

MENYINGKAP PENGARUH EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) TERHADAP CUACA DAN IKLIM DI MALAYSIA

Examining the Influence of El Niño–Southern Oscillation (ENSO) on Weather and Climate Patterns in Malaysia

MOHD HASHIQ HASHIM¹ & MOHD HAIRY IBRAHIM²

^{1,2} Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

*Corresponding author: Mohd Hashiq Hashim

Email: hashiqhashim94@gmail.com

Received: 1 Ogos 2025; Revised: 20 Okt 2025; Accepted: 10 Nov 2025; Published: 15 Dis 2025

To cite this article: Mohd Hashiq, H., & Mohd Hairry, I. (2025). Menyingkap Pengaruh El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap Cuaca dan Iklim di Malaysia. *GEOGRAFI*, 13(2), 76-87. <https://doi.org/10.37134/geografi.vol13.2.4.2025>

ABSTRAK Artikel ini bertujuan untuk meninjau dan menyingkap pengaruh fenomena iklim El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap keadaan cuaca dan iklim di Malaysia, dengan memberi tumpuan khusus kepada perubahan suhu dan taburan hujan. Kajian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur berbentuk ulasan naratif yang merangkumi sepuluh artikel terpilih berkaitan kajian ENSO di Malaysia daripada beberapa pangkalan data akademik. Hasil sorotan mendapati bahawa fasa El Niño secara amnya berkait dengan peningkatan suhu dan pengurangan hujan, manakala La Niña dikaitkan dengan peningkatan taburan hujan yang boleh menyebabkan banjir kilat serta kesan terhadap aktiviti marin. Para pengkaji telah menggunakan pelbagai metodologi seperti analisis statistik, analisis korelasi, serta analisis spatial berasaskan data satelit untuk menilai kesan fenomena ini. Dapatan daripada pelbagai kajian terdahulu menunjukkan bahawa fenomena ENSO memberi kesan yang signifikan terhadap corak cuaca di Malaysia, namun kesannya adalah dinamik, bergantung kepada faktor seperti lokasi, musim monsun, dan intensiti. Diharapkan artikel ini dapat memberikan kefahaman yang lebih menyeluruh kepada masyarakat serta membantu agensi berkaitan dalam usaha merancang langkah adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim ekstrem.

Kata Kunci: fenomena, ENSO, cuaca, iklim, global

ABSTRACT This article aims to review and examine the influence of the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) climate phenomenon on weather and climate conditions in Malaysia, with specific emphasis on changes in temperature and rainfall distribution. This study was conducted using a narrative literature review approach, encompassing ten selected articles related to ENSO research in Malaysia sourced from several academic databases. The review reveals that the El Niño phase is generally associated with increased temperatures and reduced rainfall, whereas the La Niña phase is linked to higher rainfall that may lead to flash floods as well as impacts on marine activities. Researchers have employed various methodologies such as statistical analysis, correlation analysis,

and satellite-based spatial analysis to assess the effects of this phenomenon. Findings from earlier studies indicate that ENSO exerts a significant influence on Malaysia's weather patterns; however, its impacts are dynamic and depend on factors such as location, monsoon season, and event intensity. It is hoped that this article will provide a more comprehensive understanding to the public and assist relevant agencies in planning adaptation and mitigation strategies in response to extreme climate variability.

Keywords: *phenomenon, ENSO, weather, climate, global*

1. Pengenalan

Fenomena iklim El Niño–Southern Oscillation (ENSO) merupakan salah satu fenomena semula jadi berskala global yang terbentuk di kawasan tropika Pasifik (McPhaden et al., 2020). Secara umum, fenomena ini mempunyai kaitan rapat dengan perubahan suhu permukaan laut (Philander, 1990). Menurut National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), ENSO terdiri daripada tiga fasa utama, iaitu El Niño, La Niña dan fasa neutral. Fasa El Niño merujuk kepada keadaan pemanasan luar biasa di kawasan tengah dan timur Lautan Pasifik, manakala La Niña merupakan fasa penyejukan yang berlaku di kawasan yang sama. Fasa neutral pula merujuk kepada keadaan suhu permukaan laut yang berada dalam keadaan normal. Ketiga-tiga fasa ini mempunyai keupayaan untuk mempengaruhi sistem peredaran atmosfera secara besar-besaran serta mengubah corak cuaca global dan berpotensi mencetuskan kejadian cuaca ekstrem di beberapa kawasan tertentu di dunia (Yu et al., 2017).

