

## PERISTIWA EL NINO DAN PENGARUH IOD TERHADAP HUJAN DI MALAYSIA

*(El Nino Events and the Influence of IOD on Rainfall in Malaysia)*

Mastura Mahmud

### ABSTRAK

Kewujudan Lautan Pasifik di timur Malaysia dan Lautan Hindi di baratnya mempengaruhi jumlah hujan di Malaysia. Antara kesan lautan ini adalah fenomena El Nino (La Nina) yang lazimnya menyebabkan keadaan kering (basah) di Malaysia. Hubungan hujan dan pengaruh lautan ini dikaji melalui indeks lautan serta jumlah hujan yang diterima di Malaysia dari tahun 1970 hingga 2008 di 12 stesen kajiiklim utama menggunakan statistik seperti analisis korelasi dan multivariat. Indeks untuk isyarat peristiwa El Nino di Lautan Pasifik adalah *Equatorial Southern Oscillation Index* (EQSOI), *Oceanic Nino Index* (ONI) dan *Southern Oscillation Index* (SOI) manakala isyarat untuk kejadian *Indian Ocean Dipole* (IOD) di Lautan Hindi menggunakan *Dipole Modes Index* (DMI). Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji apakah pengaruh IOD sewaktu El Nino dan La Nina terhadap hujan di Malaysia. Hasil kajian mendapati hubungan antara min SOI/ONI/EQSOI/DMI dan jumlah taburan hujan adalah positif/negatif/negatif/negatif tapi lemah. IOD mempunyai pengaruh yang kadangkala positif dan negatif terhadap taburan hujan. Pola hujan tahunan di Semenanjung kurang dipengaruhi oleh El Nino berbanding di Malaysia Timur kerana kehadiran Lautan Hindi. Walaubagaimanapun ujian ANOVA tidak menunjukkan hubungan yang signifikan antara anomali hujan dan indeks lautan. Kejadian El Nino dan fasa IOD positif yang berlaku sebanyak 12% menyebabkan keadaan kering yang hujannya kurang daripada normal sementara 12% daripada kejadian La Nina sewaktu fasa IOD negatif menyebabkan berlakunya lebih banyak hujan daripada normal. Kajian ini menunjukkan betapa pentingnya pemantauan terhadap indeks lautan di Lautan Pasifik dan Lautan Hindi dalam menentukan perancangan sumber air di negara ini terutama dalam keadaan perubahan iklim yang mendatang.

**Kata Kunci:** El Nino, Lautan Hindi, Indian Ocean Dipole, Lautan Pasifik, Malaysia

### ABSTRACT

The existence of the Pacific Ocean to the east of Malaysia and the Indian Ocean to its west influences the amount of rainfall in Malaysia. One of the effects of these oceans is the occurrence of the El Nino (La Nina) phenomenon that often causes dry (wet) condition in Malaysia. The oceanic indices and amount of rainfall received in Malaysia from 1970 to 2008 at 12 major climate stations forms a basis for the investigation on the oceanic influence by using statistical methods such as correlation and multivariate analyses. The Equatorial Southern Oscillation Index (EQSOI), the Oceanic Northern Oscillation Index (ONI) and the Southern Oscillation Index (SOI) represented the El Nino phenomenon in the Pacific Ocean while the signal for the Indian Ocean Dipole (IOD) uses the Dipole Modes Index (DMI). The objective of

this study is to investigate the influence of IOD during El Nino and La Nina on the rainfall in Malaysia. The results showed that the relationship between SOI/ONI/EQSOI/IOD and the amount of rainfall was positive/negative/negative/negative but weak. The IOD has a positive and negative influence on the rain. Rainfall patterns indicated that the El Nino affected less the amount of rainfall in the Peninsula compared to Sabah and Sarawak due to the presence of the Indian Ocean. The ANOVA test showed no significant relationship existed between the rainfall anomalies and the ocean indices. The 12% occurrences of El Nino and the positive IOD phase resulted in drier than normal conditions while 12% of the La Nina incidences during the negative IOD phase produced more rainfall than normal. This study shows the importance of monitoring the oceanic indices in the Pacific and Indian Oceans in determining future water resources planning for our country especially for the upcoming climate change.

**Keywords:** El Nino, Indian Ocean, Indian Ocean Dipole, Pacific Ocean, Malaysia

## **PENGENALAN**

Gabungan kitaran lautan dan udara mempunyai kesan langsung terhadap keadaan cuaca dan iklim untuk kawasan berhampiran terutama di lautan Pasifik yang luas (Trenberth, 1997). Peristiwa El Nino dan La Nina yang juga dikenali sebagai El Nino Southern Oscillation (ENSO) adalah peristiwa yang berpunca daripada perubahan suhu permukaan air laut di bahagian khatulistiwa Lautan Pasifik. Suhu permukaan air laut yang lebih panas atau lebih sejuk daripada suhu lautan normal boleh mempengaruhi corak cuaca seperti banjir atau kemarau yang berpanjangan di tempat tertentu dunia di seluruh dunia dengan mempengaruhi sistem tekanan tinggi, angin, dan hujan (Ropelewski & Halpert, 1989).

Di Asia Tenggara dan Australia, keadaan lebih kering daripada normal berlaku manakala di Pasifik tengah dan Pasifik timur berhampiran khatulistiwa akan menjadi lebih lembap (Taschetto & England, 2008). Dalam tempoh 50 tahun kebelakangan ini, El Nino telah berlaku sebanyak 12 kali. Dua kejadian El Nino yang sangat kuat pada abad ini berlaku pada tahun 1982 – 1983, 1997 – 1998 (Cai et al., 2014) dan 2015 - 2016.

