

Kajian Hubungan Tekanan dan Suhu Terhadap Taburan Kerpasan di Malaysia Ketika Fenomena ENSO

(Study on Precipitation and Its Relation to Pressure and Temperature Over Malaysia During The ENSO Phenomenon)

Shuhaina Ibrahim, Nor Shahida Sahlan* & Mandeep Singh Jit Singh

ABSTRAK

Perubahan iklim merupakan ancaman paling besar terhadap alam sekitar dan manusia pada abad ke 21 ini. Suhu tahunan bumi telah beranjak naik dan turun beberapa darjah Celsius sejak beberapa juta tahun yang lampau. Trend suhu yang meningkat di kebanyakan tempat termasuk Malaysia sejak 30 hingga 50 tahun yang lalu. Ini menyebabkan peningkatan kekerapan dan intensiti kejadian cuaca yang ekstrem seperti kemarau, ribut dan banjir. Antara faktor yang mempengaruhi sebahagian besar iklim Malaysia adalah El Niño-Ayunan Selatan atau ringkasnya ENSO yang memberi kesan kepada kepelbagaian hujan. Malaysia adalah salah satu daripada negara-negara di Asia Tenggara yang mengalami kesan El Niño yang ketara dari segi anomali iklim serantau dan sosio-ekonomi kesejahteraan penduduknya. Kajian ini menggunakan data hujan daripada satelit Misi Mengukur Hujan Tropika ("Tropical Rainfall Measurement Mission", TRMM) yang dikenali sebagai Analisis Kerpasan Satelit Majmuk TRMM ('TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis', TMPA). Data ini digunakan untuk memantau keadaan kering dan lembap di Malaysia bagi tempoh lima belas (15) tahun bermula 2000 hingga 2014. Daripada kesemua hasil keputusan, didapati bahawa apabila berlaku fenomena La Nina sederhana pada tahun 2008, suhu pada MAM adalah berkadar songsang dengan kerpasan bagi kebanyakan lokasi. Seterusnya, apabila El Nino lemah pada tahun 2004/2005 dan 2006/2007, SLP pada DJF adalah berkadar songsang dengan kerpasan dan StnP pada DJF adalah berkadar songsang dengan kerpasan bagi kebanyakan lokasi. Data hujan TRMM bulanan juga mempunyai hubungan linear yang baik dengan data hujan stesen tadahan. Hasil kajian yang diperolehi daripada projek ini adalah sangat berguna untuk mengetahui trend kerpasan apabila dibandingkan dengan suhu dan tekanan supaya kita boleh buat persediaan bagi pihak kerajaan malah kepada orang perseorangan.

Kata kunci: Kerpasan; tekanan; suhu; ENSO; TRMM; TMPA

ABSTRACT

Climate change is the greatest threat to the environment and human beings in the 21st century. The annual temperature of the earth has been moved up and down a few degrees Celsius over the past few million years ago. The trend of rising temperatures in many places including Malaysia from 30 to 50 years ago. This results in increased frequency and intensity of extreme weather events such as droughts, storms and floods. Among the factors that affect most of the climate Malaysia is El Niño-Southern Oscillation or ENSO for short, which affects the diversity of the rain. Malaysia is one of the countries in Southeast Asia are experiencing the effects of El Niño anomalies are significant in terms of regional climate and socio-economic well-being of its people. The study used data from the rain Tropical Rain Measuring Mission Satellite (TRMM) known as Compound TRMM Satellite Precipitation Analysis (TMPA). This data is used to monitor the condition of dry and humid in Malaysia for a period of fifteen (15) years from 2000 to 2014. From the results, it appears that in the event of a moderate La Nina phenomenon in 2008, temperatures in MAM is inversely proportional to the precipitation of most locations. Next, when weak El Nino in 2004/2005 and 2006/2007, SLP at DJF is inversely proportional to the precipitation and tnp at DJF is inversely proportional to the precipitation for most locations. Monthly TRMM rainfall data also has a good linear relationship with watershed station rainfall data. The results obtained from this project is very useful to know the precipitation trend when compared with the temperature and pressure so that we can make preparations for the government and even to individuals.

Keywords: precipitation, pressure, temperature, ENSO, TRMM, TMPA

PENGENALAN

El Niño / Ayunan Selatan (ENSO) adalah fenomena iklim yang dominan yang mempengaruhi keadaan cuaca yang melampau di seluruh dunia. ENSO, datang di setiaiplima tahun dan apa yang biasanya berlaku ialah pemanasan di lautan disebabkan oleh angin membawa kepada penyebaran pemanasan ini di seluruh dunia. Pemulaan system El Nino dapat dilihat di seluruh Amerika Utara pada musim sejuk sebelumnya; biasanya termasuk berlakunya suhu musim sejuk yang ringan di barat Kanada dan utara barat Amerika Syarikat. Keadaan hujan di atas purata hujan di Pantai Teluk, termasuk Florida dan keadaan lebih kering daripada purata tempoh Ohio dan barat laut pasifik. Oleh itu dapatlah disimpulkan bahawa sekiranya keadaan yang sama berlaku di lokasi lain kemungkinan fenomena yang sama akan berlaku juga di Malaysia (Shang et al. 2016). Malaysia merupakan negara yang berada di kedudukan geografi yang strategik iaitu terletak berhampiran dengan Garisan Khatulistiwa. Ini mempengaruhi ciri-ciri iklim yang unik iaitu panas dan lembab dengan curahan hujan lebat sepanjang tahun dengan suhu tahunan kira-kira 27°C (Haliza 2009). Antara unsur-unsur cuaca Malaysia terdiri daripada suhu, hujan, sinaran matahari dan angin. Hujan di Malaysia adalah lebih kurang 2000 mm ke 3000 mm setahun memandangkan kedudukan Malaysia yang dikelilingi air yang banyak iaitu Laut China Selatan yang memisahkan Semenanjung Malaysia dengan Sarawak dan Sabah, Selat Melaka di sebelah Barat Semenanjung dan Laut Sulu di Timur Sabah (Mazlina 2013).

Di samping itu, Malaysia juga terletak di luar kawasan Lingkaran Api Pasifik serta angin taufan menyebabkan negara ini terlindung daripada bencana alam seperti gempa bumi, letusan gunung berapi dan taufan putting beliung. Namun, Malaysia dipengaruhi oleh kesan tiupan angin monsun yang ketara, iaitu angin Monsun Timur Laut dari bulan November ke Mac dan angin Monsun Barat Daya yang berlaku pada Mei hingga Septemberyang menyumbang kepada hujan lebat dan corak taburan hujannya. Secara umumnya, terdapat tiga jenis hujan yang kerap berlaku di kawasan tropika dan khatulistiwa iaitu hujan perolakan, hujan bukit dan hujan kilat. Angin Monsun Timur Laut yang bertiup dari Laut China Selatan membawa hujan bukit yang lebat ke kawasan tanah tinggi pantai timur Semenanjung Malaysia, bahagian tengah Banjaran Titiwangsa, pantai utara Sabah dan hampir seluruh negeri Sarawak. Tiupan angin Monsun Barat Daya pula membawa hujan yang lebat ke Bukit Larut di Banjaran Titiwangsa, tanah tinggi di Terengganu, pantai barat Sabah serta kawasan tanah tinggi di pedalaman Sarawak.