Fenomena ENSO ditentukan melalui beberapa indeks iklim utama yang mengukur perubahan suhu dan tekanan atmosfera di kawasan tropika Pasifik. Antara indeks yang paling kerap digunakan ialah Oceanic Niño Index (ONI) yang berasaskan suhu permukaan laut (SST) sebagai parameter utama dalam menentukan kehadiran fasa El Niño atau La Niña. Selain itu, Southern Oscillation Index (SOI) turut berperanan sebagai penunjuk penting ENSO dengan membandingkan perbezaan tekanan atmosfera antara dua lokasi, iaitu Darwin di Australia dan Tahiti di French Polynesia. Kajian terdahulu seperti yang dikemukakan oleh Bjerknes (1969), Rasmussen dan Carpenter (1982), serta Wyrтки (1985) menunjukkan bahawa suhu permukaan laut memainkan peranan yang dominan dalam mengenal pasti dan memahami perubahan fasa ENSO. Zon pemantauan seperti Niño1, Niño2, Niño3 dan Niño4 digunakan bagi mendapatkan maklumat yang lebih terperinci tentang keadaan lautan tropika. Berdasarkan nilai indeks yang diperolehi daripada parameter-parameter ini, fenomena ENSO diklasifikasikan kepada empat tahap utama, iaitu lemah, sederhana, kuat dan super, yang masing-masing menunjukkan intensiti dan kesan iklim yang berbeza. Fasa El Niño merupakan fenomena iklim yang berupaya mempengaruhi corak cuaca di pelbagai kawasan, termasuk di Malaysia.

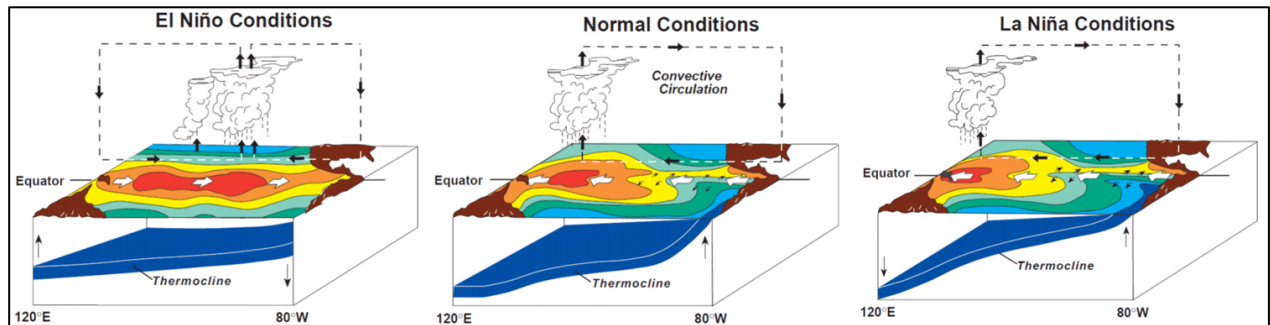
Fenomena ini berlaku sepanjang garisan Khatulistiwa dan berpusat di kawasan timur Lautan Pasifik, yang dicirikan oleh pemanasan suhu permukaan laut dalam tempoh tertentu. Ketika fasa El Niño berlaku, tekanan atmosfera di kawasan timur Lautan Pasifik menjadi rendah, menyebabkan pergerakan udara dari kawasan bertekanan tinggi seperti Malaysia ke arah kawasan bertekanan rendah di lautan tersebut. Keadaan ini mengakibatkan gangguan kepada sistem atmosfera tempatan, seterusnya membawa kepada peningkatan suhu serta pengurangan taburan hujan di Malaysia. Implikasi daripada perubahan ini termasuklah pembentukan cuaca ekstrem seperti kemarau, hujan lebat, dan gelombang haba. Sehubungan itu, tinjauan literatur sistematik adalah penting untuk mewujudkan bukti yang kukuh berhubung pengaruh ENSO terhadap corak cuaca di Malaysia. Secara ringkasnya, terdapat beberapa kajian yang membahaskan berkaitan fenomena ENSO di peringkat global dan tempatan. Para pengkaji awal fenomena ENSO telah membincangkan bahawa fasa El Niño dan La Niña membawa kesan dinamik terhadap iklim global dan mempunyai skala yang berbeza mengikut kawasan (Bjerkness, 1969; Glantz, 1996; Philander, 1990). Kajian ini amat penting untuk mengisi jurang pengetahuan berkaitan pengaruh fenomena ENSO yang berfokus di Malaysia. Hal ini demikian kerana perubahan pola iklim yang diakibatkan oleh fenomena ENSO mampu memberikan kesan kepada fizikal dan manusia serta pengurusan bencana. Melalui tinjauan literatur, kajian ini menyediakan gambaran tentang bagaimana ENSO mempengaruhi cuaca dan iklim di Malaysia serta memenuhi kajian lanjut yang terperinci dari sudut tempatan.