Kejadian El Nino lazimnya diikuti oleh keadaan normal. Kadangkala ia diikuti oleh peristiwa yang berlawanan dengan keadaan El Nino, yang dikenali dengan La Nina. La Nina dicirikan oleh perubahan suhu permukaan air laut (SPAL) yang agak sejuk daripada normal, lazimnya antara 3–5 °C di khatulistiwa Pasifik, berbanding dengan kejadian El Nino. Indeks yang digunakan oleh *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA) untuk mengukur kejadian El Nino dan La Nina ditakrifkan sebagai purata perbezaan tiga bulan SPAL daripada normal untuk kawasan di khatulistiwa Lautan Pasifik (dikenali sebagai Nino 3.4, iaitu dari kedudukan 120°B ke 170°B, dari 5°U ke 5°S).

Peristiwa El Nino dicirikan oleh peningkatan anomali SPAL yang melebihi 0.5°C. Indeks yang menandakan kejadian La Nina adalah anomali penurunan suhu yang melebihi 0.5°C. Nilai-nilai SOI positif yang berterusan melebihi 8 menunjukkan peristiwa La Nina sementara nilai negatif yang berterusan di bawah -8 menunjukkan berlakunya El Nino.

Fenomena El Nino Modoki (Ashok et al., 2007) dicirikan oleh perairan Lautan Pasifik tengah yang panas dan anomali SPAL sejuk di bahagian timur dan barat lembangan Lautan Pasifik itu. Bagaimanapun, El Nino Modoki dicadangkan sebagai berbeza daripada ENSO tradisional (Ashok et al. 2007; Weng et al. 2007) dan ia berlaku lebih kerap sejak tahun 1980an

(Xie et al., 2014) kerana dipengaruhi oleh kesan antropogenik dan perubahan iklim (Yeh et al., 2009). Bagaimanapun, Takahashi et al. (2011) mendapati bahawa El Nino tradisional atau El Nino Modoki adalah bahagian bukan linear yang terdapat dalam kebolehubahan sistem El Nino dan tidak merupakan mod yang berlainan. El Nino Modoki seolah-olah mempengaruhi iklim serantau dengan cara yang berbeza daripada El Nino tradisional (Taschetto & England, 2008). Weng et al. (2007) menunjukkan bahawa peristiwa El Nino Modoki cenderung untuk mengeringkan kawasan yang biasanya mengalami keadaan basah atau normal sewaktu berlakunya El Nino tradisional.

Indian Ocean Dipole (IOD) adalah fenomena pasangan atmosfera-lautan di Lautan Hindi, yang dicirikan oleh penurunan SPAL luar biasa di tenggara khatulistiwa Lautan Hindi dan pemanasan suhu SPAL luar biasa di barat khatulistiwa Lautan Hindi (Ashok et al., 2001). Perubahan ini diiringi oleh perubahan dalam kitaran perolakan di timur Lautan Hindi dimana air laut panas bergerak ke barat dan membawa hujan lebat di timur Afrika serta menyebabkan kemarau di bahagian Indonesia dan Australia (Ashok et al., 2001). Fasa IOD positif diwakili oleh SPAL yang melebihi purata dan hujan yang banyak di bahagian barat Lautan Hindi, sementara penyejukan SPAL di bahagian timur Lautan Hindi menyebabkan kemarau di Indonesia dan Australia.

Fasa IOD negatif pula membawa keadaan yang sebaliknya, dimana hujan lebat turun di timur Lautan Hindi. IOD memainkan peranan sebagai pengubahsuaian hujan monsun. Secara purata, sebanyak 4 kejadian IOD yang positif/negatif berlaku pada tempoh 30 tahun, dimana setiap peristiwa bertahan selama 6 bulan. Terdapat 12 IOD yang positif sejak 1980, dan tiada kejadian IOD yang negatif sejak 1992 (Ashok et al. 2007).

Kajian korelasi dan regresi antara kejadian peristiwa El Nino dan pencemaran udara di Semenanjung Malaysia menunjukkan kualiti udara bertambah buruk disebabkan oleh keadaan yang lebih kering (Mahmud & Ahmad, 2018). Bagaimanapun, kurang kajian berkenaan IOD dan El Nino/La Nina untuk kawasan ini dilakukan.

Malaysia tergolong antara salah sebuah negara yang mengalami fenomena El Nino/La Nina dan IOD kerana kedudukan Malaysia yang terletak antara Lautan Pasifik dan Lautan Hindi. Objektif kajian ini adalah mengkaji apakah pengaruh IOD sewaktu El Nino dan La Nina terhadap hujan di Malaysia. Antara persoalan yang perlu dikaji ialah adakah terdapat perbezaan pola taburan hujan yang diterima oleh Semenanjung Malaysia berbanding Sabah dan Sarawak sepanjang tempoh berlakunya peristiwa El Nino, La Nina, dan fasa IOD.

## **DATA DAN KAEDAH**

Rekod data hujan dari 12 stesen utama seluruh negara dari tahun 1970 sehingga tahun 2008 diperolehi daripada Jabatan Meteorologi Malaysia. Stesen iklim yang dipilih adalah Chuping, Kepala Batas, Kuala Terengganu, Kota Bharu, Bayan Lepas, Ipoh, Cameron Highlands, Setiawan, Kuala Lumpur, Mersing, Batu Berendam, Kota Kinabalu di Sabah dan Kuching di Sarawak. Stesen ini dipilih untuk mewakili tiga bahagian, iaitu stesen di barat Semenanjung, di timur Semenanjung Malaysia dan di Sabah dan Sarawak.

Untuk kajian ini, beberapa jenis indeks digunakan untuk mengesan El Nino, iaitu EQSOI (Equatorial Southern Oscillation Index), *Southern Oscillation Index* (SOI), *Oceanic Northern Oscillation Index* atau *Oceanic Nino Index* (ONI) (Schwing et al., 2002), dan juga *Dipole Modes*

*Index* (DMI) yang mengukur IOD. SOI dan ONI digunakan untuk kawasan di Lautan Pasifik, sementara DMI digunakan untuk kawasan Lautan Hindi. Data ini diperolehi daripada *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA) dan *Bureau of Meteorology Australia* (BOM). Indeks ONI yang melebihi nilai 1.5 dikenali sebagai kejadian El Nino yang kuat, indeks yang melebihi 1 dikenali sebagai El Nino yang sederhana, sementara indeks ONI antara 0.5 ke 0.9 dikenali sebagai El Nino yang lemah.

## HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Sebagai negara yang beriklim tropika, jumlah hujan yang diterima oleh Malaysia adalah tinggi, melebihi 3000 mm setahun. Sewaktu monsun timur laut, kawasan seperti pantai timur Semenanjung, kawasan Sarawak, barat dan timurlaut Sabah mengalami hujan lebat. Dari bulan November ke Januari, jumlah hujan maksimum berlaku manakala bulan Jun dan Julai merupakan bulan kering.

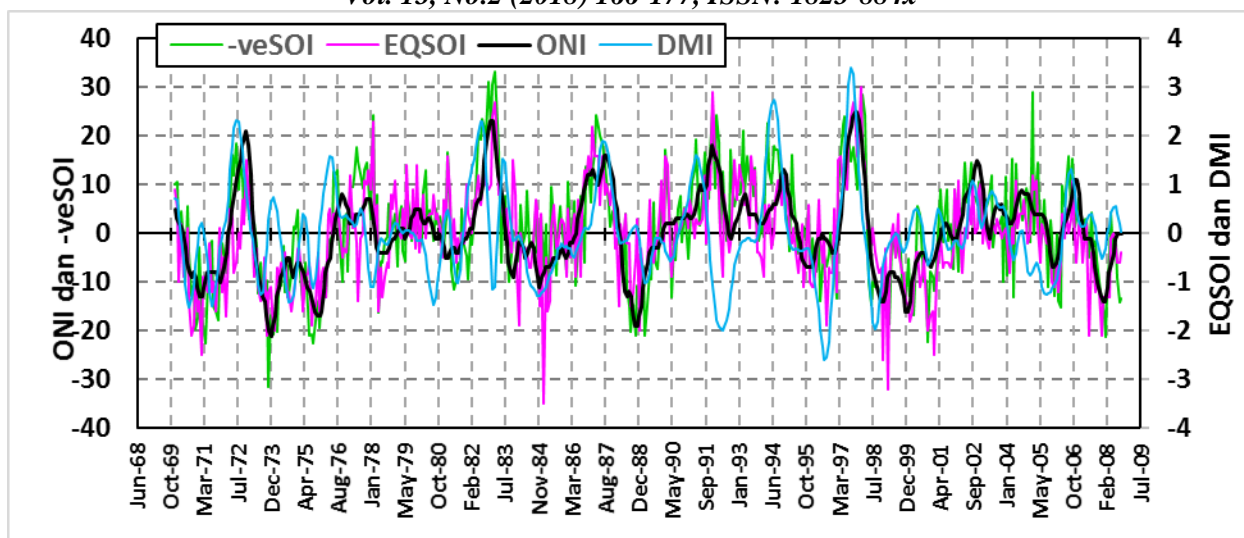
Di pantai barat Semenanjung Malaysia terdapat dua tempoh purata hujan maksimum yang dipisahkan oleh dua tempoh hujan minimum. Hujan maksimum primer berlaku dari Oktober hingga November manakala maksimum sekunder berlaku dari April ke Mei. Manakala hujan minimum primer pula dicatatkan dari bulan Jun ke Julai dan minimum sekunder berlaku pada bulan Februari.

Rajah 1 menunjukkan indeks ONI, -veSOI (nilai SOI yang diterbalikkan supaya nilai SOI adalah positif sewaktu El Nino), EQSOI dan DMI yang dipuratakan selama 3 bulan agar diselaraskan indeks untuk dilakukan perbandingan. Indeks ONI adalah positif untuk kejadian El Nino, dimana ia bergantung kepada peningkatan suhu air laut di kawasan Nino 3.4, berbanding dengan SOI yang berdasarkan perbezaan tekanan antara Tahiti dan Darwin.

Kejadian El Nino yang kuat berlaku pada tahun-tahun 1957, 1965, 1972, 1982, 1991 dan 1997, sementara kejadian El Nino yang sederhana berlaku pada 1986, 1987, 1994, 2000, 2002 dan 2009. El Nino yang lemah pula berlaku pada tahun-tahun 1952, 1963, 1968, 1969, 1976, 1977, 1979, 2004 dan 2006.

Trend ketakseragaman indeks SOI yang negatif adalah hampir sama dengan magnitud ONI sepanjang 38 tahun untuk kejadian El Nino yang kuat dan sederhana, sementara tren untuk El Nino yang lemah kurang menunjukkan kesamaan. Nilai EQSOI dan ONI adalah agak kecil (lebih kurang 10%) jika dibandingkan dengan magnitud SOI dan ONI.

Ujian ANOVA 1 hala pada tahap 95% menunjukkan secara signifikan ( $p = 0.0001$ ) bahawa tiada persamaan di antara kesemua isyarat indeks, walaupun jika dilihat dengan mata kasar pada Rajah 1 bahawa kebanyakan puncak garis EQSOI, SOI, -ve SOI, ONI dan DMI adalah hampir pada fasa yang sama.



Rajah 1: Taburan purata 3 bulan untuk indeks –veSOI, EQSOI, ONI dan DMI.

Data diolah daripada NOAA dan BOM.

Tahun-tahun kejadian La Nina yang kuat adalah 1973, 1975, 1985, 1988-89, 1995-96, apabila nilai ONI melebihi 1.5, sementara La Nina sederhana berlaku pada 1970, 1998, 1999, 2007, 2010. La Nina yang lemah (nilai ONI kurang daripada 1) pula berlaku pada 1971, 1974, 1984, 1995 dan 2000. Dari rekod 38 tahun (1970-2008), kejadian El Nino berlaku sebanyak 46%, sementara kejadian La Nina dan normal sebanyak 54%. Kejadian El Nino yang kuat berlaku sebanyak 5%, jika kriteria ONI melebihi 1.5 dipatuhi, sementara kejadian El Nino yang sederhana dan lemah adalah masing-masing berlaku sebanyak 7% dan 34%.

