



Peristiwa El Nino, keragaman hujan dan potensi *Southern Oscillation Index* untuk peramalan kualiti udara di Malaysia

Mastura Mahmud, Nur Hidayah Ahmad

Program Geografi, Pusat Pembangunan, Sosial dan Persekitaran,
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

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

Abstrak

Kejadian peristiwa El Nino mempengaruhi taburan hujan di Malaysia dan memberi impak terhadap kekurangan bekalan air untuk masyarakat umum serta kegiatan pertanian. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji pola kejadian El Nino dan hubungannya dengan hujan yang diterima serta kesan keadaan kering yang menjejaskan kualiti udara di Malaysia. Data taburan hujan selama 38 tahun dari 1970 hingga 2008 di 12 buah stesen kajicuaca utama di Malaysia dianalisis dengan menggunakan kaedah statistik korelasi, bivariat dan multivariat. Hasil kajian mendapati korelasi antara min tahunan *Equatorial Southern Oscillation Index* (EQSOI), *Southern Oscillation Index* (SOI) dan *Oceanic Nino Index* (ONI), iaitu indeks untuk mengukur El Nino dan jumlah taburan hujan adalah negatif tapi lemah untuk EQSOI dan ONI, tapi positif untuk SOI. Penurunan jumlah taburan hujan di barat Semenanjung Malaysia tidak terlalu ketara berbanding yang dicatatkan di stesen Malaysia Timur. Korelasi antara indeks pencemaran udara dan hujan adalah negatif kecuali di Malaysia Timur (julat antara 0.07 hingga -0.43) yang menunjukkan bahawa dalam keadaan El Nino, kualiti udara di Malaysia lazimnya rendah kerana keadaan yang lebih kering. Analisis regresi multivariat menunjukkan bahawa kualiti udara dapat diramalkan daripada parameter hujan, EQSOI dan SOI, walaupun kebaikan suai berjulat antara 7% hingga 34% sahaja. Implikasi kajian ini adalah perancangan di peringkat pihak berkuasa untuk mengatasi peristiwa jerebu tempatan yang disebabkan oleh pencemaran setempat atau pencemaran rentas sempadan terutama sewaktu keadaan kering berpanjangan yang melanda negara akibat daripada fenomena El Nino.

Kata kunci: El Nino, EQSOI, keragaman hujan, ONI, ramalan pencemaran udara, SOI

El Nino events, rainfall and potential of *Southern Oscillation Index* for air quality forecasts in Malaysia

Abstract

The occurrence of El Nino events affects the rainfall in Malaysia and has an impact on the shortage of water supply for the general public as well as agricultural activities. This study aims to investigate the patterns of El Nino incidences and its relation to the rain received and the effects of the dry conditions on the air quality in Malaysia. Rainfall data for 38 years from 1970 to 2008 in 12 major meteorological stations in Malaysia were analyzed using correlation, bivariate and multivariate statistical methods. The results showed that the correlation between the mean annual Equatorial Southern Oscillation Index (EQSOI), the Southern Oscillation Index (SOI) and the Oceanic Nino Index (ONI), the index for measuring El Nino and the amount of rainfall was negative but weak for EQSOI and ONI, but positive for SOI. The decrease in the rainfall received in the west of Peninsular Malaysia was not significant compared to that recorded in the East Malaysia. The correlation between the air pollution index and the rainfall was negative except in East Malaysia (ranging between 0.07 and -0.43), indicating that during El Nino, air quality in Malaysia was usually low due to drier conditions. Multivariate regression analysis showed that air quality can be predicted from rainfall, EQSOI and SOI parameters, although the goodness of the fit ranged from only 7% to 34%. The results of this study implied that planning at the authority level is necessary to overcome the local haze events caused by local pollution or transboundary pollution, especially during prolonged dry conditions that hit the country due to the El Nino phenomenon.