2. Definisi Dan Konsep

2.1 *El Niño Southern Oscillation*

Fenomena El Niño Southern Oscillation (ENSO) merupakan fenomena iklim semula jadi yang berulang setiap tiga hingga tujuh tahun dan memberikan kesan yang ketara terhadap corak cuaca global melalui dua fasa yang dikenali sebagai El Niño dan La Niña. Kesan ENSO dapat dilihat dalam bentuk kejadian cuaca ekstrem seperti peningkatan suhu yang melampau, kemarau serta banjir yang berlaku di pelbagai kawasan global. Ahrens (2015) menjelaskan bahawa ENSO terhasil daripada interaksi kompleks antara atmosfera dan lautan, khususnya melalui perubahan corak angin global (*trade winds*) dan arus permukaan lautan yang mempengaruhi edaran atmosfera tropika. Fasa El Niño sering dikaitkan dengan pemanasan di Lautan Pasifik tropika manakala La Niña merupakan fasa penyejukan seperti yang digambarkan pada Rajah 1. Keadaan yang berlaku ini mampu mengubah corak cuaca global termasuk pola taburan hujan.

Neelin (2011) juga menegaskan bahawa variabiliti dalam suhu permukaan laut dan perubahan tekanan atmosfera di kawasan pasifik Tengah dan Timur merupakan faktor kritikal dalam menentukan peralihan fasa ENSO.



Rajah 1. Fasa El Niño dan La Niña

Sumber: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

2.2 El Niño

El Niño merupakan salah satu fasa yang berlaku semasa fenomena ENSO dan sering dikaitkan dengan musim panas atau kemarau. Secara umumnya, El Niño dikenali sebagai fasa pemanasan, yang merujuk kepada peningkatan suhu permukaan laut di kawasan Pasifik Khatulistiwa. Menurut Philander (1989), fasa El Niño dapat ditentukan berdasarkan suhu permukaan laut dan taburan hujan di kawasan tropika Pasifik tengah dan timur. Fasa El Niño dikategorikan kepada empat tahap iaitu kuat, sederhana, lemah, dan sangat lemah (Quinn et al., 1978). Walau bagaimanapun, penyelidikan terkini mendapati bahawa terdapat kategori El Niño ekstrem yang dipengaruhi oleh fenomena pemanasan global atau kesan rumah hijau (Cai et al., 2014). Glantz (1996) mencadangkan agar istilah El Niño dimasukkan ke dalam kamus sebagai sumber rujukan standard dalam kajian cuaca dan iklim.

2.3 La Niña

La Niña merupakan salah satu fasa yang berlaku dalam fenomena ENSO dan secara relatifnya bertentangan dengan fasa El Niño, kerana ia lebih dikenali sebagai fasa penyejukan di kawasan lautan tropika Pasifik. Keadaan ini terbentuk apabila angin dagang yang bertiup kuat membawa air sejuk dari laut dalam ke permukaan, satu proses yang dikenali sebagai julang air atau upwelling (Wang & Picaut, 2004). Proses ini menyebabkan peningkatan suhu sejuk di permukaan laut, yang seterusnya mempengaruhi keseimbangan atmosfera dan lautan. Menurut Takahashi dan Hasegawa (2018), fasa La Niña mempunyai kesan signifikan terhadap perubahan suhu, pola taburan hujan, serta kejadian ribut tropika di pelbagai wilayah, termasuk kawasan tropika dan subtropika.

3. Tinjauan Literatur

Fenomena ini boleh bertahan selama beberapa bulan atau setahun, bergantung kepada kekuatan dan tempoh fasa yang berlaku (McPhaden, 2006; McPhaden, 2020). Kajian saintifik menunjukkan bahawa ENSO boleh menyebabkan kemarau yang merosakkan, ribut, serta banjir di pelbagai kawasan di seluruh dunia (Yang et al., 2023). Kawasan pencerapan fenomena ENSO terbahagi kepada empat zon utama iaitu Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, dan Niño 4, namun kebanyakan kajian berkaitan ENSO menggunakan Niño 3.4 sebagai kawasan utama untuk analisis. Menurut Yang et al. (2023), hampir 75 peratus permukaan bumi dipengaruhi oleh fenomena ENSO dalam bentuk perubahan suhu dan keadaan hidrologikal yang ekstrem. Akibat daripada gangguan ini, keseimbangan air turut terjejas. Kajian oleh Guo et al. (2021) menunjukkan bahawa simpanan air daratan (*terrestrial water storage*) mempunyai hubungan yang signifikan dengan fasa ENSO, menggariskan kesan besar fenomena ini terhadap sumber air global.