Kejadian IOD pula berlaku pada tahun 1972, 1977, 1982, 1983, 1994, 1997, 2006, 2007 dan 2008 berdasarkan nilai DMI yang positif. Rajah 1 menunjukkan indeks yang mewakili kejadian El Nino apabila keempat indeks menunjukkan nilai ONI, EQSOI, dan DMI yang positif, sementara SOI adalah negatif. Magnitud indeks yang melebihi 1.5 (ONI dan DMI) bersamaan dengan kejadian El Nino yang kuat, berlaku pada tahun 1972, 1982, 1986-1987, 1994 dan 1997. Terdapat juga tahun dimana DMI adalah negatif apabila nilai ONI positif, iaitu apabila berlakunya El Nino di Lautan Pasifik tetapi keadaan IOD yang kurang menyerlah di Lautan Hindi.

Data purata hujan bulanan untuk 12 stesen terpilih di Malaysia ditunjukkan pada Jadual 1. Kota Kinabalu menerima purata hujan bulanan yang paling tinggi iaitu 345 mm berbanding dengan stesen di pantai timur Semenanjung Malaysia iaitu Kota Bharu (211 mm), Terengganu (208 mm) atau Mersing (218 mm). Stesen-stesen ini juga menerima hujan tertinggi yang direkod melebihi 1200 mm, dan menjadikan julat di stesen pantai timur Semenanjung dan Sabah melebihi 1500 mm. Stesen lain di bahagian barat Semenanjung Malaysia menerima purata hujan bulanan yang lebih rendah, iaitu kurang daripada 220 mm. Sisihan piawai di pantai barat Semenanjung Malaysia adalah kurang daripada 160 mm berbanding dengan stesen di timur Semenanjung dan Sabah yang menerima lebih hujan lebat dan sisihan piawai yang melebihi 199 mm.



Jadual 1: Statistik deskriptif untuk hujan bulanan untuk stesen di Malaysia (1970 – 2008)

Stesen	Purata (mm)	Maksimum (mm)	Ralat piawai	Median (mm)	Sisihan piawai	Julat (mm)
Chuping	215.00	716.90	7.15	193.55	154.57	716.90
Bayan Lepas	196.45	869.10	6.11	177.25	132.23	869.10
Kepala Batas	170.01	705.80	5.25	157.75	113.50	705.80
Ipoh	207.99	618.80	4.88	194.45	105.67	609.92
Cameron Highlands	216.24	560.40	5.63	205.50	121.69	560.40
Setiawan	147.08	571.20	3.90	135.15	84.37	566.00
Kuala Lumpur	205.26	611.20	5.10	187.98	110.23	603.36
KualaTerengganu	207.94	1524.90	11.41	126.50	246.87	1524.90
Kota Bharu (Chepa)	211.00	1632.40	11.46	138.75	247.83	1632.40
Mersing	218.12	1570.20	9.23	166.50	199.66	1570.20
Kuching	149.15	633.40	5.34	141.20	101.29	633.40
Kota Kinabalu	344.67	1285.70	9.21	301.76	199.17	1263.50

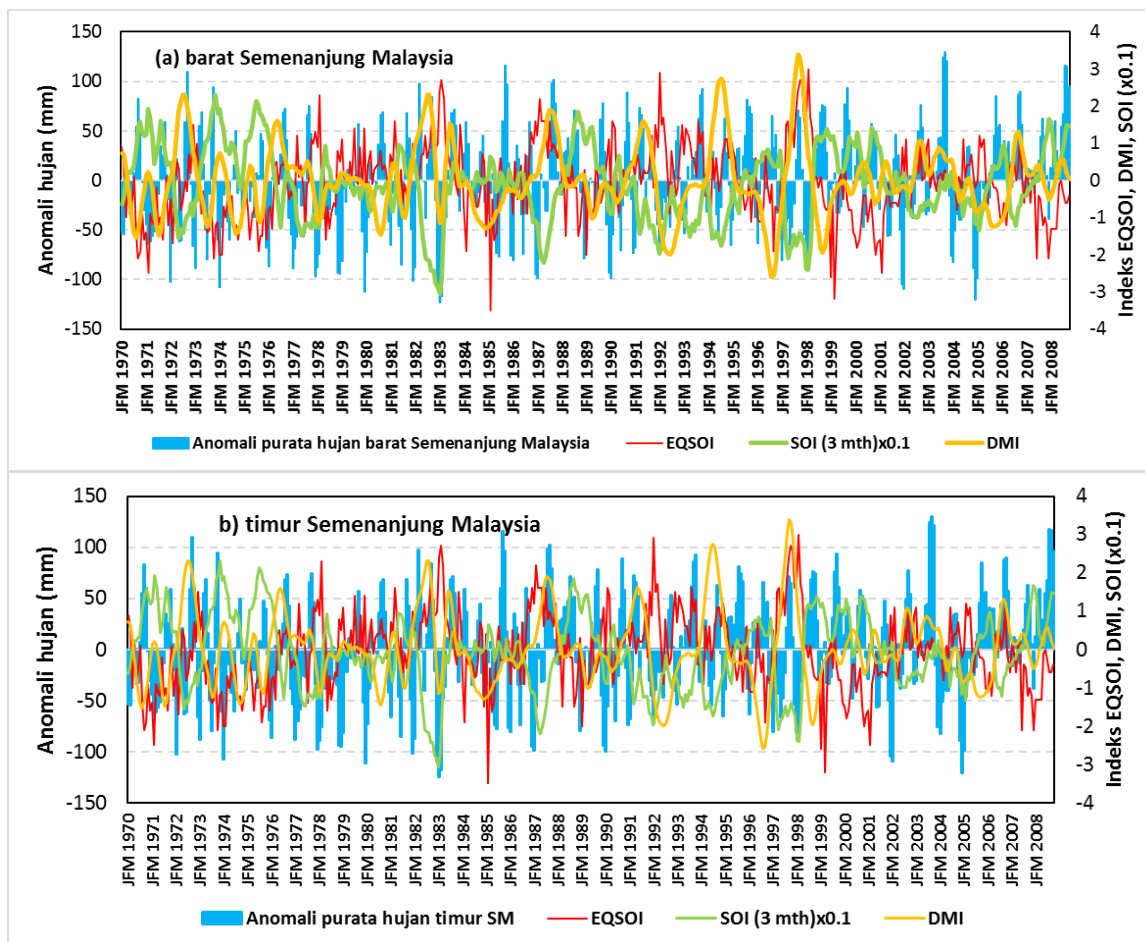
Stesen iklim di Malaysia dikelompokkan mengikut kawasan yang berdekatan supaya perubahan disebabkan El Nino boleh dijelaskan mengikut kawasan. Purata min hujan 38 tahun dibandingkan dengan kawasan barat, timur Semenanjung, serta Sabah dan Sarawak. Rajah 2 menunjukkan purata anomali hujan bulanan di 8 stesen di barat Semenanjung Malaysia. Tahun-tahun El Nino yang kuat seperti 1982/83, 1991-1995 dan 1997 menunjukkan hujan yang diterima di hampir kesemua stesen terpilih adalah kurang daripada normal. Daripada indeks ONI, jumlah hujan berkurangan sebanyak 25% ke 28% sewaktu peristiwa El Nino yang kuat.