Keywords: El Nino, EQSOI, rainfall, ONI, air quality prediction, SOI

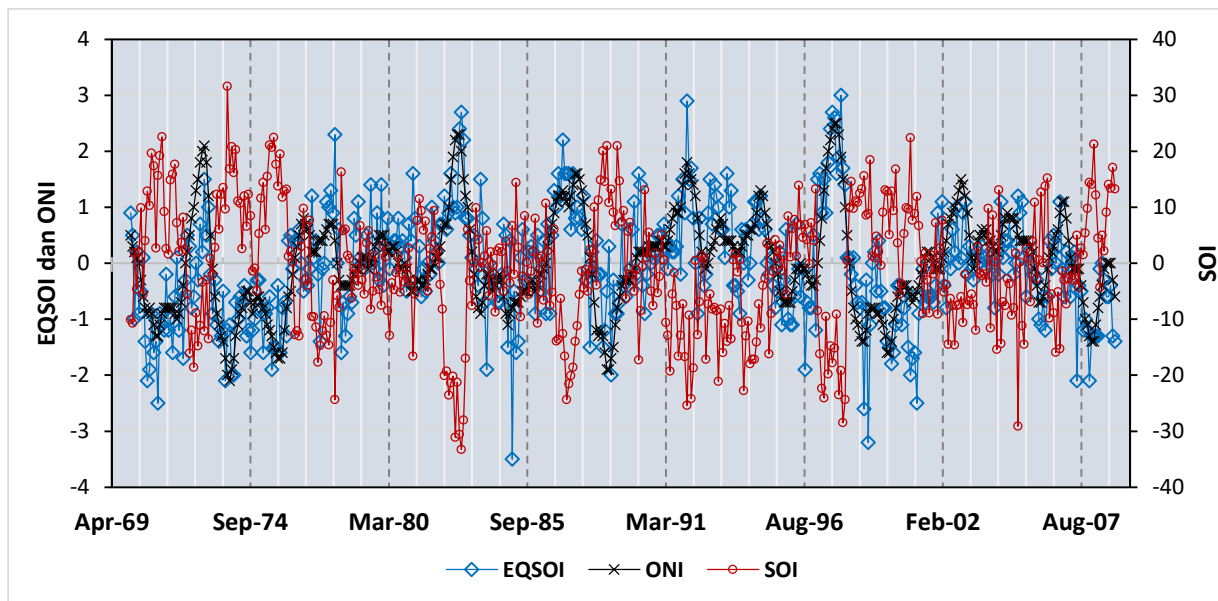
Pengenalan

Fenomena El Nino sering berlaku selang beberapa tahun di bahagian tropika Lautan Pasifik (Johnson & Birnbaum, 2017) dan Malaysia juga terjejas kerana kedudukannya di bahagian barat Lautan Pasifik. Fenomena El Nino merupakan kitaran atmosfera dan lautan yang berlaku secara luar biasa yang bercirikan tolakan angin pasat lemah, suhu permukaan air laut yang lebih panas daripada normal bergerak ke bahagian khatulistiwa timur Pasifik (Trenberth, 1997). El Nino juga mempunyai pengaruh terhadap kejadian cuaca luar biasa yang ketara di tempat tertentu dunia seperti Asia Tenggara dan Australia. Sewaktu itu keadaan lebih kering daripada normal berlaku manakala di Pasifik tengah dan timur berhampiran khatulistiwa kebiasaannya berlaku keadaan yang lebih lembap. Lazimnya, El Nino berlaku untuk tempoh 9 hingga 18 bulan. El Nino mula terbentuk pada awal tahun, berada di kemuncak pada akhir tahun dan menjadi lemah kembali pada awal tahun yang berikutnya.

Dalam tempoh 50 tahun kebelakangan ini, El Nino telah berlaku sebanyak 12 kali. Dua kejadian El Nino yang terkuat berlaku pada tahun 1982-1983 dan tahun 1997-1998 di Malaysia dan dari 2014-2016 (Sutherland, 2017). Terdapat beberapa kaedah untuk mengukur kejadian El Nino. Antaranya adalah *Southern Oscillation Index* (SOI) memberikan petunjuk berkenaan perkembangan peristiwa El Nino di Lautan Pasifik. SOI dikira menggunakan perbezaan purata

bulanan tekanan udara aras laut antara Tahiti di tengah Lautan Pasifik dan Darwin di Australia. Tempoh nilai SOI negatif (positif) yang berpanjangan bertepatan dengan perairan laut di tengah Pasifik yang lebih panas (sejuk) dan menandakan peristiwa El Niño (La Niña). Nilai SOI negatif yang berterusan (-7) sering menunjukkan episod El Nino (Bureau of Meteorology, 2017). Manakala *Oceanic Nino Index* (ONI) digunakan untuk pemantauan El Nino oleh National Oceanic Atmosphere Administration (Schwing et al, 2002) iaitu pengiraan yang menghitung suhu purata permukaan laut di kawasan Nino 3.4 (lokasi di khatulistiwa tengah Lautan Pasifik antara 5°U-5°S, 170°B-120°B) untuk setiap 3 bulan. *Equatorial Oscillation Index* (EQSOI) menggunakan tekanan paras laut antara Indonesia (90°T-140°T) dan Pasifik timur (80°B-130°B) yang berpusat di khatulistiwa (5°S-5°N).

Berdasarkan Rajah 1 yang menunjukkan indeks SOI, EQSOI dan ONI, fenomena El Nino dapat dikesan berlaku daripada tahun 1970-an dan 1990-an. Kejadian El Nino mengambil masa antara 2 hingga 3 tahun sebelum kembali kepada keadaan normal. Sewaktu kejadian El Nino, indeks EQSOI dan ONI adalah positif sementara indeks SOI adalah negatif. Magnitud SOI adalah lebih tinggi daripada nilai indeks EQSOI dan ONI. Kejadian El Nino yang kuat berlaku pada tahun 1972, 1982, 1991, 1997 dan 2009 apabila indeks ONI bertahan selama lima musim dan berada antara julat 1.5 hingga 1.9, sementara kejadian El Nino yang sederhana berlaku pada 1986, 1987, 1994 dan 2000 ketika indeks ONI berada antara julat 1.4 hingga 1.0. El Nino yang lemah pula berlaku pada tahun 1951, 1963, 1968, 1969, 1976, 1977, 2004 dan 2006 apabila julat indeks ONI adalah antara 0.5 hingga 0.9. Nilai ONI yang menentukan kejadian El Nino dicerap di kawasan Nino 3.4.



Sumber: Diolah daripada sumber data NOAA.

Rajah 1. Kejadian El Nino yang dikesan di Lautan Pasifik daripada index EQSOI, SOI dan ONI

Rekod 38 tahun (1970-2008) menunjukkan kejadian El Nino berlaku sebanyak 52.1%, sementara kejadian La Nina dan normal sebanyak 47.9%. Kejadian El Nino yang kuat berlaku sebanyak 4.7%, iaitu kriteria ONI adalah melebihi 1.5, sementara kejadian El Nino yang sederhana dan lemah adalah masing-masing 7.1% dan 33.9%. Peristiwa El Nino yang melanda

negara Indonesia turut memberi kesan yang teruk kepada Malaysia, terutama pada tahun 1997-1998. Buktinya, keluasan hutan yang terbakar akibat cuaca panas dan kering di Indonesia telah melepasi batas sempadan negara apabila jerebu di negara itu telah melitupi kebanyakan ruang udara Malaysia pada waktu itu (Mahmud & Abu Hanifah, 2009; Mahmud, 2013). Lebih-lebih lagi, tiupan angin monsun barat daya membantu menjadikan masalah jerebu ini lebih serius dan berbahaya untuk kesihatan masyarakat tempatan. Namun begitu, Malaysia telah sedaya upaya menyelesaikan masalah ini dengan melakukan pembenihan awan. Pada waktu yang sama, Malaysia juga mengalami kemelesetan ekonomi yang dianggap terburuk sejak tahun 1960-an. Sementara itu, tahap kesihatan penduduk Malaysia juga terjejas (Norela et al., 2013) sehingga kerajaan mewajibkan penduduk pada waktu itu memakai penutup mulut untuk mengelakkan mereka mendapat penyakit yang berbahaya.