3.1 Fenomena ENSO di Malaysia

Secara amnya, Malaysia dipengaruhi oleh dua sistem angin monsun utama iaitu Monsun Barat Daya dan Monsun Timur Laut, yang secara relatifnya membentuk corak cuaca dinamik melalui taburan hujan dan suhu sepanjang tahun. Walau bagaimanapun, fasa El Niño dan La Niña yang merupakan sebahagian daripada fenomena ENSO berupaya mengubah serta mempengaruhi keadaan atmosfera semasa kedua-dua musim monsun ini. Kajian awal oleh Boon-Cheang (1993), yang disokong oleh Liew et al. (2007), menunjukkan bahawa fasa El Niño cenderung untuk mengganggu sistem Monsun Timur Laut, khususnya melalui pengurangan taburan hujan. Sebaliknya, fasa La Niña menjadikan Monsun Timur Laut dan Monsun Barat Daya lebih aktif, seperti yang dibuktikan melalui peningkatan hujan lebat dan kejadian banjir kilat di beberapa kawasan di Malaysia.

Menurut Mou et al. (2021), terdapat hubungan yang signifikan antara suhu di Malaysia dengan fenomena El Niño–Southern Oscillation (ENSO), di mana peningkatan suhu permukaan yang ketara telah direkodkan semasa fasa El Niño. Sementara itu, kajian oleh Fredolin (2017) menunjukkan bahawa hujan ekstrem cenderung berlaku semasa fasa La Niña, manakala jumlah hujan menurun dengan ketara semasa fasa El Niño berdasarkan analisis data taburan hujan di Malaysia. Hasil daripada dapat para pengkaji lepas, dapat dinyatakan bahawa fenomena ENSO mempunyai perkaitan terhadap corak cuaca dan iklim di Malaysia. Walau bagaimanapun, sistem meteorologi adalah kompleks dan sentiasa berubah-ubah, penilaian secara menyeluruh terhadap interaksi atmosfera dan lautan adalah penting bagi memperoleh gambaran yang lebih tepat mengenai impak sebenar fenomena ini.

Kajian yang dijalankan oleh Ricky dan Oliver (2021) menunjukkan bahawa fenomena El Niño berupaya memperkuat kesan pulau haba bandar melalui peningkatan suhu di kawasan bandar. Kajian tersebut menggunakan data satelit serta penggunaan Oceanic Niño Index (ONI) dalam menganalisis corak perubahan suhu yang membuktikan wujudnya hubungan yang signifikan antara El Niño dan peningkatan suhu. Berbeza dengan kajian yang dijalankan oleh Mastura dan Nur Hidayah (2018) yang lebih menumpukan kepada kesan fenomena ENSO terhadap kualiti udara di Malaysia yang terjejas akibat keadaan cuaca yang kering. Hasil dapatan kajian tersebut mendapati bahawa indeks ENSO menunjukkan korelasi negatif terhadap taburan hujan, yang secara tidak langsung memberi kesan terhadap kemerosotan kualiti udara akibat penurunan kelembapan. Sebanyak 10 artikel telah dipilih untuk dianalisis secara mendalam dalam kajian ini melalui pendekatan ulasan secara naratif iaitu kaedah yang menumpukan kepada penyusunan, penjelasan dan penilaian literatur secara kritikal berasaskan tajuk kajian ini (Ferrari, 2015). Pendekatan ini membolehkan penyelidik menghuraikan hubungan antara metodologi, pemboleh ubah kajian dan dapatan yang dilaporkan oleh para pengkaji dalam memahami pengaruh fenomena ENSO terhadap cuaca dan iklim (Booth et al., 2016; Creswell & Creswell, 2018). Majoriti kajian yang dipilih adalah kajian di Malaysia, justeru memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana fenomena ENSO memberi kesan langsung kepada perubahan corak hujan, suhu, kejadian ekstrem serta pola monsun tempatan. Artikel-artikel ini diperolehi melalui carian dalam pangkalan data akademik iaitu *Scopus*, *Google Scholar* dan *MyCite*.

Jadual 1 menunjukkan ringkasan terperinci 10 artikel tersebut berfokus kepada metodologi dan dapatan utama. Pemilihan sepuluh artikel dalam kajian ini berasaskan skop pengaruh ENSO yang signifikan dilaporkan di Malaysia. Artikel-artikel ini merangkumi variasi metodologi yang meluas termasuk analisis statistik, siri masa, analisis ruangan menggunakan satelit, korelasi iklim serta kajian khusus terhadap indeks cuaca ekstrem dan perubahan suhu. Kajian-kajian ini memberikan gambaran secara komprehensif tentang bagaimana fenomena ENSO mempengaruhi keadaan cuaca dan iklim di Malaysia. Kesemua bahan ini disintesis dan dirumuskan berdasarkan pendekatan Kamal Azmi et al. (2021) yang menekankan penyusunan metodologi dan dapatan utama ke dalam satu jadual bagi memudahkan perbandingan antara kajian. Pendekatan ulasan naratif ini membolehkan penelitian ini mengenal pasti jurang pengetahuan serta cadangan kajian lanjutan berkaitan fenomena ENSO di Malaysia.