Perubahan iklim merupakan ancaman paling besar terhadap alam sekitar dan manusia pada abad ke 21 ini. Perubahan iklim bermaksud suhu tahunan bumi telah meningkat dan jatuh beberapa darjah Celsius sejak beberapa juta tahun yang lampau. Rekod suhu sejak 30 hingga 50 tahun yang lalu telah menunjukkan trend yang meningkat di kebanyakan tempat termasuk Malaysia. Perubahan iklim mungkin menyebabkan peningkatan kekerapan dan intensiti

kejadian cuaca yang melampau seperti kemarau, ribut dan banjir. Terdapat banyak akibat perubahan iklim global dan ianya adalah amat pelbagai. Analisis rekod suhu di Malaysia menunjukkan trend kepanasan yang meningkat. Perubahan suhu di Malaysia terdapat di antara +0.7°C kepada 2.6°C, sementara perubahan kerpasan terdapat antara -30% hingga +30%. Perubahan iklim di Malaysia menunjukkan bahawa fenomena tersebut mempunyai impak negatif terhadap habitat manusia seperti pertanian, hutan, sumber air, sumber pinggir pantai, kesihatan dan sektor tenaga.

Antara faktor lain yang mempengaruhi sebahagian besar iklim Malaysia adalah El Niño-Ayunan Selatan atau ringkasnya ENSO. ENSO mempunyai syarat iklim antara tahunan terbesar yang memberi kesan kepada kepelbagaian hujan. Malaysia adalah salah satu daripada negara-negara di Asia Tenggara yang mengalami kesan El Niño yang ketara dari segi anomali iklim serantau dan sosio-ekonomi kesejahteraan penduduknya. Malaysia telah mengalami kesan kemarau yang berpanjangan yang menyebabkan catuan air dan jerebu yang serius. Kemarau terburuk yang berlaku di Malaysia adalah pada 1997/1998 di mana El Niño yang telah menyelimuti langit di seluruh rantau Asia Tenggara. Semasa La Niña berlaku, banjir besar telah berlaku di Malaysia. Fenomena ini adalah selaras dengan penghijrahan ENSO dan hubungan ini menunjukkan bahawa peristiwa kerpasan melampau dipengaruhi oleh peristiwa ENSO.

Kedua-dua El Niño dan La Niña adalah kesan bertentangan dengan fenomena yang sama. Kedua-duanya adalah satu ayunan dalam suhu antara atmosfera dan lautan Pasifik khatulistiwa timur, iaitu antara garisan tropik dan subtropik. El Niño berlaku di antara Jun dan Disember yang disebabkan oleh perubahan dalam corak angin. Ini kerana Angin Dagang Pasifik (*Pacific trade winds*) sangat lemah berikutan monsun musim panas Asia. Udara panas ini yang akan dibawa kepada ayunan antara perairan yang lebih sejuk dan lebih panas, yang membawa kepada suhu lautan yang lebih panas daripada biasa. Biasanya, La Niña dijangka akan menyusul setelah kejadian El Niño berlaku, tetapi tidak selalunya begitu. Biasanya, kedua-duanya berlaku setiap tiga hingga lima tahun tetapi boleh juga diubah antara dua dan tujuh tahun. Kedua-dua fenomena ini boleh berlarutan antara sembilan ke dua belas bulan.

Taburan hujan antara satu kawasan dengan kawasan yang lain adalah berbeza, bergantung sepenuhnya kepada kadar keamatan atau intensiti hujan bagi lokasi tersebut. Aktiviti mencerap data hujan biasanya dilakukan oleh badan atau agensi meteorologi, pusat-pusat pencerapan bumi, pusat pengairan/saliran, ahli-ahli kajibumi dan juga ahli-ahli akademik bagi tujuan pembelajaran dan penyelidikan. Data-data hujan yang dicerap dapat menghasilkan statistik indeks hujan yang dapat digunakan oleh penyelidik-penyelidik untuk membuat kajian dalam pelbagai bidang seperti pertanian, di mana kajian hujan penting dalam menentukan kawasan penanaman serta penanam sesuatu tumbuhan mahupun tempat pembiakan haiwan. Dalam bidang pertanian, kajian hujan digunakan

untuk perancangan pengairan manakala dalam bidang hidrologi digunakan untuk meramal kadar kenaikan air sungai pada waktu hujan. Kajian hujan juga penting dalam bidang meteorologi untuk ramalan cuaca.

Fenomena El Niño juga memberi impak penting ke atas rantau Asia Tenggara, terutamanya dari aspek anomali iklim serantau dan kesejahteraan sosioekonomi penduduknya (Juneng et al. 2008; Feng et al. 2010). Malaysia terjejas secara langsung akibat kemarau El Niño dimana berlaku kekurangan air dan jerebu yang berterusan (Tangang et al. 2004; Juneng et al. 2005). Pada tahun 1997/1998 di mana berlakunya ENSO yang kuat, Malaysia mengalami kemarau terburuk dan jerebu yang berpanjangan sehingga ke rantau Asia Tenggara (Tangang et al. 2010). Secara umumnya, kawasan yang dilanda kemarau berbeza dan temporal mengikut fasa El Niño. Selatan Semenanjung Malaysia, Sumatera dan Selatan Borneo sangat terdedah kepada kemarau yang teruk semasa musim panas El Niño.

Dengan menggunakan satelit, maklumat data hujan dapat diperolehi dengan kadar segera terutama dalam menyediakan laporan atau ramalan cuaca harian. Salah satu sumber data hujan yang boleh diperolehi dengan kadar segera adalah data hampir masa nyata. Data jenis ini dapat diperolehi melalui satelit khas iaitu Misi Mengukur Hujan Tropika (*Tropical Rainfall Measuring Mission*, TRMM) yang dikenali sebagai Analisis Kerjasama Satelit Majmuk TRMM (*TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis*, TMPA). Ini bertujuan untuk membuat pengukuran hujan global di kawasan tropika dan subtropika. Maklumat yang diperolehi dengan cara ini diperlukan untuk meramal cuaca esok, tetapi bukan itu sahaja. Ia juga merupakan data asas yang penting untuk analisis perubahan iklim global, dan untuk ramalan yang lebih tepat perubahan cuaca masa depan.

Pada masa kini, kajian terhadap kualiti data hujan TRMM semakin diberi perhatian oleh pengkaji dan ia dikaji berdasarkan pelbagai perspektif di kebanyakan negara di seluruh dunia (Nair et al. 2009). Antara pengkaji yang membuat kajian mengenai kualiti data TRMM adalah Zhou et al. 2014 di mana beliau telah mengkaji dan menilai ketekalan TMPA-RT dengan TMPA-RP dalam skala global dari tahun 2000 hingga 2012. Oleh demikian adalah satu keperluan bagi memperolehi data hujan masa nyata bagi membuat ramalan dan persediaan menghadapi kemarau oleh pihak berkuasa dan masyarakat. Produk data yang difokuskan dalam kajian ini adalah Analisis Kerjasama Satelit Majmuk TRMM (*TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis*, TMPA). Data yang hampir masa nyata (*near real-time*, RT) yang dikutip dari TRMM dikenali sebagai TMPA-RT yang boleh didapati dalam masa 3 ke 6 jam selepas pemerhatian satelit tersebut. Justeru, untuk memastikan data hujan TRMM boleh diterima pakai di seluruh Malaysia.