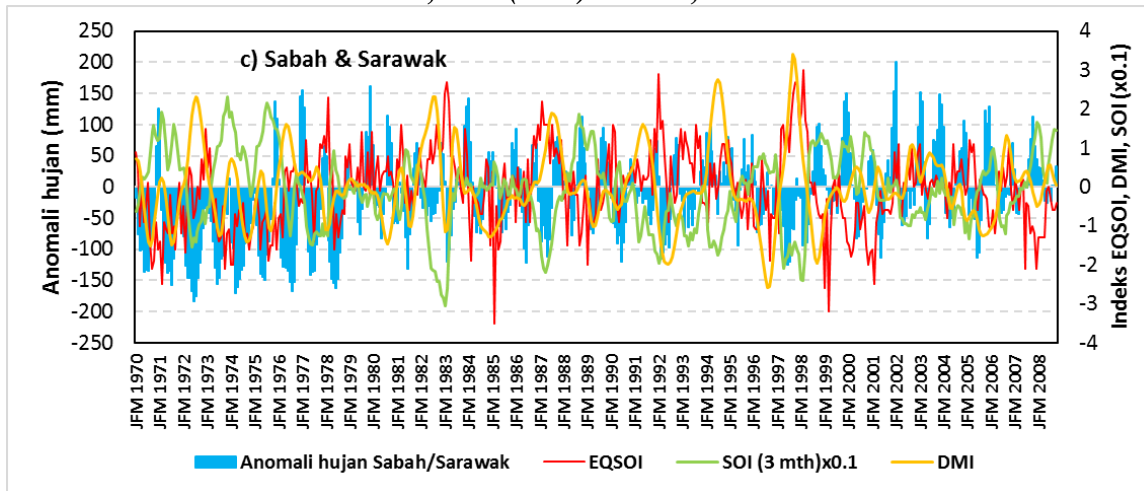
Tren hujan di timur dan barat Semenanjung Malaysia adalah hampir serupa, tetapi tren dan magnitud anomali hujan di Sabah dan Sarawak adalah berbeza daripada di Semenanjung Malaysia (Rajah 2). Hasil analisis ujian t kesemuanya menunjukkan perbezaan yang signifikan antara anomali hujan di barat dan timur Semenanjung ( $p=0.00034$ ), antara barat dan Sabah/Sarawak ( $p=0.000016$ ), sementara antara timur Semenanjung Malaysia dan Sabah/Sarawak, nilai  $p$  adalah 0.000018 (tidak ditunjukkan).

Kejadian El Nino yang menyebabkan bahagian timur Semenanjung Malaysia kering daripada normal berlaku sebanyak 34% dalam tempoh masa 38 tahun (Rajah 3). Manakala di Sabah dan Sarawak pula, El Nino yang menyebabkan keadaan kering daripada normal berlaku antara 20% ke 30%. Ada juga kejadian El Nino yang lemah dan sederhana menghasilkan keadaan berhujan antara 20% ke 30% di barat Semenanjung Malaysia. Di kawasan timur Semenanjung Malaysia pula, kejadian El Nino yang basah berlaku sebanyak lebih kurang 15% sahaja.

Rajah 3 menunjukkan purata hujan di Semenanjung Malaysia yang dipengaruhi oleh peristiwa El Nino, La Nina dan IOD. Kejadian El Nino yang kering paling tinggi mempengaruhi negeri di bahagian timur Semenanjung Malaysia berlaku sebanyak 33% berbanding dengan stesen di Sabah dan Sarawak (25%) atau di bahagian barat Semenanjung Malaysia (27%). Begitu juga dengan keadaan IOD yang positif dan menyebabkan keadaan kering di barat Semenanjung Malaysia berlaku sebanyak 30% berbanding dengan keadaan yang IOD positif yang

