhu Malam (C)	suhu Siang (C)	suhu Malam (C)	suhu Siang (C)	suhu Malam (C)
2000	46.85	20.93	41.80	22.85	41.80	18.80	43.85	19.85	38.85	22.35	42.80	20.85
2001	43.85	21.85	37.85	20.85	34.85	15.85	37.85	15.80	34.85	22.85	40.85	23.85
2002	41.65	19.95	38.55	21.85	30.85	18.25	32.85	19.25	34.55	22.25	37.85	20.85
2003	36.65	20.35	35.45	22.35	30.85	16.35	33.05	16.05	33.75	22.15	34.85	22.35
2004	35.95	16.45	31.95	19.05	26.55	13.45	28.85	13.35	33.45	20.15	34.45	17.85
2005	28.25	12.85	28.85	18.15	24.35	10.85	25.65	11.35	30.25	17.65	24.85	14.65
2006	34.65	14.85	31.25	16.85	26.05	13.25	28.45	13.55	31.45	19.35	30.85	16.85
2007	38.05	20.55	35.35	21.55	23.85	15.85	26.35	14.85	35.85	24.35	36.35	23.85
2008	40.45	21.15	37.45	23.15	26.15	12.85	29.35	13.45	36.75	24.45	38.45	22.45
2009	32.05	21.45	31.05	22.45	26.15	16.35	27.45	17.45	33.05	23.15	31.05	20.45
2010	42.85	23.05	35.85	22.85	31.35	18.35	33.35	19.55	36.85	25.55	39.85	22.85
Purata	38.30	19.40	35.04	21.09	29.35	15.47	31.55	15.86	34.51	22.20	35.65	20.62

Jadual 2 menunjukkan hasil analisis data MODIS dari tahun 2000 sehingga 2010. Maklumat berkenaan telah diolah berdasarkan kepada imej komposit MODIS (siang dan malam) yang diperolehi dari University of Tokyo. Hasil analisis MODIS telah mendapati suhu permukaan pada waktu siang di Makkah adalah yang paling ekstrim ( $38.3^{\circ}$  Celcius) berbanding dengan bandar Madinah ( $29.35^{\circ}$  Celcius) dan Jeddah ( $34.51^{\circ}$  Celcius). Suhu permukaan pada waktu malam di Madinah adalah yang paling rendah ( $15.47^{\circ}$  Celcius) berbanding dengan bandar Makkah ( $19.4^{\circ}$  Celcius) dan Jeddah ( $22.2^{\circ}$  Celcius). Ringkasan hasil kajian boleh dilihat di dalam Jadual 3a hingga Jadual 3c.

**Jadual 3a. Intensiti Pulau Haba di Makkah**

Makkah Intensiti Pulau Haba		
Beza Siang (C)	Beza Malam (C)	Purata (C)
3.26	-1.69	0.78

**Jadual 3b. Intensiti Pulau Haba di Madinah**

Madinah Intensiti Pulau Haba		
Beza Siang (C)	Beza Malam (C)	Purata (C)
-2.20	-0.39	-1.29

**Jadual 3c. Intensiti Pulau Haba di Jeddah**

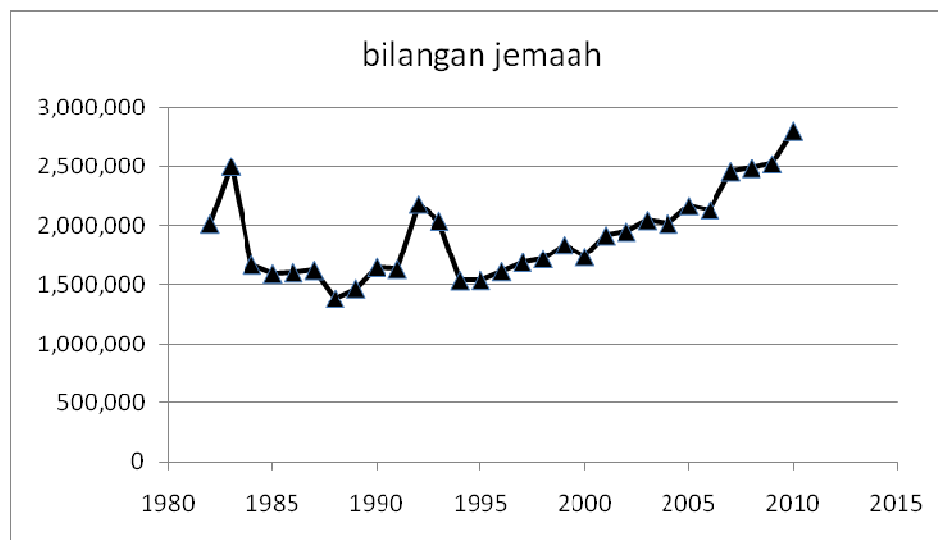
Jeddah Intensiti Pulau Haba		
Beza Siang (C)	Beza Malam (C)	Purata (C)
-1.11	1.58	0.24

## Perbincangan

Kajian mengenai gelombang haba dan kesan pulau haba bandar di ketiga-tiga bandar utama di Arab Saudi telah dijalankan dengan menggunakan data dan maklumat yang dibekalkan oleh pelbagai agensi. Secara umumnya, kajian ini telah berjaya menonjolkan keadaan meteorologi tempatan bandar-bandar berkenaan dan penekanan terhadap suhu ekstrim akibat gelombang haba berjaya ditunjukkan dengan jelas.