Oleh kerana Malaysia tergolong antara salah sebuah negara yang sering mengalami fenomena El Nino, persoalan dan objektif kajian ini adalah untuk mengkaji jika terdapat kaitan antara kualiti udara dan hujan yang diterima oleh Semenanjung Malaysia berbanding Sabah dan Sarawak. Impak daripada kajian ini dapat membantu sama ada bolehkah indeks pencemaran udara (IPU) diramal daripada sehari ke sehari untuk membantu pihak berkuasa menentukan sama ada sesuatu hari itu boleh ditutup sekolah, umpamanya jika IPU untuk hari tu melepasi tahap berbahaya. Sebagai negara yang beriklim tropika, jumlah hujan yang diterima oleh Malaysia sangat tinggi berbanding negara yang beriklim sederhana dan rekod data taburan hujan merupakan salah satu pengukur tentang berlakunya peristiwa El Nino.

Metod kajian

Kajian ini bertujuan mengkaji fenomena El Nino di Malaysia dengan menumpukan perhatian yang lebih kepada data hujan tahunan di 12 buah stesen utama seluruh negara yang direkodkan daripada tahun 1970 sehingga 2008 yang diperolhi daripada Jabatan Meteorologi Malaysia. Sementara itu, perbandingan pola taburan hujan yang diterima antara Semenanjung Malaysia, Sabah dan Sarawak juga dianalisis. Data SOI, EQSOI dan ONI diperolehi daripada laman web *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA, 2016). Untuk kajian pencemaran udara yang dipengaruhi oleh peristiwa El Nino, data Indeks Pencemaran Udara (IPU) yang diperolehi daripada Jabatan Alam Sekitar di beberapa stesen berhampiran stesen hujan terpilih. Ujian korelasi dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara kedua parameter ini dalam menentukan jika terdapat hubungan antara keadaan kering dan pencemaran udara. Jadual 1 menunjukkan senarai stesen hujan dan stesen kualiti udara yang digunakan untuk menilai korelasi antara jumlah hujan dan Indeks Pencemaran Udara (IPU) serta nilai SOI. Analisis regresi bivariat dan multivariat dilakukan untuk mengkaji hubungan dan peramalan tentang IPU bersama unsur cuaca khususnya hujan, EQSOI dan SOI. Pembolehubah untuk kajian bivariat adalah antara IPU dan hujan untuk setiap stesen terpilih, manakala pembolehubah kajian multivariat adalah IPU, hujan, EQSOI dan SOI.

Jadual 1. Stesen kualiti udara dan stesen hujan di Malaysia

Stesen kualiti udara	Stesen hujan	Negeri
Pasir Gudang	Mersing	Johor
Kuching	Kuching	Sarawak

Ipoh	Ipoh	Perak
Seberang Perai	Kepala Batas	Pulau Pinang
Cheras	Kuala Lumpur	Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur
Kuantan	Cameron Highlands	Pahang
Pengkalan Chepa	Kota Bharu	Kelantan
Kota Kinabalu	Kota Kinabalu	Sabah
Kangar	Chuping	Perlis
Kuala Terengganu	Kuala Terengganu	Terengganu
USM	Bayan Lepas	Penang
Kuala Selangor	Setiawan	Selangor

