

DISERTASI

**ANALISIS TREND IKLIM EKSTREM WILAYAH KALIMANTAN DI
BAWAH PENGARUH ANOMALI IKLIM**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor ILMU MIPA**



JAMIATUL KHAIRUNNISA PUTRI

08013622126004

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU MIPA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS TREND IKLIM EKSTREM WILAYAH KALIMANTAN DI BAWAH
PENGARUH ANOMALI IKLIM**

DISERTASI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Ilmu MIPA

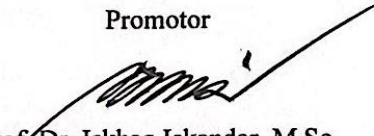
Oleh:

Jamiatul Khairunnisa Putri
NIM. 08013622126004


Disetujui oleh:

Palembang, 10 Januari 2025


Promotor


Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc.
NIP. 197210041997021001

Co-Promotor I


Prof. Dr. Muhammad Irfan, M.T.
NIP 196409131990031003

Co-Promotor II


Dr. Hamdi Akhsan, M.Si.
NIP 196902101994121001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Herwansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis berupa Disertasi ini dengan Judul “Analisis Trend Iklim Ekstrem Wilayah Kalimantan di Bawah Pengaruh Anomali Iklim” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Doktor Ilmu MIPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Januari 2025.

Palembang, 10 Januari 2025

Tim Penguji Karya Tulis berupa Disertasi

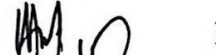
Ketua:

1. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc.
NIP 197210041997021001

()

Anggota:

2. Prof. Dr. Muhammad Irfan, M.T.
NIP 196409131990031003

()

3. Dr. Hamdi Akhsan, M.Si.
NIP 196902101994121001

()

4. Dr. Rahmat Hidayat, S.Si., M.Si.
NIP 197403012000031001

()

5. Dr. Fiber Manado, M.Si.
NIP 197002231995121002

()

6. M. Yusup Nur Khakim, M.Si., Ph.D.
NIP 197203041999031002

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Dr. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Koor. Prodi Doktor Ilmu MIPA

()

Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D.
NIP. 196704191993031001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jamiatul Khairunnisa Putri
NIM : 08013622126004
Judul : Analisis Tren Iklim Ekstrem Wilayah Kalimantan di Bawah Pengaruh Anomali Iklim.

Menyatakan bahwa Disertasi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim Promotor dan Ko-Promotor dan bukan hasil penjiplakan. Apabila ditemukan unsur penjiplakan dalam Disertasi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 15 Januari 2025



Jamiatul Khairunnisa Putri

NIM. 08013622126004

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jamiatul Khairunnisa Putri
NIM : 08013622126004
Judul : Analisis Tren Iklim Ekstrem Wilayah Kalimantan di Bawah Pengaruh Anomali Iklim

Memberikan izin kepada Promotor dan Ko-Promotor dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan institusi apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 15 Januari 2024



Jamiatul Khairunnisa Putri
NIM. 08013622126004

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Disertasi yang berjudul “Analisis Tren Iklim Ekstrem Wilayah Kalimantan di bawah Pengaruh Anomali Iklim” dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini penulisan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku Promotor, khususnya atas segala kepercayaan dan dukungan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Prof. Dr. Muhammad Irfan, M.T. selaku Ko-Promotor I dan Bapak Dr. Hamdi Akhsan, M.Si selaku Ko-Promotor II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan selama penulisan disertasi ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr Taufiq Marwa, S.E., M.Si. sebagai Rektor Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan di Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi kegiatan akademik selama melaksanakan studi.
3. Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D. selaku Koordinator Program Studi Doktor Ilmu MIPA Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi kegiatan akademik selama melaksanakan studi.
4. Seluruh Dosen dan Staf Administrasi Program Studi Doktor Ilmu MIPA Universitas Sriwijaya.
5. Tim penguji disertasi, penguji tamu yaitu Dr. Rahmat Hidayat, M.Sc. dari Institut Pertanian Bogor (IPB) dan penguji internal yaitu Dr. Fiber Monadon, M.Si, dan M. Yusup Nur Khakim, M.Si., Ph. D. Yang telah memberikan masukan untuk kebaikan hasil penelitian.