Jadual 1.*Ringkasan Kajian Daripada Beberapa Artikel Terpilih di Malaysia*

Bil	Penulis	Metodologi	Dapatan
1	Boon-Khean (1993)	Analisis variabiliti hujan dan statistik – mengenal pasti tahun-tahun yang mempunyai hujan sangat tinggi dan rendah.	Kajian ini menunjukkan bahawa kebanyakan tahun El Niño dikaitkan dengan hujan di bawah median, manakala tahun La Niña dengan hujan di atas median di kebanyakan stesen di Malaysia. ENSO mempunyai pengaruh yang lebih besar ke atas Malaysia Timur berbanding Semenanjung Malaysia.
2	Fredolin et al. (2017)	Analisis indeks cuaca ekstrem – analisis yang merangkumi aspek durasi, frekuensi dan intensiti hujan.	Kajian ini berfokus variasi bermusim dalam hujan ekstrem yang berkaitan dengan ENSO di Malaysia, mendapati bahawa hujan ekstrem cenderung meningkat semasa La Niña dan berkurang semasa El Niño, bergantung pada musim dan lokasi.
3	Mastura (2020)	Analisis statistik – menggunakan analisis statistik terhadap data hujan, IOD dan ENSO.	Kajian ini mengkaji pengaruh El Niño dan <i>Indian Ocean Dipole</i> terhadap hujan di Malaysia, mendapati bahawa kedua-dua fenomena ini mempengaruhi jumlah hujan yang diterima di Malaysia.
4	Mastura & Nur Hidayah (2018)	Analisis statistik – menggunakan analisis korelasi antara <i>Southern Oscillation Index</i> (SOI) dan data hujan serta kualiti udara.	Kajian ini mengkaji pola kejadian El Niño dan hubungannya dengan hujan serta kesan keadaan kering yang menjejaskan kualiti udara di Malaysia, mendapati korelasi antara indeks ENSO dan jumlah taburan hujan adalah negatif tetapi lemah.
5	Mohd Hilmi et al. (2015)	Analisis harmonik yang berfokus kepada statistik siri masa – menggunakan data pasang surut dan paras laut untuk menilai kesan semasa ENSO.	Kajian ini mengenal pasti variasi paras laut dan tingkah laku pasang surut di pesisir Malaysia semasa El Niño/La Niña, menunjukkan perubahan yang signifikan dalam corak pasang surut yang boleh mempengaruhi aktiviti marin.
6	Nur Rabitah et al. (2019)	Analisis spatial – menggunakan data satelit untuk menganalisis kesan ENSO terhadap fenomena julangan air.	Kajian ini meneliti dinamika ENSO terhadap fenomena julangan air dan zon hadapan terma di pantai timur Semenanjung Malaysia, menunjukkan perubahan dalam suhu permukaan laut yang berkaitan dengan ENSO.
7	Mou et al. (2021)	Analisis statistik – menggunakan ujian Mann-Kendall serta korelasi untuk menilai trend suhu semasa fasa ENSO.	Kajian ini menilai variasi suhu ekstrem di Malaysia dan hubungannya dengan ENSO, menunjukkan peningkatan suhu permukaan yang signifikan, terutama di Semenanjung Malaysia.

bersambung

8	Ricky & Oliver (2021)	Analisis statistik – menggunakan analisis korelasi dan regresi antara indeks ENSO dan perubahan suhu permukaan tanah.	Kajian ini meneliti pengaruh ENSO terhadap pembentukan pulau haba bandar di Kuching, Sarawak, menunjukkan bahawa El Niño memperkuat kesan pulau haba bandar melalui peningkatan suhu.
9	Ricky et al. (2024)	Analisis spatial – menggunakan data satelit Landsat yang ditukarkan kepada bentuk indeks.	Kajian ini menilai kesan El Niño, <i>Indian Ocean Dipole</i> , dan <i>Madden-Julian Oscillation</i> terhadap suhu permukaan tanah di Kuching, Sarawak, menunjukkan peningkatan suhu yang signifikan semasa peristiwa El Niño.
10	Richard & Walsh (2018)	Analisis statistik – menggunakan regresi untuk mengkaji kesan ENSO terhadap hujan.	Kajian ini menganalisis pengaruh ENSO terhadap hujan musim sejuk boreal di Semenanjung Malaysia dan menunjukkan penurunan hujan yang signifikan semasa El Niño dan peningkatan jumlah hujan semasa fasa La Niña.