Justeru, untuk mengenalpasti pola kerjasama sewaktu fenomena ENSO di Malaysia, terdapat beberapa proses yang perlu dijalankan antaranya dengan memuat turun data TRMM 3B43 V7 dan mendapatkan data hujan bulanan stesen, suhu, tekanan stesen dan tekanan paras laut dari Jabatan Meteorologi Malaysia bagi mendapatkan mengira korelasi hubungan bagi hujan bulanan dan parameter berkaitan. Sebagai pengesahan data dari satelit, perbandingan dengan data hujan dua belas (12) kawasan di seluruh Malaysia seperti dalam Jadual 1 dan Rajah 1 dijalankan. Kajian ini akan menumpukan kepada data hujan bulanan untuk tempoh 14 tahun (2000 hingga 2013) iaitu bermula Januari 2000 hingga Disember 2013 di 12 lokasi kajian.

JADUAL 1. Senarai stesen kajicuaca Jabatan Meteorologi Malaysia pilihan

Kod Stesen (WMO)	Stesen	Lokasi		
		Latitud	Longitud	Altitud stesen dari paras laut (m)
48601	Penang	5.30oN	100.27oE	3
48647	Subang	3.12oN	101.55oE	17
48665	Melaka	2.27oN	102.25oE	9
48615	Kota Bharu	6.17oN	102.28oE	4.6
48657	Kuantan	3.62oN	103.22oE	15
48674	Mersing	2.45oN	103.83oE	43.6
96413	Kuching	1.48oN	110.33oE	26
96421	Sibu	2.30oN	111.80oE	7
96441	Bintulu	3.20oN	113.03oE	3
96449	Miri	4.33oN	113.98oE	17
96471	Kota Kinabalu	5.93oN	116.05oE	2
96491	Sandakan	5.90oN	118.07oE	12



RAJAH 1. Peta lokasi 12 buah stesen kajicuaca yang dipilih
Sumber: Google Earth 2015

EL NIÑO-AYUNAN SELATAN (ENSO)

El Niño-Ayunan Selatan (ENSO) adalah satu fenomena semula jadi yang melibatkan suhu lautan turun naik di Pasifik khatulistiwa. Perairan yang lebih panas dasarnya berayun ke depan dan belakang di seluruh Pasifik, sama seperti air dalam tab mandi. Fenomena ini dikenali sebagai kuasa dominan menyebabkan variasi dalam corak iklim serantau bagi Amerika Utara dan sebahagian besar dunia. Pola umum turun naik antara dua kondisi iaitu lebih hangat daripada suhu permukaan laut (SST) biasa tengah dan timur khatulistiwa Pasifik (El Niño) dan lebih sejuk daripada SST biasa tengah dan timur SST Pasifik khatulistiwa (La Niña).

Selalunya, SST digunakan untuk mengenal pasti ayunan ini, tetapi perubahan suhu di sub-permukaan laut adalah penting untuk mengenalpasti fasa ENSO. Sebagai contoh, apabila ENSO sedang beralih ke fasa yang hangat, suhu sub-permukaan mula panas melebihi purata, manakala suhu purata di lapisan cetek kekal di permukaan. Akhirnya, SST akan bertindak balas terhadap pemanasan suhu sub-permukaan, dan fasa hangat kitaran ENSO yang terjadi. Kitaran yang sama berlaku, hanya bertentangan, bagi fasa sejuk ENSO. Apabila suhu di rantau ENSO yang di Pasifik adalah berhampiran purata ia dikenali sebagai ENSO neutral, yang bermaksud bahawa ayunan bukan dalam fasa panas atau sejuk. Biasanya, corak atmosfera semasa ENSO neutral dikawal lebih dengan corak iklim yang lain yang berbeza-beza pada skala masa yang lebih pendek.

INDEKS KERPASAN TERPIAWAI (SPI)

Indeks Kerpasan Terpiawai (SPI) telah dibangunkan oleh McKee, Doesken dan Kleist dari Colorado State University pada tahun 1993 yang bertujuan mengkaji kesan susutan curahan air bawah tanah, simpanan air empangan, kelembapan tanah dan luahan dalam pengurusan dan perancangan kemarau. SPI merupakan satu indeks yang berdasarkan kebarangkalian curahan hujan pada satu skala masa. Skala masa akan menggambarkan kesan kemarau

terhadap keadaan sebenar penggunaan sumber air yang berlainan. Dari data curahan hujan ini, jika curahan hujan berkurangan bagi tempoh masa yang singkat, ia memberi kesan terhadap aktiviti pertanian. Manakala jika data curahan hujan berkurangan dalam tempoh yang panjang, ia memberi kesan yang ketara kepada air bawah tanah serta simpanan empangan. Oleh itu, McKee et al. (1993) telah mengira SPI berdasarkan skala masa bagi 3, 6, 9, 12, 24 dan 48 bulan. Ia membolehkan penganalisis untuk menentukan kemarau yang jarang-jarang berlaku pada skala masa tertentu (resolusi temporal) untuk mana-mana stesen hujan yang mempunyai sejarah data hujan bagi tempoh yang lama. Akan tetapi SPI bukan alat ramalan kemarau.

Pengiraan SPI dilakukan melalui proses anggaran kebolehdajian maksimum daripada parameter taburan gamma, α dan β dan proses yang dinyatakan di atas membolehkan taburan hujan di kawasan/stesen diwakili oleh fungsi matematik kebarangkalian kumulatif. Data curahan hujan ini ditukarkan dalam taburan normal supaya nilai min SPI untuk setiap lokasi dan tempoh yang diperlukan bersamaan dengan sifar (Edward dan McKee, 1997).

Bagi pengiraan indeks bagi sebulan (SPI-1), maka amaun hujan harian pada bulan yang tertentu akan dijumlahkan bagi menghasilkan amaun hujan bagi bulan tersebut untuk sepanjangtempoh data kajian. Di dalam kajian kes ini, SPI dikira secara bulanan (3, 6, 9 dan 12) dan skala masa adalah 15 tahun, maka data hujan bulanan perlu dijumlahkan mengikut skala masa berkenaan. Contohnya, $x_{i,j}$ mewakili pembolehubah rawak bagi amaun hujan pada bulan ke- i ($i = 1, 2, \dots, 12$) dan tahun ke- j ($j = 1, 2, \dots, k$) di sesebuah stesen. Nilai $x_{i,j}$ akan dijumlahkan mengikut nilai skala masa bagi SPI, contohnya bagi pengiraan indeks 3 bulan (SPI-3), tiga bacaan berturutan akan dijumlahkan seperti dalam Jadual 2. Data yang diperoleh dipadankan menggunakan taburan gamma kerana menurut Griddings et al. (2005), taburan gamma adalah kukuh dan sesuai untuk digunakan bagi data hujan.