6. Dr. Suhadi, M.Si. telah membimbing dan memotivasi penulis selama menempuh pendidikan.
7. Dr. M. Win Afgani, M.Pd., Mbak Faizatul Mabruroh, M.Pd., Mbak Ravensky Yurianty Pratiwi, S.Pd., M.Si., dan rekan kerja di prodi pendidikan fisika yang selalu memberikan semangat selama menempuh pendidikan.
8. Terkhusus kepada suami tercinta (Hendly Syahputra Pratama, S.T.), Ibu tercinta (Lafita Tofik, S.Pd.), anak tercinta (Hanan Zaid Elhasiq), adik tersayang beserta istrinya (Dwi Febrianto Royyan, A.Md.Kes. dan Fety Juweni), mama tercinta (Nurlaily, S.Pd.), papa (Hendrivon), adik-adik, dan keluarga besar yang senantiasa sepanjang waktu memberikan do'a dan restu kepada penulis.

Semoga Allah SWT melimpahkan kebaikan dan kemudahan atas semua bantuan, dukungan, motivasi, dan do'a yang telah diberikan kepada penulis selama proses Pendidikan hingga menyusun disertasi ini. Semoga hasil karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Palembang, 15 Januari 2025

Jamiatul Khairunnisa Putri

RINGKASAN

ANALISIS TREND IKLIM EKSTREM WILAYAH KALIMANTAN DI BAWAH PENGARUH ANOMALI IKLIM

Karya Tulis ilmiah berupa Disertasi, 17 Januari 2025.

Jamiatul Khairunnisa Putri; Dibimbing oleh Prof. Dr. Iskhaq Iskandar., M.Sc., Prof. Dr. Muhammad Irfan., M.T., dan Dr. Hamdi Akhsan.

xix+85 halaman, 15 tabel, 35 gambar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif dinamika curah hujan ekstrem di bawah pengaruh anomali iklim untuk wilayah Kalimantan dan hubungannya dengan Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) dan El Niño Southern Oscillation (ENSO). Wilayah Kalimantan yang akan dikaji adalah Kalimantan Barat, Tengah dan Selatan. Analisis Iklim Ekstrem (curah hujan dan temperatur ekstrem) pada penelitian ini menggunakan indeks yang dikeluarkan oleh *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), untuk curah hujan diantaranya CDD (*consecutive dry day*), CWD (*consecutive wet day*), dan R20mm (*number of extremely heavy precipitation ≥ 20 mm/days*). Sedangkan untuk temperatur yaitu: TXmean (*Annual mean of maximum temperatur*), TNmean (*Annual mean of minimum temperatur*), TXx (*Monthly maximum value of daily max temperatur*), TNx (*Monthly maximum value of daily min temperatur*), dan DTR (*Monthly mean difference between daily max and min temperatur*). Analisis tersebut diawali dengan menerapkan prosedur kualitas kontrol pada data curah hujan dan temperatur. Kriteria yang digunakan pada kualitas kontrol adalah data dari stasiun pengamatan memiliki setidaknya 80% tahun penuh, dimana setahun penuh diartikan sebagai tahun di mana data yang hilang tidak lebih 15 hari dan tidak ada bulan dengan lebih 3 hari data hilang. Kemudian untuk menentukan tren kenaikan atau penurunan yang terjadi pada curah hujan ekstrem diuji dengan menggunakan uji Mann-Kendall (MK) non-parametrik pada masing-masing stasiun. Hasil analisis menunjukkan tren curah hujan total tahunan (PRCPTOT) telah meningkat di seluruh stasiun pengamatan. Khususnya di SM Nangapinoh dan Supadio, tren PRCPTOT mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada taraf 99% dan 90%. Sementara itu, peningkatan tren hari hujan berturut-turut (CWD) hanya terjadi di SM Nangapinoh dan SM Rahadi Oesman (Kalimantan Barat), dan SM Iskandar (Kalimantan Tengah). Tren yang signifikan ditemukan di SM Nangapinoh (90%) dan Iskandar (95%). R20mm tidak hanya mengalami peningkatan tren, tetapi juga mengalami penurunan tren. Peningkatan tren yang signifikan pada taraf 99% dan 90% terjadi di SM Nangapinoh dan SM Supadio.