5. Dapatan dan Perbincangan

Hasil daripada sorotan beberapa artikel, didapati bahawa para pengkaji telah menggunakan pelbagai metodologi bagi menganalisis kesan fenomena ENSO terhadap cuaca dan iklim di Malaysia. Sebahagian besar penyelidik telah memilih pendekatan analisis statistik untuk menentukan hubungan dan pengaruh fenomena ENSO terhadap parameter iklim seperti suhu dan hujan, sebagaimana yang dilakukan oleh Boon-Kheang (1993), Mastura (2020), Mastura dan Nur Hidayah (2018), Mou et al. (2021), Ricky dan Oliver (2021), serta Richard dan Walsh (2018). Di samping itu, terdapat juga pengkaji yang menggunakan pendekatan analisis spatial dengan menggunakan data imej daripada satelit bagi memberikan gambaran visual dan ruang yang lebih jelas berhubung kesan-kesan ENSO seperti yang dilakukan oleh Nur Rabitah et al. (2019) dan Ricky et al. (2024). Menurut Fischer (2015), analisis spatial memainkan peranan yang penting dalam memahami pola serta proses yang berlaku dalam ruang geografi.

Berdasarkan dapatan yang ditunjukkan dalam kajian-kajian lepas menunjukkan kesinambungan di antara satu sama lain. Sebagai contoh, Boon-Kheang (1993) mendapati bahawa kesan ENSO lebih ketara di kawasan Malaysia Timur. Penemuan ini disokong oleh kajian Ricky et al. (2024) dan Ricky dan Oliver (2021) yang melaporkan peningkatan suhu yang signifikan semasa peristiwa El Niño di Kuching, Sarawak. Berbeza dengan itu, kajian oleh Mohd Hilmi et al. (2015) meneliti corak pasang surut di kawasan pesisir Malaysia dan mendapati bahawa ENSO turut mempengaruhi dinamika laut yang memberi kesan terhadap aktiviti marin. Sementara itu, kajian oleh Mastura (2020) serta Mastura dan Nur Hidayah (2018) menekankan bahawa fasa El Niño membawa kepada pengurangan taburan hujan di beberapa lokasi di Malaysia.

Namun demikian, Mou et al. (2021) membahasakan bahawa suhu ekstrem mempunyai hubungan dengan suhu permukaan terutamanya di Semenanjung Malaysia. Secara keseluruhannya, hasil dapatan daripada pengkaji-pengkaji terdahulu mengesahkan bahawa fenomena ENSO memberi kesan yang ketara terhadap keadaan atmosfera di Malaysia, terutamanya dari segi taburan hujan dan suhu. Kesemua kajian menunjukkan bahawa pengaruh ENSO di Malaysia bersifat multidimensi dan dinamik yang melibatkan gabungan faktor atmosfera dan lautan. Kajian-kajian ini menggunakan pendekatan statistik, korelasi, analisis siri masa dan analisis spatial secara konsisten dan mendapati bahawa fasa El Niño cenderung untuk menjadi pemangkin kepada keadaan panas dan kering manakala La Niña pula meningkatkan insiden hujan lebat dan banjir di beberapa kawasan. Fenomena ini memperkuat teori klimatologi global yang mengaitkan ENSO dengan suhu permukaan laut di Pasifik tropika, seterusnya mempengaruhi Monsun Timur Laut dan Monsun Barat Daya. Dapatan oleh Ricky dan Oliver (2021) serta Ricky et al. (2024) juga membahasakan impak ENSO terhadap suhu permukaan tanah dan fenomena pulau haba bandar. Situasi sedemikian menunjukkan bahawa fenomena ENSO mempunyai interaksi dengan perubahan guna tanah serta proses urbanisasi.