Secara umumnya, populasi penduduk adalah lebih tinggi di bandaraya pelabuhan iaitu Jeddah, berbanding dengan bandar Makkah dan Madinah. Ini adalah kerana bandaraya Jeddah dianggap bandaraya pengangkutan utama dan juga lokasi utama untuk sistem perkhidmatan dan komersil di Arab Saudi. Justeru, terdapat limpahan migrasi masuk ke kornubasi bandar pelabuhan Jeddah yang menyediakan peluang pekerjaan yang banyak dan berterusan.

Rajah 8 menunjukkan taburan jemaah haji yang datang ke Tanah Suci untuk mengerjakan amalan haji bermula pada tahun 1982 sehingga 2010. Adalah dilihat bahawa jumlah kedatangan jemaah haji tidak sekata (tanpa tren) di antara tahun-tahun 1982 sehingga 1994. Namun selepas tahun 1994, jumlah jemaah haji meningkat dari tahun ke tahun.



Rajah 8. Taburan jemaah haji dari 1982 hingga 2012

Di antara faktor utama peningkatan jumlah kedatangan pengunjung semasa musim haji selepas tahun 1994 adalah kerana faktor cuaca, di mana musim haji yang berlangsung di antara tahun 1995 hingga tahun 2012 adalah di dalam musim sejuk atau keadaan cuacanya tidaklah begitu panas. Hanya terdapat 3 tahun di mana indeks bahangnya dianggap sebagai Bahaya Ekstrim (BE) di antara 1994-2010, manakala selebihnya (11 tahun) berlakunya keadaan indeks BE di dalam tempoh berkenaan (1982-1994). Hasil analisis korelasi di antara jumlah jemaah haji dan suhu tertinggi di Arafah semasa musim haji telah menunjukkan perhubungan yang negatif ( $r = -0.46$ ,  $p < 0.05$ ), tetapi signifikan pada tahap keyakinan 0.05. Ini menunjukkan wujud pertalian songsang yang signifikan di antara suhu tertinggi di Arafah dan jumlah pengunjung haji dari 1982 sehingga 1994.

Hasil analisis pulau haba di ketiga-tiga bandar tersebut mendapati wujud fenomena pulau haba dan pulau sejuk di antara kawasan tersebut. Secara umumnya, bandar Makkah dan Jeddah telah menunjukkan kejudahan fenomena pulau haba dengan intensiti yang berbeza-beza, iaitu Makkah (0.78) dan Jeddah (0.24). Bagaimanapun, intensiti pulau haba yang tertinggi direkodkan adalah di bandar Jeddah pada waktu malam iaitu sebanyak 1.58. Ini menunjukkan kesan populasi dan aktiviti kemanusiaan seperti penggunaan peralatan hawa dingin (yang menghasilkan haba lebihan), di samping penjana tenaga

daripada aktiviti domestik yang lain dianggap sebagai pencetus kepada intensiti pulau haba yang tinggi bandar Jeddah pada waktu malam.

Perbezaan yang signifikan telah dilihat di antara suhu siang (bandar dan luar bandar) di Makkah iaitu  $t = 4.83$ ,  $dF=10$ ,  $p<0.001$ . Perbezaan yang signifikan juga telah dilihat di antara suhu malam (bandar dan luar bandar) di Makkah iaitu  $t = -3.46$ ,  $dF=10$ ,  $p<0.001$ . Ini membuktikan bahawa wujud kesan fenomena pulau haba di bandar berkenaan semasa kajian dilakukan. Satu lagi hasil analisis statistik inferential membuktikan bahawa bandar Jeddah juga telah menunjukkan kehadiran fenomena pulau haba di waktu malam ( $t=4.01$ ,  $dF=10$ ,  $p<0.001$ ). Hasil kajian juga telah membuktikan kesignifikanan keujudan pulau sejuk di bandar Madinah semasa waktu siang ( $t = -12.35$ ,  $dF=10$ ,  $p<0.001$ ).

Di kawasan tandus dan kering seperti di Arab Saudi, wilayah perbandarannya kadang kala lebih sejuk dari persekitaran desanya yang panas dan kering. Fenomena ini dikenali sebagai pulau sejuk, yang disebabkan kehadiran badan air dan juga kawasan hijau yang menyimpan kelembapan air berbanding kawasan desa atau luar bandar yang terdiri daripada wilayah padang pasir. Kajian Al Ghannam (2012) juga telah membuktikan bahawa kawasan persekitaran oasis dan tanaman mempunyai keupayaan penyejukan yang luarbiasa di kawasan tandus. Tenaga haba di kawasan hijau ini akan lebih digunakan untuk proses evapotranspirasi berbanding untuk memanaskan lanskap bandar. Faktor inilah boleh dikaitkan dengan kehadiran fenomena pulau sejuk yang signifikan di bandar Madinah, pada waktu siang.