Selain itu, peningkatan tren CDD hanya terjadi di SM Rahadi Oesman dan SM Tjilik Riwut meskipun tidak signifikan. Sedangkan untuk indeks TXmean seluruh stasiun memperoleh peningkatan tren dengan tujuh stasiun mengalami peningkatan yang signifikan pada taraf 95%. Tujuh stasiun tersebut adalah SM Supadio, SM Tebelian, SM Nangapinoh, SM Rahadi Oesman, SM Iskandar, SM Tjilik Riwut, dan SM Gusti Syamsir Alam. Selanjutnya untuk indeks TNmean enam stasiun yang memperoleh peningkatan tren dan signifikan pada taraf 95%. Enam stasiun tersebut adalah SM Tebelian, SM Nangapinoh, SM Iskandar, SM Tjilik Riwut, SM Syamsudin Noor, dan SM Gusti Syamsir Alam. Untuk indeks TXx hasil tren yang diperoleh sama dengan TXmean. TXx memperoleh peningkatan tren di tujuh stasiun pada taraf signifikansi 95%. Stasiun yang memperoleh peningkatan tren yang signifikan juga sama. TNx memperoleh peningkatan tren di empat stasiun pada taraf signifikansi 95%. Dengan stasiun yang memperoleh peningkatan tren yaitu SM Tebelian, SM Tjilik Riwut, SM Syamsudin Noor, dan SM Gusti Syamsir Alam. Sama halnya dengan DTR, hanya empat stasiun yang memperoleh peningkatan tren dan signifikan pada taraf 95%. Stasiun yang memperoleh peningkatan tren yaitu: SM Supadio, SM Nangapinoh, SM Rahadi Oesman, SM Iskandar. Setelah itu dilakukan analisis korelasi indeks curah hujan dan temperatur ekstrem dengan ENSO dan IOD. Hasil yang diperoleh tiga dari indeks curah hujan ekstrem berkorelasi negatif (PRCPTOT, CWD, dan R20mm) sedangkan CDD berkorelasi positif dengan ENSO. PRCPTOT dan CDD berkorelasi signifikan dengan ENSO diseluruh stasiun pengamatan. Korelasi IOD dengan indeks curah hujan juga ada yang negatif dan positif. Korelasi yang signifikan diperoleh R20mm dan CDD di beberapa stasiun. Selanjutnya hasil korelasi indeks temperatur ekstrem dengan ENSO dan IOD ada yang bernilai positif dan negatif. Indeks TXx di SM Tebelian dan Tjilik Riwut berkorelasi positif dan signifikan dengan IOD pada taraf signifikansi 99%. Kemudian indeks TNmean di SM Iskandar berkorelasi negatif dengan IOD dan signifikan pada taraf signifikansi 99%. Sedangkan korelasi terhadap ENSO yang signifikan pada taraf 99% yaitu indeks TNmean di SM Tjilik Riwut dan DTR di SM Gusti Syamsir Alam. Indeks TNmean berkorelasi negatif sedangkan DTR berkorelasi positif terhadap ENSO.

Kata Kunci: Iklim Ekstrem, Kalimantan, Uji *Mann Kendall* dan *Sen's Slope Estimator*, ENSO dan IOD.

SUMMARY

ANALYSIS OF EXTREME CLIMATE TRENDS OF KALIMANTAN REGION UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE ANOMALIES

Scientific Report as a Dissertation, 17 January 2025

Jamiatul Khairunnisa Putri; Supervised by Prof. Dr. Iskhaq Iskandar., M.Sc., Prof. Dr. Muhammad Irfan., M.T., dan Dr. Hamdi Akhsan.

xix+85 pages, 15 tables, 35 images.