JADUAL 2. Contoh pengkelasan skala masa SPI-3 bulan

Bulan	Tahun	Jumlah hujan bulanan	Pengumpulan data bagi pengiraan SPI-3
1	1	$x_{1,1}$	-
2	1	$x_{2,1}$	-
3	1	$x_{3,1}$	$x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1}$
4	1	$x_{4,1}$	$x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1}$
5	1	$x_{5,1}$	$x_{3,1} + x_{4,1} + x_{5,1}$
-	-	-	-
-	-	-	-
i	j	$x_{i,j}$	$x_{i-2,j} + x_{i-1,j} + x_{i,j}$
-	-	-	-
-	-	-	-
12	k	$x_{12,k}$	$x_{10,k} + x_{11,k} + x_{12,k}$

Kesesuaian taburan gamma telah diuji menggunakan ujian kebagusan penyuaian Kolmogorov Smirnov pada aras keertian 0.05. Fungsi ketumpatan bagi taburan gamma ditakrifkan sebagai:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

Bagi $x \geq 0$, jika tidak $g(x) = 0$, dimana $\alpha, \beta > 0$; x adalah data amaun hujan, α adalah parameter bentuk dan β adalah parameter tatis. Bagi $\alpha > 0$, fungsi gamma $\Gamma(\alpha)$ ditakrifkan sebagai:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

Parameter α dan β akan dianggarkan untuk setiap stesen bergantung kepada skala masa kajian menggunakan kaedah penganggaran kebolehjadian maksimum dan menghasilkan:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \text{ dan } \hat{\beta} =$$

dengan A adalah statistik sampel dan dengan bilangan data n ;

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

Seterusnya, nilai kebarangkalian kumulatif bagi taburan gamma dikira iaitu:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx$$

Oleh sebab fungsi gamma tidak tertakrif untuk $x = 0$, walaupun amaun hujan untuk sesuatu skala masa mungkin bernilai sifar, maka nilai kebarangkalian kumulatif boleh ditakrifkan sebagai:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

dengan q ialah kebarangkalian amaun hujan sifar. Fungsi taburan kebarangkalian adalah tertumpu ke dalam fungsi taburan piawai normal terkumpul supaya kedua-dua fungsi taburan tersebut mempunyai kebarangkalian yang sama.

Fungsi ketumpatan kebarangkalian kumulatif $H(x)$ boleh ditukar kepada taburan normal piawai melalui fungsi penukaran berikut:

$$H(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt$$

Untuk menyelesaikan persamaan, bagi $0 < H(x) \leq 0.5$;

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \\ t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)}$$

Bagi $0.5 < H(x) \leq 1$;

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \\ t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)}$$

di mana $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$ adalah pemalar dengan nilai-nilai berikut:

$$c_0 = 2.5155, c_1 = 0.8029, c_2 = 0.0103, d_1 = 1.4328, \\ d_2 = 0.1893 \text{ dan } d_3 = 0.0013.$$

Untuk mengelakkan penyelesaian yang diperolehi diterbitkan terus daripada taburan graf, perisian bagi perisian SPI daripada *World Meteorological Organization* telah gunakan.

Nilai SPI yang positif bermakna ia lebih besar daripada curahan median, manakala nilai negatif bermakna lebih kecil daripada curahan median. Oleh itu jika suatu peristiwa hujan tertentu memberikan nilai kebarangkalian

yang rendah pada fungsi kebarangkalian kumulatif, maka ini merupakan petunjuk yang mungkin berlakunya kemarau. Sebaliknya, keadaan hujan yang memberikan kebarangkalian yang tinggi pada fungsi kebarangkalian kumulatif adalah kejadian anomali lembap. Dalam erti kata lain, negatif atau positif nilai SPI menunjukkan bahawa keadaan iklim sama ada pada fasa kering atau lembap (McKee et al. 1993). Nilai SPI dan klasifikasinya adalah seperti di Jadual 3.

Kebaikan menggunakan SPI adalah ia boleh dikira pada skala masa yang berlainan bergantung kepada keperluan analisis. Ia juga menjadi rujukan dan amaran awal tentang kejadian kemarau serta membantu mengurangkan kesan buruk akibat dari kemarau. SPI adalah kurang kompleks berbanding dengan PDSI dimana ia memerlukan lebih banyak pemboleh ubah hidrologi dalam analisis. Walau bagaimanapun, nilai SPI bergantung kepada data hujan yang sering berubah dimana mungkin akan menjejaskan ketepatan pengiraan.

JADUAL 3. Nilai SPI dan klasifikasi
(Sumber: McKee 1993)

Nilai SPI	Klasifikasi
+2.0	Tersangat basah
1.5 to 1.99	Sangat basah
1.0 to 1.49	Sederhana basah
-0.99 to 0.99	Hampir normal
-1.0 to -1.49	Sederhana kering
-1.5 to -1.99	Sangat kering
-2.0	Tersangat kering

KAEDAH KAJIAN

Bahagian ini meliputi proses kajian yang dijalankan bagi membuat penilaian ke atas data daripada TRMM dalam memantau keadaan kering dan lembap dengan menggunakan indek kemarau SPI serta menentukan hubungan dan korelasi antara hujan bulanan, tekanan paras laut, tekanan stesen dan suhu di Malaysia. Secara umumnya kaedah kajian ini terbahagi kepada tiga bahagian iaitu:

BAHAGIAN I

1. Memilih 12 lokasi kajian di seluruh Malaysia.
2. Mendapatkan data hujan bulanan, tekanan stesen, tekanan paras laut dan suhu bagi setiap lokasi pilihan untuk tempoh 14 tahun (bermula 1 Januari 2000 hingga 31 Disember 2013) dari Jabatan Meteorologi Malaysia.
3. Pengiraan purata kadar hujan, tekanan dan suhu menggunakan perisian Microsoft Excel.
4. Memplot graf bagi tekanan stesen, tekanan paras laut dan suhu bagi kesemua 12 stesen pilihan untuk melihat kawasan yang paling signifikan.

BAHAGIAN II

1. Mengenalpasti jenis data hujan bulanan yang perlu didapati bagi kajian iaitu 3B43 V7 bagi setiap lokasi pilihan untuk tempoh yang sama, 15 tahun (bermula 1 Januari 2000 hingga 31 Disember 2014) dari Jabatan Meteorologi Malaysia dan TRMM.
2. Memuat turun data hujan bulanan satelit dari laman web TRMM bagi 14 tahun.
3. Memplot graf data hujan bulanan stesen dan data hujan bulanan satelit bagi kesemua 12 stesen pilihan untuk melihat kawasan yang paling signifikan.
4. Membandingkan data cerapan hujan bulanan yang didapati dengan data hujan bulanan satelit.

BAHAGIAN III

1. Mendapatkan data satelit hujan bulanan dalam format .nc bagi 12 stesen pilihan selama 14 tahun.
2. Mengira korelasi bagi hujan bulanan dengan tekanan stesen, tekanan paras laut dan suhu.
3. Memplot peta Malaysia pada perisian *Panoply* menggunakan format .netCDF4Excel_2007.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

PENGESAHAN DATA HUJAN TMPA-RT DENGAN STESEN METEOROLOGI

Merujuk kepada Jadual 4, boleh dilihat bahawa kedua-dua set data mempunyai hubungan korelasi/linear positif yang sederhana dan kuat di antara semua TMPA-RT dan stesen meteorologi pada skala bulanan kecuali di Melaka dan Bayan Lepas. Ini menunjukkan bahawa nilai pekali penentuan (R^2) yang diperolehi di kesemua kawasan kecuali Melaka dan Bayan Lepas adalah melebihi nilai 0.5 serta menghampiri 1.0. Ini menunjukkan bahawa data hujan TMPA-RT dari kawasan-kawasan tersebut mempunyai ralat yang kecil dalam penyediaan data hujan di mana ia menghampiri jumlah hujan sebenar (dari data hujan stesen meteorologi) dan data satelit hujan boleh diterimapakai bagi menganalisa keadaan kering dan basah di Malaysia.