Hasil kajian dan perbincangan

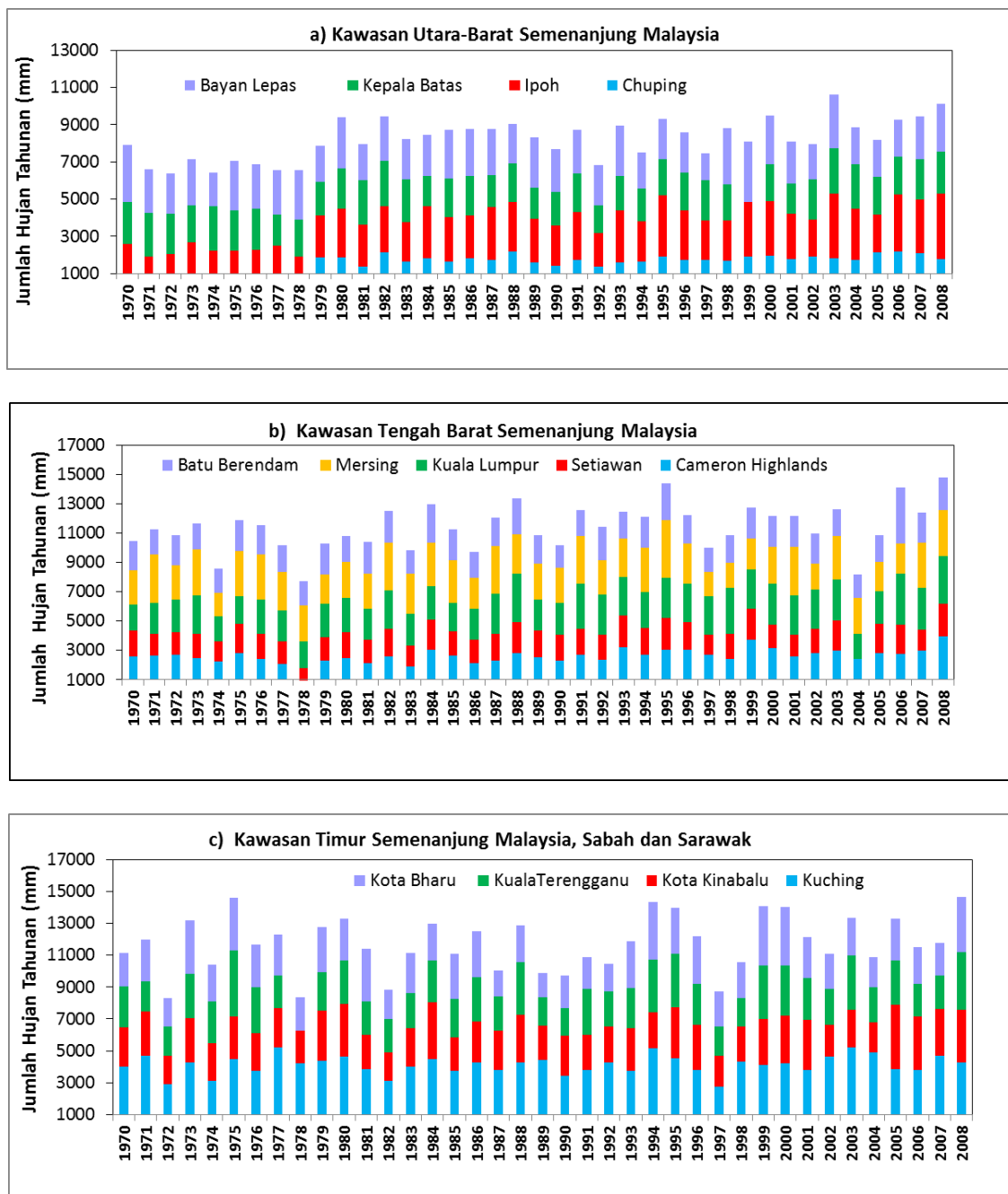
Taburan hujan tahunan

Rajah 2a menunjukkan jumlah taburan hujan tahunan di kawasan barat Semenanjung Malaysia iaitu stesen Chuping, Ipoh, Kepala Batas dan Bayan Lepas. Pola taburan jumlah hujan tahunan yang direkodkan menunjukkan pola tak seragam berdasarkan stesen yang berlainan. Stesen Bayan Lepas menunjukkan pola perubahan yang ketara pada tahun 1997 apabila jumlah hujan yang dicatatkan ialah 1447 mm yang menurun daripada 2196 mm pada tahun 1996. Kawasan barat Semenanjung Malaysia secara puratanya menerima jumlah taburan hujan kurang daripada 3000 mm kecuali bagi stesen Ipoh yang menunjukkan purata taburan hujan melebihi 3000 mm setahun.

Rajah 2b mewakili kawasan tengah Semenanjung Malaysia dengan stesen yang dipilih iaitu Cameron Highlands, Setiawan, Kuala Lumpur (Lapangan Terbang KLIA), Mersing dan Batu Berendam. Secara keseluruhannya, kawasan ini menerima purata hujan tahunan yang agak banyak setiap tahun iaitu daripada julat 2500 mm hingga 4000 mm. Merujuk kepada stesen Mersing, taburan hujan yang dicatatkan pada tahun 1995 lebih tinggi berbanding stesen lain namun, pola taburan hujan mengalami penurunan yang konsisten untuk dua tahun selepas itu iaitu 2754 mm pada tahun 1996 dan 1660 mm pada tahun 1997 iaitu selaras dengan kejadian El Nino pada tahun 1997. Begitu juga stesen lain juga mengalami penurunan jumlah hujan tahunan pada tahun 1997 seperti Cameron Highlands, Setiawan dan Batu Berendam. Stesen Kuala Lumpur terkecuali kerana pada tahun 1997, tiada perbezaan ketara kerana nilai taburan hujan tahunan yang diperolehi ialah 2637 mm berbanding 2618 mm pada tahun 1996. Kemungkinan kedudukan Kuala Lumpur yang terletak di lembah menyebabkan ia terlindung daripada penurunan hujan yang ketara.

Stesen di pantai timur Semenanjung Malaysia dan Sabah dan Sarawak disatukan kerana kesemua stesen hujan berhampiran dengan barat Lautan Pasifik, berbanding dengan stesen di barat Semenanjung Malaysia yang berhampiran Lautan Hindi. Rajah 2c menunjukkan taburan hujan tahunan di empat stesen utama di kawasan pantai timur, Sabah dan Sarawak. Stesen Kuching memperlihatkan pola taburan hujan tinggi untuk jumlah hujan berbanding stesen lain seperti Kota Kinabalu, Kuala Terengganu dan Kota Bharu. Namun, dari tahun 1994 hingga tahun 1997, jumlah hujan yang diterima di stesen ini juga mengalami penurunan yang konsisten iaitu 5150 mm, 4551 mm, 3823 mm dan 2758 mm. Manakala bagi stesen Kota Kinabalu pula, jumlah

hujan yang diterima dari tahun 1994 hingga 1997 adalah sebanyak 2267 mm, 3194 mm, 2788 mm dan 2169 mm. Pelbagai sebab membentuk pola taburan hujan stesen ini seperti, pada tahun 1994, kejadian El Nino sederhana direkodkan manakala tahun 1997 pula, kejadian El Nino sangat kuat berlaku. Sementara itu tahun 1995 dan 1996 merupakan keadaan normal. Hujan di Kuala Terengganu juga tidak menentu yang menunjukkan penurunan jumlah berlaku dari 1995 hingga 1998, iaitu 2916 mm, 2589 mm, 1855 mm dan 1809 mm.



Sumber: Diolah daripada data Jabatan Meteorologi Malaysia

Rajah 2. Nilai taburan hujan tahunan di bahagian (a) utara barat Semenanjung Malaysia, (b) tengah barat Semenanjung Malaysia (c) timur Semenanjung Malaysia, Sarawak dan Sabah.

Jadual 2 menunjukkan statistik deskriptif untuk stesen hujan terpilih. Min hujan tahunan di Chuping, Perlis (1350 mm) merupakan antara stesen yang paling kering sepanjang 38 tahun, manakala Kuching menerima hujan yang paling lebat, iaitu purata 4136 mm setahun, berbanding nilai maksimum sebanyak 5224 mm setahun. Nilai hujan tahunan minimum yang diterima di setiap stesen menggambarkan betapa kurangnya air yang di terima di kebanyakan stesen di Malaysia. Data ini dapat memberi gambaran bahawa dalam keadaan kering atau kemarau pada nilai 1500 mm setahun, seluruh Malaysia berkemungkinan menerima purata 100 mm sebulan. Persoalannya adakah nilai ini mampu menampung keperluan utiliti air buat penduduk dalam penggunaan seharian. Kajian Roberts et al. (2009) mendapati pengeluaran padi di Filipina terjejas sewaktu peristiwa El Nino. Purata hujan bulanan (tahunan) di bahagian barat Semenanjung adalah 210 mm (2205 mm), di sebelah timur Semenanjung Malaysia adalah 215 mm (2568 mm), sementara di timur Semenanjung Malaysia adalah 247 mm (3358 mm).

Jadual 2. Statistik deskriptif hujan tahunan di Malaysia dari 1970 hingga 2008.