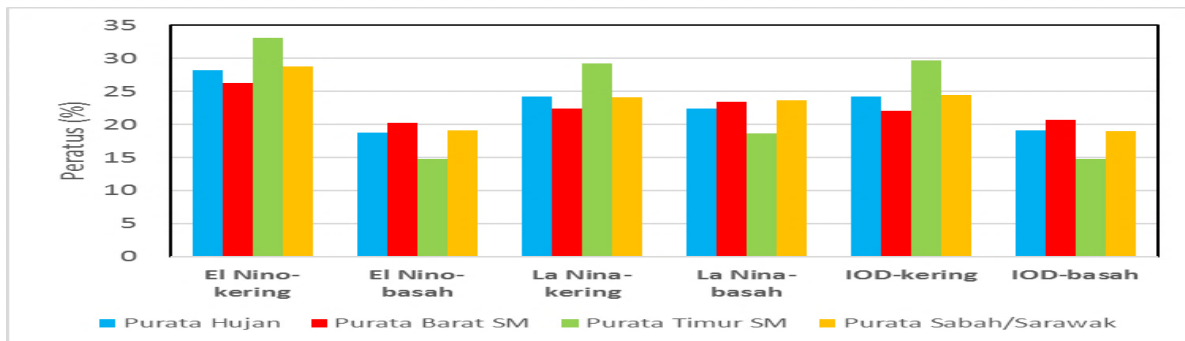
menyebabkan anomali hujan yang positif di timur Semenanjung Malaysia (kurang 15%). Dapat disimpulkan bahawa kejadian El Nino yang kering daripada normal lebih banyak berlaku di seluruh Malaysia iaitu sebanyak 28% berbanding kejadian La Nina yang basah yang berlaku sebanyak 23%. Manakala kejadian IOD yang kering berlaku sebanyak 24% sahaja. Pengaruh IOD terhadap hujan di Semenanjung Malaysia bergantung kepada fasa dan amplitud El Nino/IOD di kedua lautan Pasifik dan Hindi (Ashok et al., 2007).





Rajah 2: Nilai EQSOI, DMI dan SOI serta anomali hujan tahunan di bahagian (a) barat Semenanjung Malaysia, (b) timur Semenanjung Malaysia, (c) Sarawak dan Sabah.

Data diolah daripada Jabatan Meteorologi Malaysia, NOAA dan BOM.



Rajah 3: Peratusan kejadian El Nino, La Nina dan IOD serta kaitannya dengan hujan di Malaysia.

Kajian korelasi menggambarkan hubungan antara purata anomali hujan bulanan dengan SOI, ONI, EQSOI dan DMI (Jadual 2). DMI mempunyai pengaruh yang lemah dan positif (0.038) di kawasan barat Semenanjung Malaysia (gabungan beberapa stesen) berbanding korelasi yang lemah tapi negatif (-0.024) di bahagian timur Semenanjung Malaysia serta juga di Sabah dan Sarawak (-0.129). Korelasi antara EQSOI dan anomali hujan pula lazimnya negatif (-0.103) di barat Semenanjung, -0.070 di timur Semenanjung dan -0.149 untuk Sabah dan Sarawak. Ini menandakan bahawa bila El Nino berlaku (SOI negatif), hujan berkurangan daripada normal. ONI dan SOI lazimnya mempunyai hubungan yang songsang antara satu sama lain. Korelasi antara ONI (iaitu waktu El Nino) dan anomali hujan pula lazimnya negatif (-0.065) di barat Semenanjung, -0.062 di timur Semenanjung dan -0.018 untuk Sabah dan Sarawak. Dapat disimpulkan bahawa kekurangan hujan wujud di hampir keseluruhan stesen hujan sewaktu El Nino.



Secara keseluruhannya, nilai SOI berkadar positif dengan anomali hujan. Ini bermakna apabila nilai SOI positif, iaitu dalam keadaan bukan El Nino, taburan hujan di Malaysia melebihi nilai normal manakala taburan hujan berkurangan sekiranya nilai SOI menurun (kejadian El Nino). Begitu juga dengan indeks ONI positif, iaitu keadaan El Nino akan menyebabkan hujan berkurangan di hampir keseluruhan stesen hujan yang dipilih. Fenomena ini menunjukkan nilai indeks SOI dan ONI berkaitan dengan peningkatan dan penurunan hujan di Malaysia. Kewujudan IOD mempengaruhi hujan di barat Semenanjung Malaysia mungkin kerana lokasinya yang berhampiran dengan Lautan Hindi berbanding dengan Sabah dan Sarawak yang lebih jauh. Secara amnya, nilai korelasi antara IOD dan anomali hujan adalah lemah, khususnya negatif (Chuping dan Bayan Lepas) dan positif (Kepala Batas, Ipoh, Kuala Lumpur) untuk stesen tertentu di barat Semenanjung Malaysia, sementara di timur Semenanjung Malaysia, korelasi IOD adalah negatif tapi lemah (Kuala Terengganu, Kota Bharu dan Mersing).

Hasil analisis multivariat antara hujan dan regresor indeks lautan EQSOI, SOI, ONI dan DMI mendapati secara amnya nilai R pelbagai iaitu korelasi keseluruhan antara hujan dan indeks lautan adalah agak rendah, kurang daripada 0.3 (Jadual 3). Antara korelasi tinggi wujud di barat Semenanjung Malaysia, iaitu di Chuping dan Cameron Highlands. Nilai R berganda, iaitu korelasi penentuan peratusan perubahan dalam anomali hujan yang dijelaskan oleh nilai regresor menunjukkan bahawa peratusan yang baik (goodness of fit) adalah agak rendah (kurang daripada 6%) dan positif untuk semua stesen hujan. Ini menandakan bahawa hujan yang diterima di barat Semenanjung Malaysia seperti di Chuping, Kepala Batas, Cameron Highlands hanya dapat dijelaskan dengan signifikan sebanyak 6% oleh regresor seperti SOI, EQSOI, ONI dan DMI.