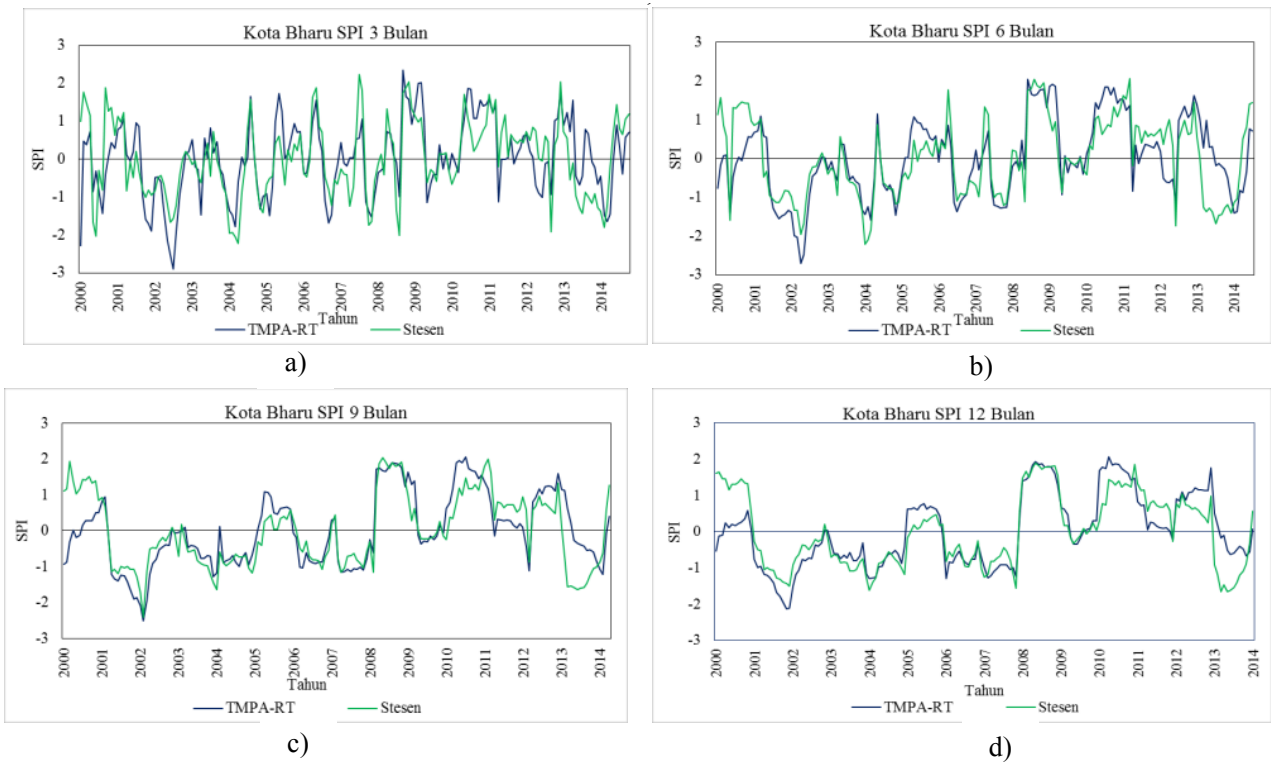
PERBANDINGAN SPI ANTARA DATA HUJAN TMPA-RT DAN STESEN METEOROLOGI

Daripada pengiraan SPI bagi 12 stesen, dapat dilihat lengkung SPI menjadi licin apabila skala masa yang bermula dari SPI 3 bulan dan keterukan keadaan kering dan lembap dalam beberapa bulan kelihatan berkurangan bagi dua stesen iaitu Kota Bharu dan Kota Kinabalu. Di stesen Kota Bharu, nilai SPI berkurangan daripada 2.34 pada skala 3 bulan kepada 0.36 pada skala 12 bulan pada tahun 2008 dan meningkatkan pada 3 bulan dari -1.94 ke -2.91 pada skala 12 bulan pada tahun 2002. Adalah jelas dilihat kawasan Kota

JADUAL 4. Pekali penentuan (R2) dan Pekali kolerasi (R) bagi setiap kawasan stesen

Kawasan	Nilai Pekali Penentuan (R2)	Pekali Kolerasi (R)
Bayan Lepas	0.2266	0.4678
Miri	0.3893	0.6219
Kuching	0.4408	0.7417
Melaka (Batu Berendam)	0.0507	0.2306
Kuantan	0.6391	0.8070
Sibu	0.4149	0.7534
Subang	0.4365	0.6870
Kota Kinabalu	0.623	0.8077
Mersing	0.1163	0.7821
Bintulu	0.5064	0.7367
Sandakan	0.5777	0.8000
Kota Bharu	0.7914	0.8875

KOTA BHARU, KELANTAN

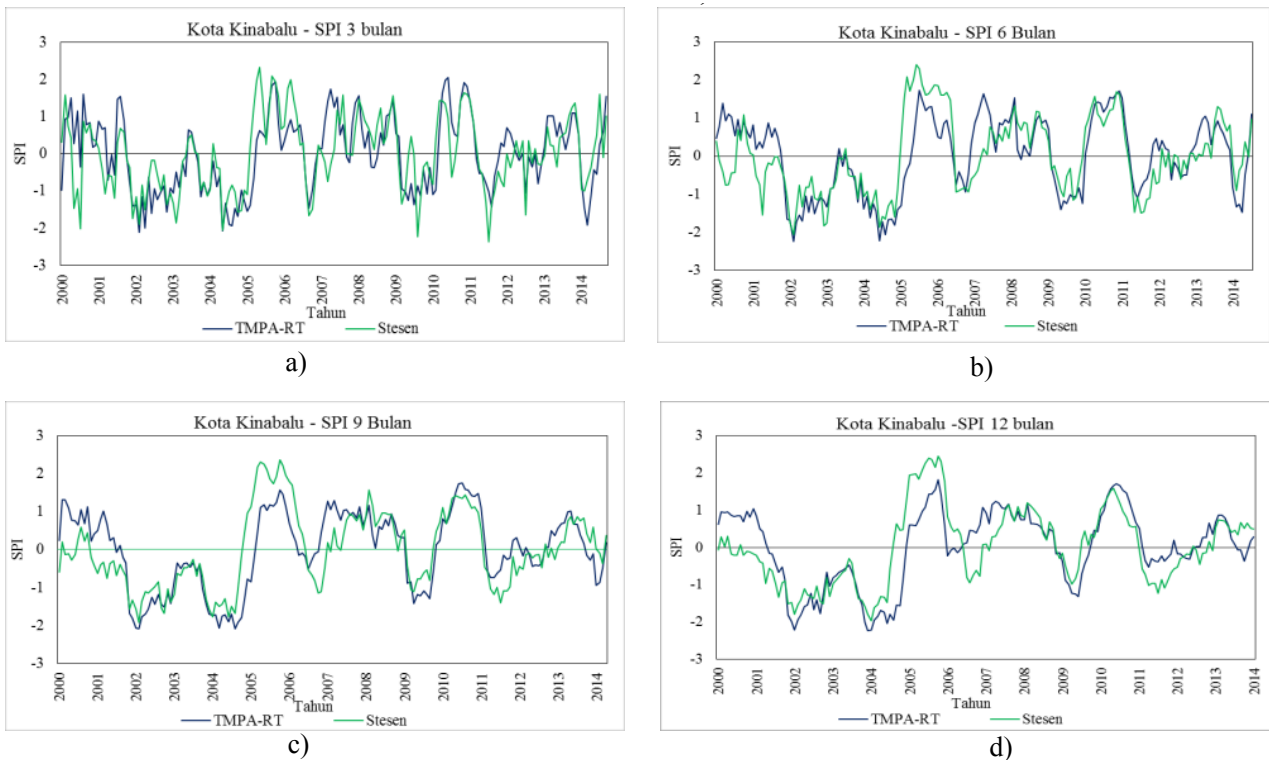


RAJAH 2. Perbandingan SPI antara TMPA-RT dan stesen meteorologi Kota Bharu bagi a) 3 bulan; b) 6 bulan; c) 9 bulan; dan d) 12 bulan