Stesen hujan	Min	Median	Maksimum	Minimum	Julat	Sisihan piawai	Ralat piawai
Chuping	1789.8	1780.5	2196.3	1349.8	846.5	220.48	40.25
Ipoh	2495.9	2415.5	3527.6	1827.7	1699.9	428.33	68.58
Kepala Batas	2040.3	2061.7	2469.5	1473.5	996	257.49	41.23
Bayan Lepas	2408.5	2352.6	5032.4	1446.8	3585.6	561.44	89.91
Cameron Highlands	2651.1	2627.76	3956.0	1875.0	2081	420.64	67.35
Setiawan	1769.1	1737.9	2211.2	1360.8	850.4	234.83	37.60
Kuala Lumpur	2463.1	2464.6	3455.0	1689.6	1765.4	451.82	72.35
Batu Berendam	2018.7	1980.5	3826.4	1584.1	2242.3	389.32	62.34
KualaTerengganu	2552.7	2552.6	4144.8	1719.0	2425.8	576.28	92.27
Kota Bharu	2532.0	2500.7	3734.5	1538.0	2196.5	583.76	93.47
Mersing	2617.4	2617.4	3899.0	1566.9	2332.1	545.05	87.28
Kuching	4136.1	4235.3	5223.7	2757.5	2466.2	579.39	92.77
Kota Kinabalu	2579.9	2465.3	3996.0	1743.8	2252.16	527.67	84.49

Bayan Lepas merupakan stesen yang mempunyai julat tahunan yang paling tinggi iaitu 3585 mm kerana ia telah menerima hujan maksimum sebanyak 5032 mm pada tahun 1998. Stesen di bahagian utara barat Semenanjung Malaysia mempunyai julat yang kecil iaitu kurang daripada 900 mm seperti di Chuping dan Setiawan, manakala stesen di pantai timur Semenanjung dan Sabah serta Sarawak mempunyai julat yang melebihi 2000 mm setahun.

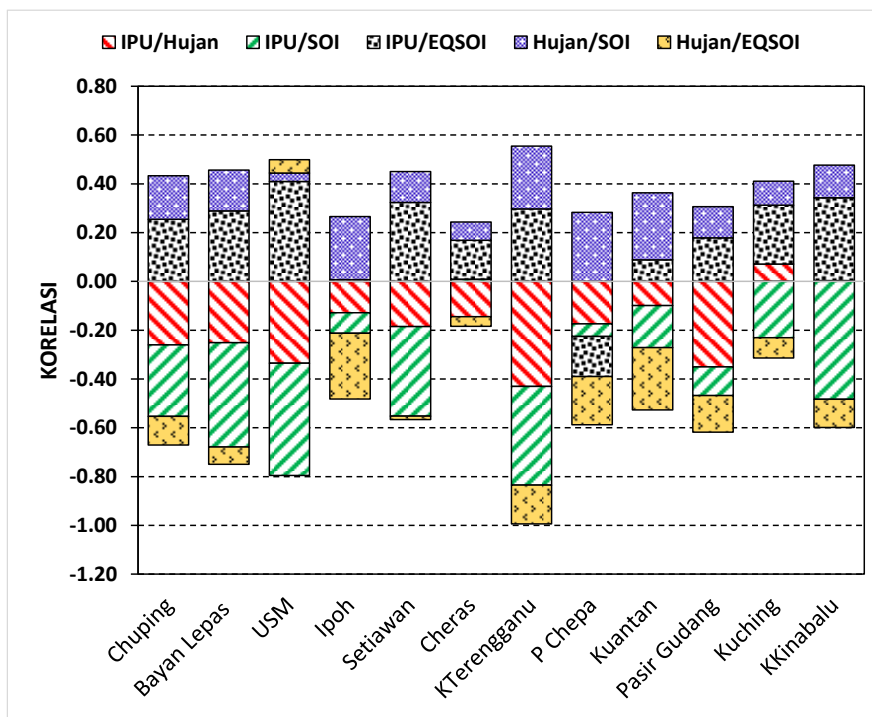
Perbandingan jumlah hujan tahunan dengan nilai SOI dan EQSOI

Kebiasaannya, taburan hujan sering dipengaruhi oleh nilai SOI dan EQSOI walaupun terdapat faktor lain yang mempengaruhi jumlah hujan tempatan seperti tiupan angin monsun dan topografi fizikal kawasan tersebut seperti kewujudan bukit, lembangan atau pulau. Signifikannya, nilai SOI yang negatif sehingga mencapai bawah -10 selama tempoh 6 bulan menunjukkan berlakunya kejadian El Nino tahap sangat kuat, dan pada yang sama jumlah taburan hujan di Malaysia yang dicatatkan juga menurun. Rajah 3 menunjukkan korelasi antara hujan dan SOI/EQSOI. Berdasarkan stesen Kepala Batas, hubungan korelasi nilai r iaitu 0.028

yang bermaksud taburan hujan di stesen ini kurang dipengaruhi oleh nilai SOI iaitu hubungan positif yang sangat lemah. Antara kemungkinan yang menyebabkan berlaku ialah stesen Kepala Batas berada berdekatan dengan pinggir laut dan dipengaruhi oleh tiupan angin barat daya yang membawa kepada berlakunya hujan perolakan.