Secara keseluruhannya, ulasan naratif ini mengesahkan bahawa Malaysia merupakan negara yang dipengaruhi dengan fenomena ENSO. Pemahaman mendalam tentang corak tindak balas ini sangat penting bagi tujuan perancangan adaptasi iklim, pengurusan bencana serta pembangunan strategi mitigasi risiko iklim pada masa hadapan. Melalui perbincangan yang dibahasakan, kajian masa hadapan perlu memberi tumpuan kepada analisis jangka Panjang yang lebih kritikal melibatkan pelbagai pemboleh ubah iklim seperti angin monsun, parameter meteorologi seperti suhu, taburan hujan dan kelembapan bandingan serta aspek oseanografi seperti suhu permukaan laut. Penggunaan data resolusi tinggi, integrasi model ramalan iklim dan pendekatan analisis spatial serta analisis siri masa yang berskala besar juga dicadangkan bagi meningkatkan ketepatan dalam menggambarkan pengaruh serta kesan fenomena ENSO di sesebuah kawasan. Malah, penelitian terhadap kombinasi fenomena global lain seperti *Indian Ocean Dipole* (IOD) dan *Madden-Julian Oscillation* (MJO) juga perlu dikaitkan dengan fenomena ENSO untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap fenomena tersebut. Kajian masa hadapan juga diharapkan dapat memfokuskan kepada implikasi sosioekonomi dan kerangka adaptasi kepada sektor-sektor yang terjejas seperti pertanian, perikanan dan pengurusan bencana bagi perancangan dasar yang lebih holistik dalam menghadapi keadaan iklim yang semakin mencabar.

6. Kesimpulan

Fenomena El Niño–Southern Oscillation (ENSO) telah terbukti memberikan kesan yang signifikan terhadap corak cuaca dan iklim di Malaysia, khususnya terhadap perubahan suhu dan taburan hujan. Kajian-kajian lepas menunjukkan bahawa fasa El Niño sering dikaitkan dengan peningkatan suhu dan pengurangan taburan hujan yang membawa kepada kejadian cuaca ekstrem seperti kemarau, manakala fasa La Niña berpotensi meningkatkan taburan hujan yang boleh menyebabkan banjir kilat serta perubahan dalam dinamik atmosfera. Kajian-kajian yang dijalankan di Malaysia menggunakan pelbagai pendekatan seperti analisis statistik dan analisis spatial, dengan sokongan data satelit serta indeks ENSO seperti ONI dan SOI, bagi menghasilkan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang fenomena ini. Justeru, pemahaman yang mendalam terhadap ENSO amat penting bukan sahaja dari sudut akademik tetapi juga dalam perancangan dasar dan langkah mitigasi oleh agensi-agensi berkaitan, agar impak negatif terhadap sumber air, pertanian, dan keselamatan awam dapat dikurangkan. Kesimpulannya, hasil daripada dapatan dan perbincangan kajian ini mengesahkan bahawa fenomena ENSO memberikan kesan yang ketara dan bersifat dinamik terhadap corak cuaca di Malaysia. Hasil daripada ulasan naratif yang dibahaskan, kepelbagaian pendekatan yang digunakan memberikan gambaran yang lebih khusus tentang hubungan antara indeks ENSO dan parameter cuaca dan iklim. Secara ringkasnya, perbincangan yang dikemukakan menunjukkan ENSO bukan sahaja mempengaruhi sistem atmosfera dan oseanografi, malah mempunyai kaitan rapat dengan perubahan guna tanah dan proses urbanisasi. Oleh hal yang demikian, kefahaman yang lebih mendalam tentang pola tindak balas ENSO di Malaysia adalah penting untuk menyokong perancangan adaptasi iklim pada masa akan datang.

7. Penghargaan

Penulis merakamkan jutaan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam kajian ini secara langsung mahupun tidak langsung.

Sumbangan Penulis:

Penulis 1: Konseptualisasi, Metodologi, Data kurasi, Menulis draf, Penyelidikan, Penulisan dan penyuntingan. **Penulis 2:** Menyelia dan memeriksa.

Konflik Kepentingan: Penulis-penulis mengesahkan bahawa tiada konflik kepentingan yang wujud. Penulis mengesahkan bahawa semua data yang menyokong dapatan kajian ini tersedia sepenuhnya dalam artikel ini. Semua maklumat yang digunakan untuk menjana hasil analisis, sama ada dalam bentuk teks, jadual, atau contoh yang dibincangkan, telah dihuraikan secara telus dan boleh dirujuk secara langsung oleh pembaca tanpa memerlukan sumber tambahan.