This research aims to comprehensively examine the dynamics of rainfall extremes under the influence of climate anomalies for Kalimantan peat areas and their relationship with the Indian Ocean Dipole (IOD) and El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomena, as well as their potential impact on peatland fires in Kalimantan. The Kalimantan regions to be studied are West, Central and South Kalimantan. Extreme Climate (rainfall) analysis in this study uses indices issued by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), including CDD (consecutive dry day), CWD (consecutive wet day), and R20mm (number of extremely heavy precipitation ≥ 20 mm days). There are four temperature measurements: TXmean (annual average maximum temperature), TNmean (annual average minimum temperature), TXx (monthly maximum value of daily maximum temperature), TNx (monthly maximum value of daily minimum temperature), and DTR (difference in monthly average daily maximum and minimum temperatures). The analysis begins by applying Quality Control (QC) procedures to rainfall data. The criteria used in QC is that the data from the observation station has at least 80% of an entire year, where a full year is defined as a year in which the missing data is no more than 15 days, and there are no months with more than three days of missing data. Then, the non-parametric Mann-Kendall (MK) test is used at each station to determine the increasing or decreasing trend that occurs in extreme rainfall. The analysis results show that the total annual rainfall trend (PRCPTOT) has increased at all observation stations, especially in SM Nangapinoh and Supadio, the PRCPTOT trend has increased significantly at the 99% and 90%. Meanwhile, the increase in the trend of consecutive wet days (CWD) only occurred in SM Nangapinoh and Rahadi Oesman (West Kalimantan), and SM Iskandar (Central Kalimantan). A significant trend was found in SM Nangapinoh (90%) and SM Iskandar (95%). R20mm not only experienced an increasing trend but also a decreasing trend. Significant trend increases occurred in SM Nangapinoh and SM Supadio at the 99% and 90% levels. In addition, the increase in CDD trends only occurred in SM Rahadi Oesman and SM Tjilik Riwut, although not significant. As for the TXmean index, all stations obtained an increasing trend, with seven stations experiencing a significant increase at the 95% level. The seven stations are SM Supadio, SM Tebelian, SM Nangapinoh, SM Rahadi Oesman, SM Iskandar, SM Tjilik Riwut, and SM Gusti Syamsir Alam. Furthermore, for the TNmean index, six

stations obtained an increasing trend and were significant at the 95% level. The six stations are SM Tebelian, SM Nangapinoh, SM Iskandar, SM Tjilik Riwut, SM Syamsudin Noor, and SM Gusti Syamsir Alam. The trend results for the TXx index are the same as those obtained for the TXmean. TXx obtained an increase in trend at seven stations at the 95% significance level. The stations that obtained a significant increase in trend were also the same. TNx obtained an increase in trend at four stations at a significance level of 95%, with stations that obtained an increase in trend, namely SM Tebelian, SM Tjilik Riwut, SM Syamsudin Noor, and SM Gusti Syamsir Alam. Similar to DTR, only four stations obtained an increasing trend, which was significant at the 95% level. Stations with an increasing trend are SM Supadio, SM Nagapingoh, SM Rahadi Oesman, and SM Iskandar. After that, the correlation analysis of extreme rainfall and temperatur indices with ENSO and IOD was conducted. The results obtained from three of the extreme precipitation indices are negatively correlated (PRCPTOT, CWD, and R20mm), while CDD is positively correlated with ENSO. PRCPTOT and CDD are significantly correlated with ENSO at all observation stations. IOD correlations with rainfall indices are also negative and positive. Significant correlations were obtained by R20mm and CDD at several stations. Furthermore, the correlation results of the extreme temperatur index with ENSO and IOD are positive and negative. The TXx index at SM Tebelian and Tjilik Riwut is positively and significantly correlated with IOD at the 99% significance level. Then, the TNmean index in SM Iskandar is negatively correlated with the IOD and is significant at the 99% significance level. While the correlation with ENSO that is significant at the 99% level is the TNmean index in Tjilik riwut SM and DTR in Gusti Syamsir Alam SM. TNmean index is negatively correlated, while DTR is positively correlated with ENSO.

Keywords: Extreme Climate, Kalimantan, Mann Kendall Test and Sen's Slope Estimator, ENSO, and IOD.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR ISTILAH	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Rumusan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Kebaruan Penelitian	6
1.7. Kerangka Pikir Penelitian	11
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. <i>Monsoon</i>	12
2.2. <i>El Nino Southern Oscillation</i> (ENSO).....	13
2.3. <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD)	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	20
3.2. Analisis Data	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Kontrol Kualitas Data dan Uji Homogenitas	29