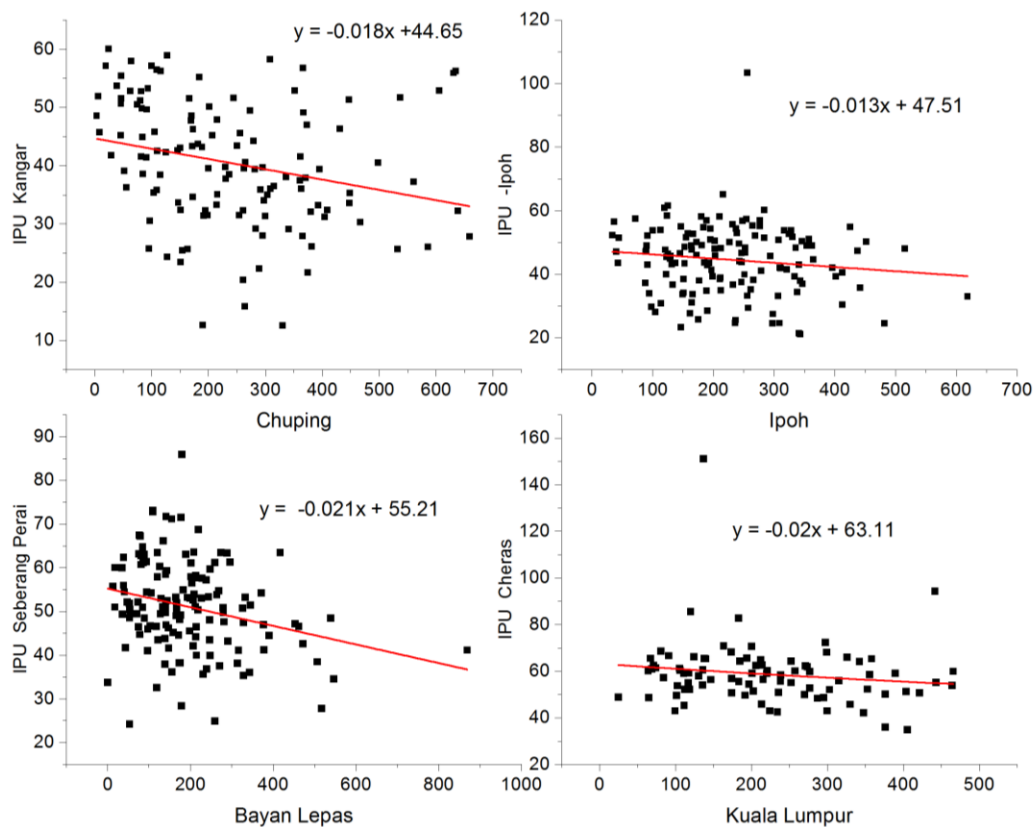
Secara keseluruhannya, nilai SOI berkadar positif lemah dengan jumlah taburan hujan. Nilai korelasi yang paling tinggi adalah 0.28 di Pengkalan Chepa, sementara di stesen seperti Kuching dan Kuala Lumpur, nilai SOI adalah negatif yang lemah. Nilai SOI positif menandakan keadaan bukan El Nino dan taburan hujan meningkat manakala taburan hujan berkurangan sekiranya nilai SOI menurun. Korelasi ONI pula adalah bertentangan dengan SOI kerana ia lazimnya negatif apabila SOI positif, kecuali untuk stesen Mersing and Kota Bharu.

Rajah 3 menunjukkan bahawa korelasi hujan dan EQSOI adalah lazimnya negatif, menandakan apabila nilai EQSOI negatif (El Nino), hujan akan berkurangan. Hubungan hujan dan IPU juga adalah negatif, menandakan jika jumlah hujan berkurangan, IPU lazimnya akan meningkat di mana kualiti udara akan terjejas. Hubungan antara IPU dan EQSOI (SOI) pula adalah positif (negatif), iaitu IPU akan meningkat dalam keadaan El Nino. Kuantifikasi hubungan iaitu nilai korelasi adalah lemah, kecuali indeks EQSOI (SOI) dan hujan untuk beberapa stesen di pantai timur Semenanjung seperti Kota Bharu (-0.21/0.20) dan Kuala Terengganu (-0.16/0.26) serta di Sabah (-0.12, 0.13) di kepulauan Borneo, Malaysia Timur.



Rajah 3. Korelasi antara hujan, SOI dan EQSOI

Graf regresi antara IPU dan hujan bulanan menunjukkan pola taburan yang berbeza (Rajah 4). Ada stesen yang mempunyai pola yang agak tersebar dan yang berkelompok. Hampir kesemua cerun garis regresi adalah negatif, kecuali Kuching yang cerun garisnya positif tapi lemah (rajah tidak ditunjukkan). Hubungan regresi ini boleh meramalkan apakah nilai IPU yang barangkali diterima di beberapa stesen di Malaysia dengan nilai hujan bulanan yang diketahui.



Rajah 4. Graf regresi bivariat antara IPU dan hujan bulanan (paksi x) untuk stesen terpilih seperti Kangar, Ipoh, Seberang Perai, dan Cheras

Jadual 3 menunjukkan persamaan regresi bivariat antara IPU dan hujan, sementara Jadual 4 menunjukkan hubungan regresi antara IPU dan SOI. Secara amnya, stesen seperti Ipoh, Kuala Selangor dan Cheras di bahagian tengah di barat Semenanjung Malaysia menunjukkan hubungan antara IPU dan hujan yang tak signifikan, dan ia digambarkan juga oleh peratusan kebaikan suai yang rendah, iaitu kurang daripada 1% (Jadual 3). Begitu juga dengan stesen hujan di timur Semenanjung Malaysia iaitu Kuantan, dan dua stesen di timur Malaysia yang terletak di Borneo, iaitu di Kuching dan Kota Kinabalu. Hubungan antara indeks pencemaran udara dan hujan adalah tidak signifikan pada aras keyakinan 95% terutama di bahagian timur Malaysia. Untuk IPU dan EQSOI, stesen Ipoh, Cheras dan Kuantan menunjukkan hubungan yang tak signifikan, berbeza sedikit daripada regresi antara IPU dan SOI.

Jadual 3. Persamaan regresi bivariat untuk peramalan antara IPU dan hujan bulanan

Stesen kualiti udara	R ²	Kebaikan suai (%)	Pintas	Pekali hujan	Keertian
Kangar	0.0675	6.747	44.652	-0.018	**
Seberang Perai	0.0628	6.283	53.501	-0.012	**
USM	0.1122	11.223	40.067	-0.020	**
Ipoh	0.0165	1.650	47.507	-0.013	
Kuala Selangor	0.0344	3.442	56.160	-0.026	

Cheras	0.0209	2.089	62.755	-0.018	
Kuala Terengganu	0.1855	18.546	50.049	-0.014	**
Pengkalan Chepa	0.0301	3.014	39.768	-0.008	**
Kuantan	0.0097	0.974	32.336	-0.007	
Pasir Gudang	0.1231	12.307	51.030	-0.022	**
Kuching	0.0051	0.508	34.751	0.013	
Kota Kinabalu	0.0000	0.001	37.171	0.000	

** signifikan pada aras 0.05

Perkaitan antara IPU dan SOI juga menunjukkan isyarat yang hampir sama dengan hubungan antara IPU dan hujan. Stesen-stesen Ipoh dan Cheras di bahagian tengah di barat Semenanjung Malaysia menunjukkan hubungan antara IPU dan hujan yang tak signifikan, dan ia digambarkan juga oleh peratusan kebaikan suai (goodness of fit) yang rendah, iaitu iaitu kurang daripada 1 peratus (Jadual 4). Begitu juga dengan dua stesen hujan di timur Semenanjung iaitu Pengkalan Chepa dan Pasir Gudang. Bagaimanapun, hubungan antara IPU dan SOI, iaitu petanda El Nino adalah signifikan di Kuching dan Kota Kinabalu.