Bharu dan Kota Kinabalu mempunyai lengkung data hujan dari TMPA-RT menunjukkan nilai SPI yang lebih hampir dengan data daripada stesen meteorologi selari dengan peningkatan tempoh masa. Pengiraan hubungan kolerasi

dalam memperoleh pekali penentuan ($R^2 > 0.6$) serta SPI, boleh dilihat bahawa data satelit hujan TRMM bagi stesen Kota Bharu dan Kota Kinabalu boleh dalam menentukan sesuatu kawasan itu mengalami keadaan kering atau basah.

KOTA KINABALU, SABAH



RAJAH 3. Perbandingan SPI antara TMPA-RT dan stesen meteorologi Kota Kinabalu bagi a) 3 bulan; b) 6 bulan; c) 9 bulan; dan d) 12 bulan

KORELASI HUJAN

Berikut adalah keputusan hasil pengiraan korelasi dan diplotkan kepada peta Malaysia berdasarkan 12 lokasi pilihan. Bagi keseluruhan kajian ini, pola korelasi yang ketara dapat dikesan dalam 5 kes (yang merangkumi 3 tahun) iaitu pada:

1. La Nina sederhana tahun 2007/2008 pada musim Mac-April-Mei (MAM) – [terdapat 1 kes],
2. El Nino lemah tahun 2004/2005 pada musim Disember-Januari-Februari (DJF) – [terdapat 2 kes],
3. El Nino lemah tahun 2006/2007 pada musim Disember-Januari-Februari (DJF) – [terdapat 2 kes].

Bagi musim MAM 2008 semasa fenomena La Niña sederhana, secara keseluruhannya, hampir kesemua nilai korelasi adalah kurang dari -0.7 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Ini menunjukkan bahawa hubungan antara kerpasan dan suhu adalah berkadar songsang iaitu semakin tinggi kerpasan, semakin rendah suhu dan keadaan di Malaysia semakin sejuk. Nilai korelasi di Kota Bharu adalah 1.00 kerana hujan yang diterima pada tempoh itu adalah rendah berbanding stesen yang lain.

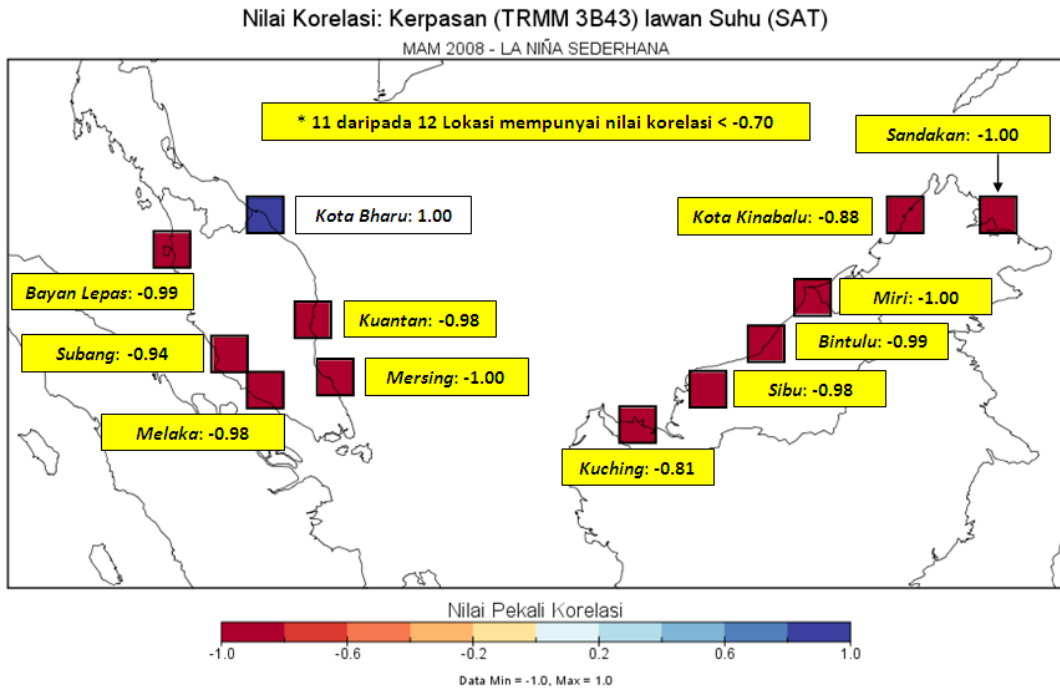
Bagi musim DJF 2006/2007 semasa fenomena El Niño lemah pula, Rajah 5 menunjukkan 91% stesen mengalami nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan paras laut

rendah dari -0.7 . Nilai korelasi tertinggi adalah di stesen Kota Bharu di mana bacaannya adalah -0.99 walaupun korelasinya adalah negatif, manakala stesen Sibu adalah -0.31 iaitu berkorelasi rendah bagi musim ini.