## Kesimpulan

Hasil kajian ini telah mendapati tren kehadiran jemaah haji, samada yang datang dari luar negara teluk ataupun dari wilayah negara teluk sangat bergantung kepada keadaan cuaca dan kehadiran gelombang haba yang berkemungkinan membawa kepada ketidakselesaan dan kematian kepada pengunjung. Gelombang haba yang banyak membawa kes kematian akibat strok haba telah dilihat lebih banyak berlaku semasa musim haji yang berlangsung pada musim panas iaitu dari bulan-bulan April sehingga September.

Hasil kajian ini juga telah membuktikan bahawa tren perbandaran di bandar Makkah dan Jeddah telah dilihat menyumbang kepada pembinaan fenomena pulau haba. Walaupun intensiti pulau haba berkenaan tidaklah begitu besar berbanding dengan tren pulau haba di negara-negara maju dan membangun, namun sekiranya maklumat berkenaan tidak diintegrasikan ke dalam pelan pembangunan bandar dan wilayah kawasan tersebut, berkemungkinan keselesaan manusia terhadap sekitaran akan terjejas akibat peningkatan haba di kawasan bandar.

## Penghargaan

Penulis utama ingin merakamkan penghargaan kepada pihak Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, UKM Bangi kerana kelulusan cuti sabbatical selama Sembilan bulan bermula pada Mac 2013 berkaitan dengan penyelidikan anomali thermal dan pulau haba bandar di Arab Saudi.

## Rujukan

- Abderrahman W (2008) Assessment of climate changes on water resources in kingdom of Saudi Arabia. GCC Environment and Sustainable Development Symposium. Dhahran, Saudi Arabia.
- Al-Ghamdi, Hishame O Akbar, Yousife A Qario, Omero A Fathaldin, Rahed S Al-Rashed (2003) Pattern of admission to hospitals during muslim pilgrimage (Hajj) *Saudi Medical Journal* **10**, 1073-1076
- Al Ghannam, Mohammed Refadan Alhajhoj Al-Qahtnai (2012) Impact of vegetation cover on urban and rural areas of arid climates. *AJAE* **3** (1), 1-5. ISSN: 1836-9448.

- 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.
- Ahmed AB (1988) Migration and urbanization in Saudi Arabia: The case of Jeddah and Riyadh. Dissertations available from ProQuest. Paper AAI8824713. Available from: <http://repository.upenn.edu/dissertations/AAI8824713>.
- 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.
- Collins English Dictionary - Complete & Unabridged 10th Edition (2009) Harper Collins Publishers
- Earth Policy Institute (2006) Setting the record straight: More than 52,000 Europeans died from heat in summer 2003. [cited 5/3/2013]. Available from: [http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update56\\_data.htm](http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update56_data.htm).
- Fatani, Syed Z. Bukhari, Khalid A Al-Afif, Talal M Karima, Magdy R Abdulghani, Mohamad I Al-Kaltham (2002) Pyoderma among Hajj Pilgrims in Makkah. *Saudi Med J* **23** (7), 782-785.
- Gabal MS, Salem KA (2003) Pattern of heat stroke and heat exhaustion among pilgrims over 20 years (1982-2001). *The Egyptian Journal of Community Medicine* **21** (3).
- Grimmond S (2007) Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *Geographical Journal* **173**, 83-88
- 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.
- Mehta, Jaswal (2003) Heat stroke. *MJAFI* **59**, 140-143.
- Kim YH, Baik JJ (2002) Maximum urban heat island intensity in Seoul. *Journal of Applied Meteorology* **41**, 651-659
- Shaharuddin Ahmad (1997) Urbanization and human comfort in Kuala Lumpur-Petaling Jaya, Malaysia. *Ilmu Alam* **23**, 171-189.
- 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.
- Shaharuddin A, Noorazuan MH (2007) Effects of soil moisture on urban heat island occurrences: Case of Selangor, Malaysia. *Humanity & Social Science Journal* **2** (2), 132-138.
- Sham Sani (1973) The urban heat island: Its concept and application to Kuala Lumpur. *Sains Malaysiana* **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.
- Spencer W (2006) The public and climate change. The discovery of global warming, American Institute of Physics.
- Sofer M, Potchter O (2006) The Urban Heat Island of a city in an Arid Zone: The case of Eilat, Israel. *Theoretical and Applied Climatology* **85** (1-2), 61-88.
- Wong NH, Chen Y (2003) Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International* **29**, 547-558.

Yaqub BA, Al-Harhi SS, Al-Orainey IO, Laajam MA, Obeid MT (1986) Heat stroke at the Mekkah pilgrimage: Clinical characteristics and course of 30 patients. *Q J Med.* 59, 523-530.

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).

World Bank (2008) Arab world: Population. [cited 9/2/203]. Available from: <http://data.worldbank.org/country/ARB>.