Jadual 4. Persamaan regresi bivariat untuk peramalan antara IPU dan SOI bulanan

Stesen kualiti udara	R ²	Kebaikan suai (%)	Pintas	Pekali SOI	Keertian
Kangar	0.0859	8.586	40.800	-0.331	**
Seberang Perai	0.1829	18.291	50.916	-0.406	**
USM	0.2122	21.221	36.473	-0.373	**
Ipoh	0.0071	0.714	44.498	-0.087	
Kuala Selangor	0.1345	13.445	52.174	-0.483	**
Cheras	0.0001	0.008	58.724	0.012	
Kuala Terengganu	0.1632	16.322	47.111	-0.352	**
Pengkalan Chepa	0.0028	0.275	38.053	-0.052	
Kuantan	0.0299	2.990	30.676	-0.124	**
Pasir Gudang	0.0138	1.382	46.431	-0.119	
Kuching	0.0534	5.335	36.846	-0.402	**
Kota Kinabalu	0.2334	23.343	37.792	-0.553	**

** signifikan pada aras 0.05

Perkaitan antara IPU dan EQSOI pula menunjukkan isyarat yang hamper sama dengan hubungan antara IPU dan hujan atau IPU dan SOI, kecuali magnitude pekali korelasi EQSOI adalah negatif. Stesen-stesen Ipoh, Cheras, Kuantan menunjukkan hubungan antara IPU dan EQSOI yang tak signifikan, dan ia digambarkan juga oleh peratusan kebaikan suai (goodness of fit) yang rendah, iaitu iaitu kurang daripada 1 peratus (Jadual 5). Hubungan antara IPU dan EQSOI adalah signifikan di Kuching dan Kota Kinabalu.

Jadual 5. Persamaan regresi bivariat untuk peramalan antara IPU dan EQSOI bulanan

Stesen kualiti udara	R ²	Kebaikan suai (%)	Pintas	Pekali EQSOI	Keertian
Kangar	0.065	6.493	41.734	3.321	**
Seberang Perai	0.084	8.358	51.571	2.868	**
USM	0.168	16.819	37.600	3.805	**
Ipoh	0.000	0.005	44.529	0.080	
Kuala Selangor	0.105	10.491	53.845	5.228	**
Cheras	0.025	2.547	59.219	2.255	
Kuala Terengganu	0.088	8.848	47.888	2.992	**
Pengkalan Chepa	0.027	2.682	37.781	-1.708	**
Kuantan	0.008	0.786	30.838	0.673	
Pasir Gudang	0.032	3.209	46.823	1.890	**
Kuching	0.058	5.839	37.709	4.414	**
Kota Kinabalu	0.115	11.533	38.891	4.628	**

** signifikan pada aras 0.05

Regresi multivariat (Jadual 6) menunjukkan bahawa dua stesen di barat Semenanjung seperti Cheras dan Ipoh serta 1 stesen di timur Semenanjung Malaysia iaitu Pengkalan Chepa tidak mempunyai peratusan penjelasan regresi yang tinggi, iaitu di bawah 7.5%. Oleh itu persamaan regresi tiga pemboleh ubah iaitu hujan, EQSOI dan SOI adalah tidak signifikan. Stesen lain memaparkan regresi multivariat yang signifikan dan julat R² adalah antara 7.3% hingga 34% yang menandakan bahawa pemboleh ubah hujan, EQSOI dan SOI hanya dapat menjelaskan antara 7.3% hingga 34% iaitu nilai peratusan yang kecil dan tidak menjelaskan penyebab utama kenapa IPU adalah tercemar. Kemungkinan pemboleh ubah angin dan zarah terampai (PM₁₀) dapat menggambarkan penjelasan yang lebih tinggi lagi.

Jadual 6. Persamaan regresi multivariat antara IPU, hujan, EQSOI dan SOI

Stesen kualiti udara	R ²	Kebaikan suai (%)	Pintas	Pekali Hujan	Pekali EQSOI	Pekali SOI	Keertian
Kangar	0.136	13.621	44.705	-0.015	1.365	-0.207	**
Seberang Perai	0.217	21.683	52.632	-0.009	-0.451	-0.410	**
USM	0.342	34.171	41.180	-0.020	2.120	-0.237	**
Ipoh	0.029	2.859	47.115	-0.013	-1.558	-0.163	
Kuala Selangor	0.168	16.755	56.176	-0.021	2.564	-0.315	**
Cheras	0.075	7.537	63.844	-0.018	4.633	0.317	
Kuala Terengganu	0.279	27.897	49.927	-0.012	0.534	-0.242	**
Pengkalan Chepa	0.121	12.095	38.760	-0.007	-4.723	-0.340	**
Kuantan	0.037	3.696	31.526	-0.004	-0.742	-0.165	
Pasir Gudang	0.140	14.041	51.144	-0.021	1.709	0.044	**
Kuching	0.074	7.369	34.595	0.018	2.897	-0.215	**
Kota Kinabalu	0.2383	23.832	36.461	0.004	0.222	-0.550	**

** signifikan pada aras 0.05

Keempat-empat jadual bivariat dan multivariat menunjukkan bahawa terdapat hubungkait antara IPU sewaktu peristiwa El Nino. Persamaan regresi multivariat dalam kajian ini hanya menggunakan nilai hujan, EQSOI dan SOI menunjukkan persamaan yang agak rendah dalam meramal kualiti udara dalam keadaan kering yang disebabkan oleh El Nino. Begitu pun hubungannya, persamaan regresi multivariat dan bivariat menunjukkan bahawa peramalan untuk kualiti udara di bahagian tengah barat dan timur Semenanjung Malaysia adalah kurang signifikan untuk nilai hujan dan SOI yang diketahui berbanding dengan di timur Malaysia atau di bahagian lain di Semenanjung Malaysia. Kajian di India juga mendapati bahawa peristiwa El Nino sering membawa jumlah hujan yang kurang daripada normal sewaktu monsoon barat daya (Subrahmanyam et al., 2013).