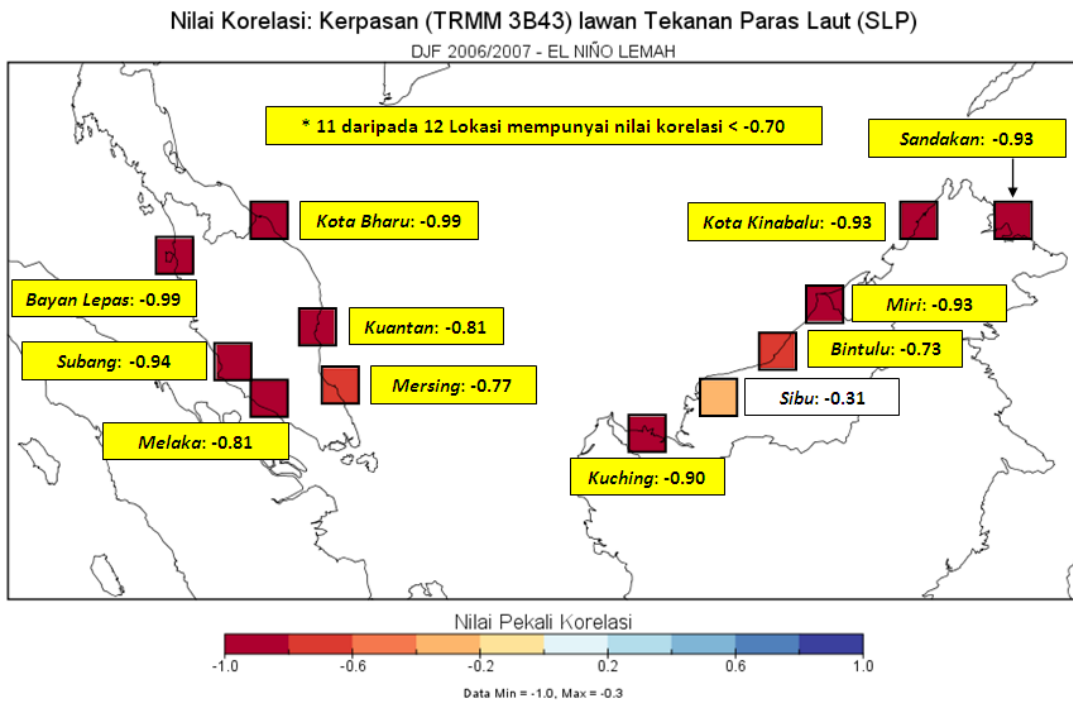
Seterusnya, bagi musim DJF 2004/2005 semasa fenomena El Niño lemah, Rajah 6 menunjukkan 75% stesen mengalami nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan paras laut adalah rendah dari -0.7 . Nilai korelasi yang bernilai positif adalah di stesen Bayan Lepas, Subang dan Melaka di mana bacaan masing-masing adalah 0.94 , 0.92 dan 0.01 . Ini mungkin disebabkan oleh lokasi ketiga-tiga stesen ini yang bersebelahan dengan Selat Melaka dan mungkin tidak dipengaruhi oleh angin monsun Timur Laut.

Bagi musim DJF 2006/2007 semasa fenomena El Niño lemah pula, Rajah 7 menunjukkan 91% stesen mengalami nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan stesen rendah dari -0.7 . Nilai yang berkorelasi positif adalah di stesen Bintulu di mana bacaannya adalah 0.07 .

Seterusnya, bagi musim DJF 2004/2005 semasa fenomena El Niño lemah, rajah menunjukkan 75% stesen mengalami nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan paras laut adalah rendah dari -0.7 . Nilai korelasi yang bernilai positif adalah di stesen Bayan Lepas, Subang dan Melaka di mana bacaan masing-masing adalah 0.94 , 0.95 dan 0.12 . Ini mungkin disebabkan oleh lokasi ketiga-tiga stesen ini yang bersebelahan dengan Selat Melaka dan mungkin tidak dipengaruhi oleh angin monsun Timur Laut.



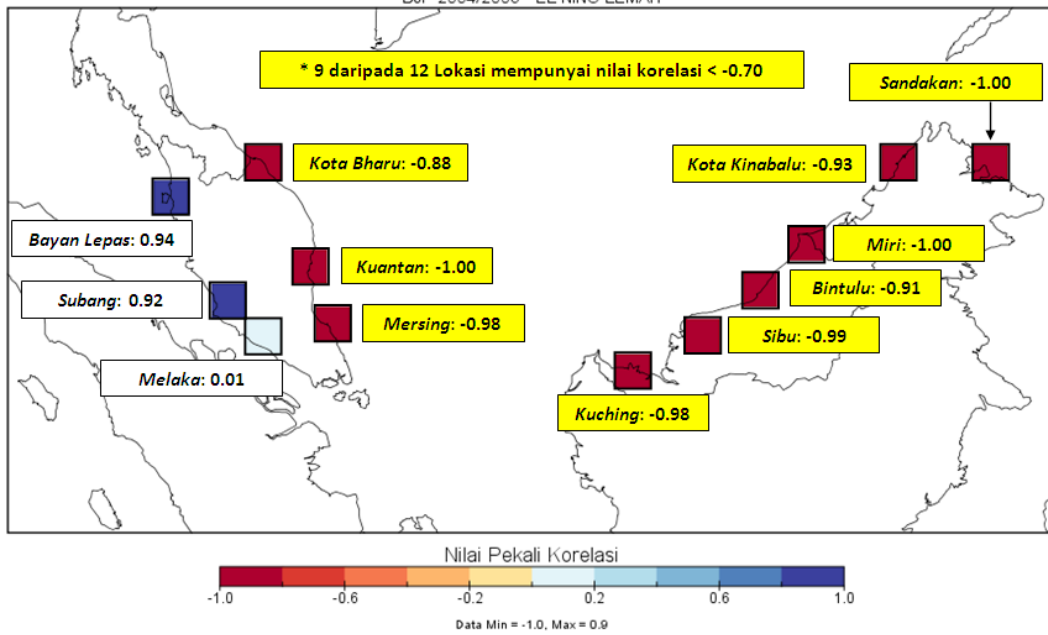
RAJAH 4. Nilai korelasi bagi kerpasan lawan suhu untuk La Niña sederhana pada tahun 2007/2008



RAJAH 5. Nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan paras laut untuk El Niño lemah pada tahun 2006/2007

Nilai Korelasi: Kerpasan (TRMM 3B43) lawan Tekanan Paras Laut (SLP)