8. RUJUKAN

- Ahrens, C. D. (2015). *Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment* (11th ed.). Cengage Learning.
- Bjerknes, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, 97(3), 163–172.
- Boon-Khean Cheang. (1993). Interannual variability of monsoons in Malaysia and its relationship with ENSO. *Earth Planet Science*, 102(1), 219–239.
- Booth, W. C., Colomb, G. G., Williams, J. M., Bizup, J., & Fitzgerald, W. T. (2016). *The craft of research* (4th ed.). University of Chicago Press.
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G., & Jin, F.-F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 4(2), 111–116.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *European Medical Writers Association Journal*, 24(4), 299–304.
- Fischer, Manfred M. (2015). *Spatial analysis in geography*. Dalam Wright, J. D. (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Edisi ke-2, hlm. 317–326). Elsevier.
- Fredolin, T., Reza, F., Ahmad, M., Eko Supari S., Ahmad Faiz, J. & Liew J. (2017). Characteristics of extreme rainfall in Malaysia associated with El Niño and La Niña events. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 696–716.
- Glantz, M. H. (1996). *Currents of change: El Niño's impact on climate and society*. Cambridge University Press.
- Guo, W., Pan, M., Li, H., & Wood, E. F. (2021). Terrestrial water storage variability in a changing climate. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(2), 89–105.
- Kamal Azmi, M. N., Mokhtar, M. B., Yusop, Z., & Shahid, S. (2021). A systematic review of climate variability and extreme weather impacts in Malaysia. *Environmental Research Letters*, 16(10), 103003.
- Liew, J. & Fredolin, T. (2007). Level and source of predictability of seasonal rainfall anomalies in Malaysia using canonical correlation analysis. *International Journal of Climatology*, 28(1), 1255–1267. <https://doi.org/10.1002/joc.1617>
- Mastura, M., (2020). Peristiwa El Nino dan Pengaruh IOD Terhadap Hujan di Malaysia. *e-Bangi: Journal of Social Sciences & Humanities*, 17(4), 1–12.
- MasturA, M. & Nur Hayati, A. (2018). Peristiwa El Nino, keragaman hujan dan potensi Southern Oscillation Index untuk peramalan kualiti udara di Malaysia. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 14(2), 13–25.
- Mohd Hilmi, A., Mohd Razali, M., & Nor Ainah, A. (2015). Variations of Sea Level and Tidal Behaviour during El Nino/La Nina: An Example of Malaysian Coastline. *Jurnal Teknologi*, 73(5), 1-7. <https://doi.org/10.11113/jt.v73.4327>

- National Oceanic and Atmospheric Administration. (n.d.). *What is the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) cycle?* Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-el-ni%C3%B1o-and-la-ni%C3%B1a>
- Neelin, J. D. (2011). *Climate change and climate modeling*. Cambridge University Press.
- Nur Rabitah Daud, Mohd Fadzir Akhir, & Aidy M. Muslim. (2019). Dynamic of ENSO towards upwelling and thermal front zone in the east coast of Peninsular Malaysia. *Acta Oceanologica Sinica*, 38, 48–60. Doi.10.1007/s13131-019-1369-7
- Mou Leong, T., Liew, J., Fredolin T., Jin Xiang C., Radin, R. B. (2021). Changes in temperature extremes and their relationship with ENSO in Malaysia from 1985 to 2018. *International Journal of Climatology*, 41(S1), E2564–E2580.
- Philander, S. G. (1990). *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Academic Press.
- Philander, S. G. (1989). El Niño and La Niña: Causes and global consequences. *Earth and Planetary Science Letters*, 87(1), 1–10.
- Quinn, W. H., Neal, V. T., & Antunez de Mayolo, S. E. (1978). El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research*, 83(C8), 1571–1574. <https://doi.org/10.1029/JC092iC13p14449>
- Rasmussen, 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(5), 354–384.
- Ricky, A.K & Oliver, V. E. (2021). The influence of El Niño Southern Oscillation on urban heat island formation at tropical city: Case of Kuching City, Sarawak. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 17(4), 288–304.
- Ricky A. K., Wee Hin, B., Zaini, S., Ramzah, D., Stanley, A.S., Wan Shafrina, W. M. J., Oliver, V.E., Muhammad Ammar, F. N. (2024). Impact of El Niño, Indian Ocean dipole, and Madden–Julian oscillation on land surface temperature in Kuching City Sarawak, during the periods of 1997/1998 and 2015/2016: A pilot study. *Journal of Water and Climate Change*, 15(8), 3702–3723.
- Richard, S., & Walsh, K. J. E. (2018). The influence of El Niño–Southern Oscillation on boreal winter rainfall over Peninsular Malaysia. *Theoretical and Applied Climatology*, 134, 121–138.
- Takahashi, K., & Hasegawa, T. (2018). Impacts of ENSO on the variability of tropical cyclones and rainfall in Southeast Asia. *Progress in Earth and Planetary Science*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104645>
- Wang, C., & Picaut, J. (2004). Understanding ENSO physics—A review. In Wang, C., Xie, S.P., & Carton, J. A. (Eds.), *Earth's climate: The ocean–atmosphere interaction* (pp. 21–48). American Geophysical Union.
- Yang, S., Li, Y., Lau, K.-M., & Xie, S.-P. (2023). Global hydrological response to ENSO: Extreme droughts and floods. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(2), 76–89. <https://doi.org/10.3390/rs17142344>