Maklumat berkaitan hubungan ini dapat membantu pihak yang bertanggungjawab seperti pihak kerajaan dan badan bukan kerajaan mengenalpasti dan mencari jalan penyelesaian sekiranya jumlah taburan hujan berkurangan ketika fenomena El Nino berlaku. Selain itu, pihak ini juga sedikit sebanyak memperoleh pengetahuan berkenaan kejadian El Nino dan kesan ke atas jumlah taburan hujan supaya langkah berjaga-jaga dan persediaan awal dapat dilakukan. Kajian berkenaan hubungan antara IPU dan unsur yang berkaitan dengan El Nino dapat membantu pihak berkuasa tempatan dalam perancangan berkenaan langkah susulan jangka pendek yang harus dilakukan berdasarkan kajian ini. Sebagai contoh adakah sesuatu institusi pengajian seperti sekolah ditutup esoknya jika keadaan IPU pada sesuatu hari itu diketahui. Langkah lain adalah seperti pembinaan empangan baru, melakukan jadual catuan air dan sebagainya bagi mengurangkan risiko kekurangan air.

Kesimpulan

Kejadian fenomena El Nino, La Nina dan keadaan normal yang berlaku di Malaysia mempengaruhi jumlah taburan hujan secara keseluruhannya. Tahun-tahun El Nino yang digambarkan terburuk berlaku di Malaysia ialah 1982, 1987, 1994 dan 1997. Pembahagian tiga kawasan yang dikelompokkan di barat Semenanjung Malaysia, tengah Semenanjung Malaysia, serta pantai timur Semenanjung Malaysia, Sabah dan Sarawak (Malaysia Timur) mendapati bahawa tiada perbezaan ketara yang dicatatkan oleh pengelompokkan stesen-stesen utama di beberapa buah negeri di Malaysia.

Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang positif (negatif) yang lemah antara nilai SOI (EQSOI) dan taburan jumlah hujan. Korelasi antara SOI (EQSOI) dan IPU juga menunjukkan hubungan yang positif (negatif), iaitu bila El Nino berlaku, di sebabkan oleh keadaan yang lebih kering, kualiti udara bertambah buruk. Analisis regresi yang meramalkan apakah IPU dalam keadaan El Nino dan hujan yang berkurangan dapat memberi peramalan yang sederhana rendah kejituaannya.

Pelbagai implikasi negatif yang boleh dikaitkan daripada kejadian El Nino. Antaranya suhu lebih panas daripada biasa sehingga mengganggu aktiviti harian dan keselesaan terma yang dirasakan oleh penduduk tempatan. Misalnya, kekurangan bekalan air yang berlaku memberi masalah dalam menguruskan kehidupan penduduk (Abul Quasem Al-Amin & Gazi Mahabubul Alam, 2016). Begitu juga dengan industri perkilangan yang memerlukan jumlah bekalan air yang banyak seperti industri pembuatan dan makanan contohnya. Secara tidak langsung, kejadian El Nino ini mendatangkan gangguan kepada aktiviti seharian penduduk. Kawasan pertanian di sebelah utara Malaysia juga kemungkinan terancam dengan kejadian cuaca yang lebih kering ini.

Rujukan

- Abul Quasem Al-Amin & Gazi Mahabubul Alam. (2016). Impact of El-Niño on agro-economics in Malaysia and the surrounding regions: An analysis of the events from 1997-98. *Asian Journal of Earth Sciences*, 9, 1-8.
- Bureau of Meteorology. (2017). El Niño-Detailed Australian Analysis (<http://www.bom.gov.au/climate/enso/enlist/>)
- Johnson, G. C., & Birnbaum, A. N. (2017). As El Niño builds, Pacific warm pool expands, ocean gains more heat. *Geophysical Research Letters*. doi: /10.1002/2016GL071767.
- Mahmud, M. (2013). Assessment of atmospheric impacts of biomass open burning in Kalimantan, Borneo during 2004. *Atmospheric Environment*, 78, 242-249.
- Mahmud, M., & Abu Hanifah, N. H. (2009). Pencemaran udara berikutan peristiwa jerebu tahun 2005: Kajian kes di Perai, Pulau Pinang, Malaysia. *Geografia Malaysian Journal of Society and Space*, 5(2), 1-15.
- National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). (2016). Climate variability: Oceanic Niño Index. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-ni%C3%B1o-index>
- Norela, S., Saidah, M. S., & Mahmud, M. (2013). Chemical composition of the haze in Malaysia 2005. *Atmospheric Environment*, 77, 1005-1010.
- Roberts, M. G., Dawe, D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2009). El Nino-Southern Oscillation impacts on rice production in Luzon, the Philippines. *Journal Applied Meteorology Climatology*, 48, 1718-1724.
- Schwing, F.B., Murphree, T. & Green, P.M. (2002). The Northern Oscillation Index (NOI): A new climate index for the northeast Pacific. *Progress in Oceanography*, 53, 115-139.
- Subrahmanyam, V., Mantravadi & Pushpanjali, B., & Murty, K. P. R. V. (2013). Impact of El Nino/La Nina on Indian summer monsoon rainfall. In Leal, M. D. & Levins, M. V. (Eds.), *Monsoons: Formation, Environmental Monitoring and Impact Assessment* (pp 65-77). New York, Nova Science Publishers.
- Sutherland, S. (2017). La Niña calls it quits. Is El Niño paying us a return visit? *The Weather Network*. Retrieved February 17, 2017.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of El Niño. *Bulletin American Meteorological Society*, 78, 2771-2777.