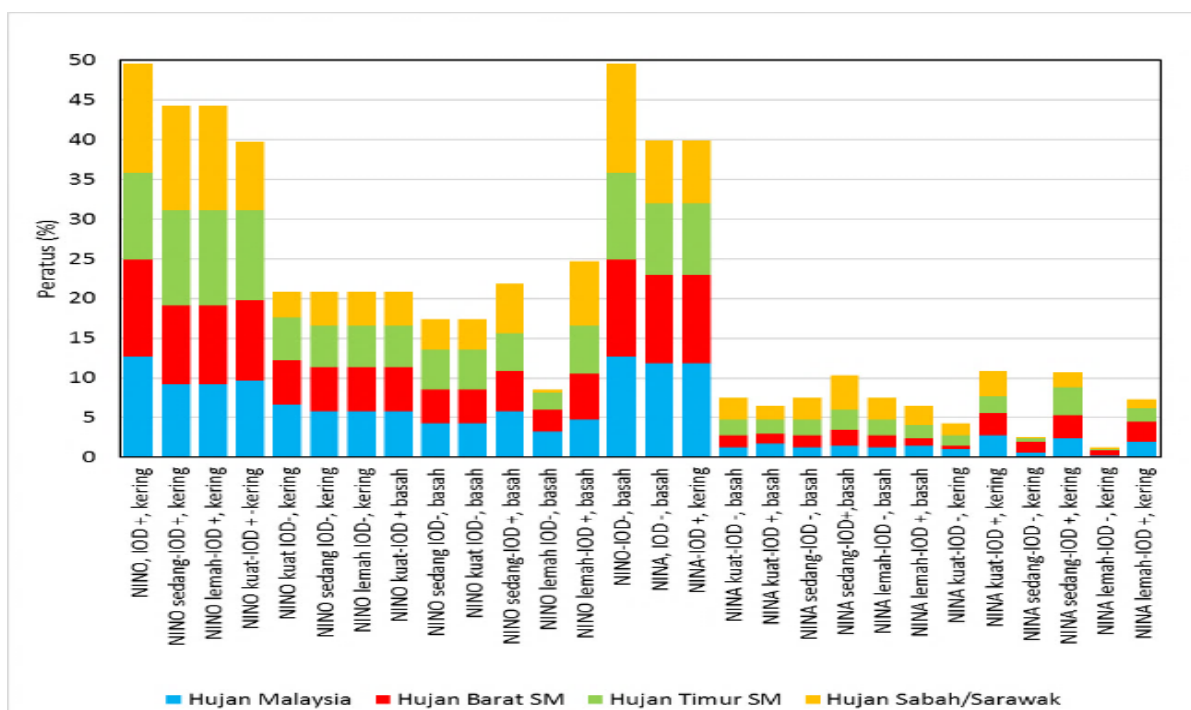
Anomali hujan yang diterima di Malaysia juga dapat dilihat daripada fasa yang berbeza untuk kejadian El Nino, La Nina dan IOD (Rajah 4). Kategori El Nino yang kuat, sederhana dan lemah sewaktu IOD yang positif yang membawa kepada keadaan kering di Malaysia berlaku masing-masing sebanyak 2%, 5% dan 9%. Manakala keadaan El Nino yang kuat, sederhana dan lemah sewaktu IOD negatif pula diiringi oleh keadaan kering pula berlaku masing-masing pada kadar 6%. Lazimnya keadaan El Nino yang lemah serentak dengan IOD yang positif berlaku sebanyak 12%, sementara 13% kejadian La Nina yang serentak dengan IOD yang negatif menyebabkan hujan yang berlebihan daripada normal. Ada juga kejadian La Nina yang lemah bersamaan fasa IOD yang negatif menyebabkan keadaan yang kering daripada normal berlaku sebanyak 11%. Ini menunjukkan bahawa fasa-fasa yang tertentu antara El Nino (di tengah Lautan Pasifik) dan IOD (di tropika Lautan Hindi) lebih banyak mempengaruhi hujan di barat Semenanjung Malaysia daripada di timur Semenanjung atau di Sabah dan Sarawak.

Jadual 2: Hasil analisis multivariat dengan regresor SOI, ONI, EQSOI dan DMI

Stesen hujan	R pelbagai	R berganda	% suai baik	Pintas	SOI	ONI	EQSOI	DMI	Keertian (p)
Chuping	0.23	0.05	5.37	216.04	1.63	-5.37	-15.24	-4.15	0.000**
Kepala Batas	0.16	0.03	2.71	171.46	1.41	11.39	-7.73	16.29	0.013**
Bayan Lepas	0.10	0.01	1.03	197.00	0.73	3.60	-8.45	-1.59	0.311
Ipoh	0.10	0.01	1.07	207.49	0.66	4.28	-7.92	6.04	0.289
C. Highlands	0.24	0.06	5.91	215.92	0.11	-13.73	-11.61	12.96	0.000**
Setiawan	0.11	0.01	1.26	148.79	1.41	6.73	5.51	0.83	0.209

Kuala Lumpur	0.13	0.02	1.75	204.95	0.93	22.91	-3.47	4.69	0.086
K. Terengganu	0.12	0.02	1.61	208.18	3.64	4.15	9.97	4.66	0.112
Kota Bharu	0.13	0.03	1.63	212.22	3.69	-2.28	17.75	5.06	0.108
Mersing	0.08	0.01	0.66	219.63	2.17	20.49	10.94	-4.90	0.548
Kuching	0.18	0.03	3.18	152.19	0.28	-5.40	-13.41	13.47	0.022**
K. Kinabalu	0.11	0.01	1.24	347.43	1.66	-15.49	20.57	-6.24	0.217

\*\* nilai signifikan



Rajah 4: Peratusan kejadian yang menggabungkan kekuatan El Nino, La Nina dan IOD serta kaitannya dengan hujan di Malaysia.

## KESIMPULAN

Kejadian El Nino pada 1997 merupakan kejadian terburuk dicatatkan pernah melanda Malaysia daripada kekurangan jumlah hujan yang berlaku di hampir keseluruhan Malaysia. Selain itu, Sabah dan Sarawak juga mengalami penurunan jumlah hujan yang lebih drastik berbanding kawasan barat atau timur Semenanjung Malaysia. Hasil kajian menggambarkan kejadian El Nino dan La Nina yang berlaku di Lautan Pasifik ternyata mempengaruhi taburan hujan di Malaysia. Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang positif dan lemah antara nilai SOI dengan anomali hujan, tetapi indeks lautan lain seperti EQSOI, ONI dan DMI menunjukkan korelasi yang negatif walaupun lemah dengan anomali hujan di Malaysia. Nilai korelasi,  $r$ , yang diperolehi antara hujan dan indeks lautan SOI/ONI/EQSOI/DMI untuk stesen di barat Semenanjung Malaysia adalah lemah dan positif, di timur Semenanjung Malaysia adalah negative tapi lemah, sementara di Sabah dan Sarawak hubungannya juga adalah lemah.