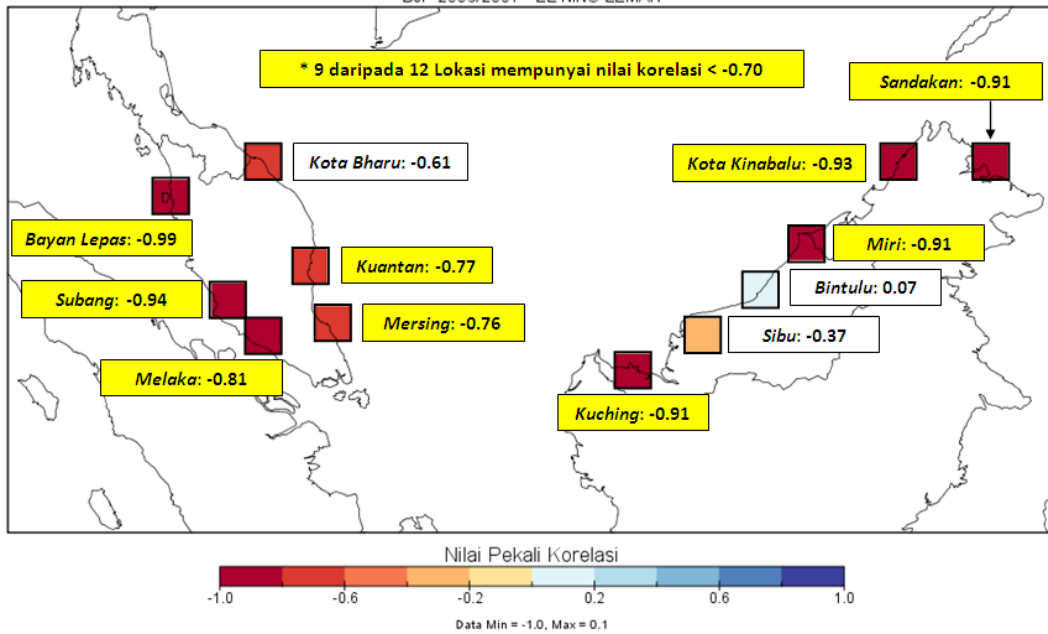
DJF 2004/2005 - EL NIÑO LEMAH



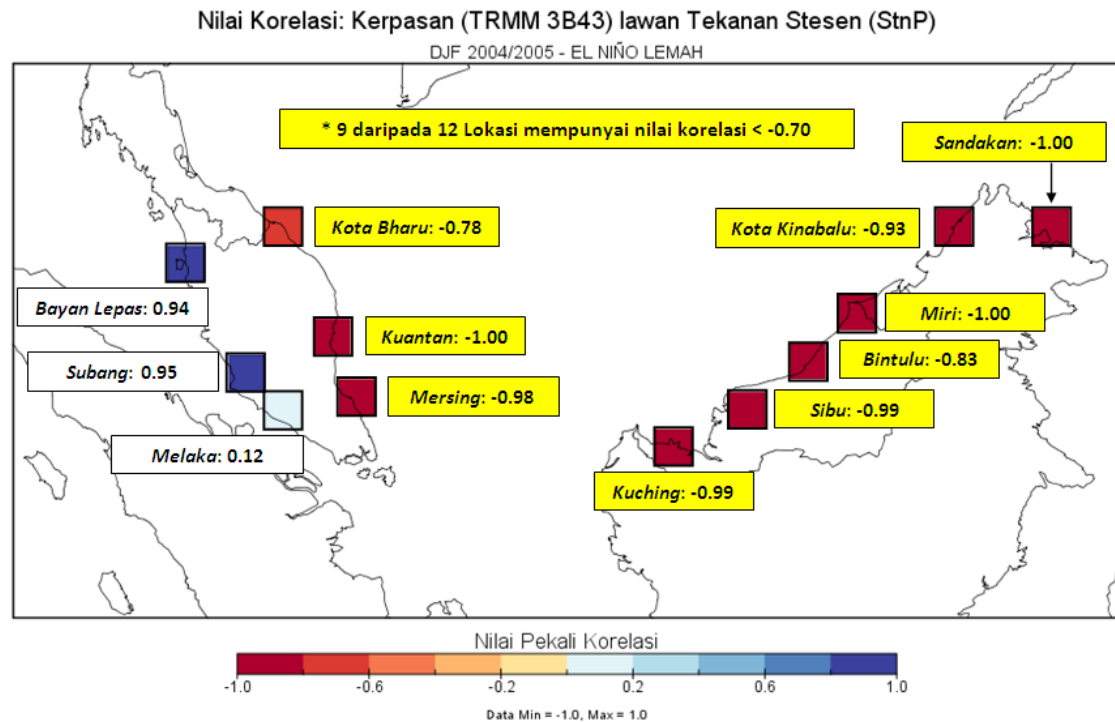
RAJAH 6. Nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan paras laut untuk El Niño lemah pada tahun 2004/2005

Nilai Korelasi: Kerpasan (TRMM 3B43) lawan Tekanan Stesen (StnP)

DJF 2006/2007 - EL NIÑO LEMAH



RAJAH 7. Nilai korelasi bagi kerpasan lawan tekanan stesen untuk El Niño lemah pada tahun 2006/2007



RAJAH 8. Nilai korelasi bagi kerjasama lawan stesen untuk El Niño lemah pada tahun 2004/2005

KESIMPULAN

Berdasarkan keputusan yang diperoleh daripada kajian ini menunjukkan bahawa data hujan bulanan TMPA-RT mempunyai hubungan linear yang baik dengan data hujan stesen meteorologi dengan nilai R^2 yang tinggi. Nilai SPI berdasarkan hujan bulanan TMPA-RT menunjukkan kebolehubahan antara-tahun yang konsisten setanding dengan data hujan stesen meteorologi. Bagi teknik mengenal pasti status kelembapan (untuk mengetahui sama ada bulan tersebut kering atau lembap), nilai SPI yang dikira menggunakan data hujan TMPA-RT didapati mempunyai nilai hampir sama dengan SPI berdasarkan data hujan stesen meteorologi. Daripada kesemua hasil / keputusan, dapat disimpulkan bahawa apabila berlaku fenomena La Niña sederhana, suhu pada MAM adalah berkadar songsang dengan kerjasama bagi kebanyakan lokasi. Seterusnya, apabila berlaku El Niño lemah, Tekanan Paras Laut (SLP) pada DJF adalah berkadar songsang dengan kerjasama, dan Tekanan Stesen (StnP) pada DJF juga adalah berkadar songsang dengan kerjasama bagi kebanyakan lokasi. Perkaitan-perkaitan yang disebut di atas merupakan pola jelas yang dapat diperhatikan. Tiada pola lain yang jelas, yang dapat diperhatikan dalam skop kajian ini.

RUJUKAN

- Edwards, D. C.; and T. B. McKee. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Rep.* 97–2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Feng J., Wang L., Chen W., Fong S.K., Leong K.C. 2010. Different impacts of two types of Pacific Ocean warming on Southeast Asian rainfall during boreal winter. *Journal of Geophysical Research*. Res. 115: D24122, DOI: 10.1029/2010JD014761.
- Haliza Abdul Rahman. 2009. Global climate change and its effects on human habitat and environment in Malaysia. *Malaysian Journal of Environmental Management* 10(2) (2009): 17-32
- Juneng L., Tangang F.T. 2005. Evolution of ENSO-Related rainfall anomalies in southeast asia region and its relationship with atmosphere–ocean variations in Indo-Pacific sector. *Climate Dynamics*, 25: 337–350.
- Juneng L, Tangang FT. 2008. level and source of predictability of seasonal rainfall anomalies in Malaysia using canonical correlation analysis. *International of Journal Climatology*, 28: 1255–1267.

- Mazlina, M.Y. 2013. Kajian taburan hujan di malaysia dengan menggunakan ramalan perbandingan model. Tesis Ijazah Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia
- McKee, T. B., N. J. Doesken; and J. Kleist. 1993. The relation of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology. 179–84. *American Meteorological Society, Boston.*
- Shang-Ping Xie, Yu Kosaka, Yan Du, Kaiming Hu, Jasti S. Chowdary, Gang Huang. 2016. Indo-western Pacific ocean capacitor and coherent climate anomalies in post-ENSO summer: A review. *Advances in Atmospheric Sciences* 33, 411-432.
- Tangang, F. T., Juneng, L. 2004. Mechanisms of Malaysian rainfall anomalies. *Journal of Climate* 17 : 3616-3622.
- Tangang F. T., Latif M.T., Juneng L. 2010. The roles of climate variability and climate change on smoke haze occurrences in Southeast Asia region. *SR004 - Climate Change: Is Southeast Asia Up to the Challenge? Special Report of workshop organised by LSE IDEAS Southeast Asia International Affairs Programme (SEAP):* 36-49.
- Zhou T., Nijssen B., Huffman G. J., Lettenmaier D. P. 2014. Evaluation of real-time satellite precipitation data for global drought monitoring. *J. Hydrometeor* 15: 1651–1660.

Shuhaina Ibrahim
 Nor Shahida Sahlan*
 Mandeep Singh Jit Singh
 Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik dan Sistem
 Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
 Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
 43600 UKM Bangi, Malaysia
 Telefon: +6013-3939143

*Penulis koresponden; emel: norshahida.sahlan@gmail.com

Tarikh serahan: 13 Ogos 2015
 Tarikh terima: 16 Februari 2016