Kewujudan fasa El Nino (sama ada pada tahap kuat, sederhana atau lemah) dan IOD yang positif, akan menyebabkan Malaysia akan mengalami keadaan kering pada kebarangkalian sebanyak 12.7%. Bagaimanapun, kejadian El Nino pada fasa IOD yang negatif bermungkinan menyebabkan Malaysia akan mengalami keadaan yang basah sebanyak 12.7%, di mana hujan yang diterima adalah lebih daripada normal. Sewaktu La Nina pula, jika fasa IOD adalah positif, keadaan kering berlaku sebanyak 11.8%, begitu juga jika IOD adalah negatif kebarangkalian keadaan basah adalah 11.8%.

Hasil kajian ini dapat membantu pihak yang bertanggungjawab seperti pihak kerajaan dan badan bukan kerajaan mengenalpasti dan mencari jalan penyelesaian dan perancangan awal sebelum berlakunya kemuncak fenomena El Nino. Kajian ini diharap dapat memberi gambaran yang menyeluruh berkenaan pengaruh kejadian El Nino, La Nina dan IOD dan impaknya terhadap taburan dan jumlah hujan yang di terima oleh negara kita. Implikasi negatif daripada kejadian cuaca panas dan kering atau kemarau yang dikaitkan dengan peristiwa El Nino dan IOD yang berlaku serentak akan memberikan kesan yang boleh mengganggu aktiviti masyarakat daripada keselesaan suhu dan hidrasi, tapi akan menjejaskan pertanian dan juga industri. Perancangan oleh pihak berkuasa tempatan terhadap persediaan kepada kejadian kemarau yang berpanjangan pada masa akan datang mungkin dapat melegakan keadaan yang dihadapi oleh negara dalam suasana perubahan iklim yang sedang dialami dunia. Peristiwa El Nino hebat pada tahun 1997 dan 1998 telah turut memberi kesan yang teruk kepada Malaysia. Kejadian hutan yang terbakar akibat cuaca panas dan kering di Indonesia telah melepasi batas sempadan negara apabila jerebu melitupi kebanyakan ruang udara Malaysia pada waktu itu (Mahmud, 2013) dan memudaratkan kesihatan penduduk tempatan (Norela et al., 2013, Mahmud, 2008). Perubahan iklim (Ashok & Yamagata, 2009) yang sedang kita alami ini berkemungkinan akan meningkatkan lagi peristiwa lampau seperti kemarau atau banjir yang perlu ditangani untuk mengurangkan risiko terhadap ekonomi negara dan masyarakat.

## **RUJUKAN**

- Ashok, K., & Yamagata, T. 2009. Climate change: The El Niño with a difference. *Nature*, 461, 481–484.
- Ashok, K., Behera, S.K., Rao, S. A., Weng, H., & Toshio, Y., 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research*, 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798
- Ashok, K., Zhaoyong, G., & Toshio, Y. 2001. Impact of the Indian Ocean Dipole on the Relationship between the Indian Monsoon Rainfall and ENSO. *Geophysical Research Letters*, 28:23, 4499–4502.
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, Matthieu, van R., Peter, Collins, M., Vecchi, G., Timmermann, A., Santoso, A., McPhaden, Michael J., Wu, L., England, Matthew H., Wang, G., Guilyardi, E., Jin, & Fei-Fei Jin. 2014. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 4, 111–116.
- Mahmud, M., & Ahmad N. H., 2018. Peristiwa El Nino, keragaman hujan dan potensi Southern Oscillation Index untuk peramalan kualiti udara di Malaysia. *GEOGRAFIA Online™ Malaysian Journal of Society and Space* 14 (2): 13-25.

- Mahmud, M. 2013. Assessment of atmospheric impacts of biomass open burning in Kalimantan, Borneo during 2004. *Atmospheric Environment*, 78:242- 249.
- Mahmud, M. 2008. Greenhouse gas emissions from a land use change activity during a haze episode in Southeast Asia, *e-BANGI: Jurnal Sains Sosial dan Kemanusiaan*, 3:1, 1- 15.
- National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). 2016. Climate Variability: Oceanic Niño Index <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.
- Rasmusson, E. M., & Carpenter, T. H. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, 110, 354–384.
- Ropelewski, C.F. & Halpert, M.S. 1989. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *Journal Climatology*, 2, 268-284.
- 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
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., & Dewitte, B. (2011). ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Nino. *Geophysical Research Letters*, 38, 1-5. doi:10.1029/2011gl047364.
- Taschetto A. S. & England, M. H. 2008. El Nino Modoki Impacts on Australian Rainfall. *Journal of Climate*, 22:11, 3167-3174.
- Trenberth, K. E. 1997. The Definition of El Nino. *Bulletin American Meteorological Society*, 78, 2771-2777.
- Weng, H., Ashok, K., Behera, S. K., Rao, S. A., & Yamagata, T. 2007. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal summer. *Climate Dynamics*, 29, 113–129.
- Xie, F., Li, J., Zhang, T., Jiankai, W. & Cheng, S. 2014. The relative impacts of El Nino Modoki, canonical El Nino, and QBO on tropical ozone changes since the 1980s. *Environmental Research Letters*, 1-9, 064020
- Yeh, S.-W., Kug, J.-S., Dewitte, B., Kwon, M.-H., Kirtman, B. P. & Jin F.-F. 2009. El Nino in a changing climate. *Nature*, 461, 511–515.

*Mastura Mahmud*

*Professor*

*Fakulti Sains Sosial & Kemanusiaan*

*Universiti Kebangsaan Malaysia*

*mastura@ukm.edu.my*