4.2.	Analisis Curah Hujan Tahunan	30
4.3.	Analisis tren indeks curah hujan ekstrem.....	30
4.4.	Tren Temperatur Ekstrem	44
4.5.	Analisis Indeks Curah hujan dan Temperatur ekstrem di masing-masing Stasiun Meteorologi	62
4.5.1.	SM Nangapinoh	63
4.5.2.	SM Tebelian	64
4.5.3.	SM Supadio	65
4.5.4.	SM Rahadi Oesman.....	66
4.5.5.	SM Tjilik Riwut	68
4.5.6.	SM Iskandar	69
4.5.7.	SM Syamsudin Noor	70
4.5.8.	SM Gusti Syamsir Alam	72
4.6.	Korelasi parsial curah hujan ekstrem terhadap ENSO dan IOD	73
4.6.1	Stasiun Meteorologi Nangapinoh.....	75
4.6.2	Stasiun Meteorologi Rahadi Oesman.....	75
4.6.3	Stasiun Meteorologi Tebelian	76
4.6.4	Stasiun Meteorologi Supadio	76
4.6.5	Stasiun Meteorologi Tjilik Riwut	77
4.6.6	Stasiun Meteorologi Iskandar.	78
4.6.7	Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor	78
4.6.8	Stasiun Meteorologi Gusti Syamsir Alam	79
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1.	Kesimpulan	81
5.2.	Saran.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerangka Berpikir	11
Gambar 2.1	Kondisi Normal/Fenomena La Niña dari http://bom.gov.au .	15
Gambar 2.2	Fenomena El Niño dari http://bom.gov.au	15
Gambar 2.3	Positif IOD dari http://bom.gov.au	19
Gambar 2.4	Negatif IOD dari http://bom.gov.au	19
Gambar 3.1	Wilayah Penelitian.....	21
Gambar 3.2	Tahapan Penelitian	28
Gambar 4.1	Total Curah Hujan Tahunan	30
Gambar 4.2	Tren PRCPTOT di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan.....	31
Gambar 4.3	Perubahan PRCPTOT berdasarkan uji Sequential Mann-Kendal.....	32
Gambar 4.4	Deret waktu curah hujan total dari Januari 1985 hingga Desember 2022 yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	33
Gambar 4.5	Tren CWD di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	34
Gambar 4.6	Perubahan CWD berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall .	36
Gambar 4.7	Deret waktu pengamatan CWD di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	37
Gambar 4.8	Tren CDD di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	39
Gambar 4.9	Perubahan CDD berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall ..	40
Gambar 4.10	Deret waktu CDD yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	41
Gambar 4.11	Tren R20mm di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	42
Gambar 4.12	Perubahan R20mm berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall	43
Gambar 4.13	Deret waktu R20mm yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	44
Gambar 4.14	Tren TXmean di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	48
Gambar 4.15	Perubahan TXmean berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall	49
Gambar 4.16	Deret waktu TXmean yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan.....	50

Gambar 4.17	Tren TNmean di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	51
Gambar 4.18	Perubahan TNmean berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall	52
Gambar 4.19	Deret waktu TNmean yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan.....	53
Gambar 4.20	Tren TXx di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	54
Gambar 4.21	Perubahan TXx berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall ...	55
Gambar 4.22	Deret waktu TXx yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	56
Gambar 4.23	Tren TNx di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.....	57
Gambar 4.24	Perubahan TNx berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall ..	58
Gambar 4.25	Deret waktu TNx yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	59
Gambar 4.26	Tren DTR di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan	60
Gambar 4.27	Perubahan DTR berdasarkan uji Sequential Mann-Kendall .	61
Gambar 4.28	Deret waktu DTR yang diamati di a) Kalimantan Barat, b) Kalimantan Tengah, c) Kalimantan Selatan	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Beberapa referensi yang berkaitan dengan kebaruan penelitian	7
Tabel 3.1	Lokasi Stasiun BMKG yang digunakan dalam penelitian	22
Tabel 3.2	Indeks curah hujan ekstrem yang direkomendasikan ETCCDI.....	23
Tabel 3.3	Indeks Temperature Ekstrem yang direkomendasikan oleh ETCCDI.....	24
Tabel 4.1	Klafisikasi tahun El Niño dan La Niña selama 1985-2022 berdasarkan Niño 3.4. (A) untuk Agustus, (ON) untuk Oktober dan November, (SO) untuk September dan Oktober, (MA) untuk Maret April, (M) untuk Maret, (S) untuk September, (J) untuk Januari	74
Tabel 4.2	Klafisikasi tahun IOD Positif dan IOD Negatif selama 1985-2022 berdasarkan DMI. (A) untuk Agustus, (ON) untuk Oktober dan November, (SO) untuk September dan Oktober, (MA) untuk Maret April, (M) untuk Maret, (S) untuk September	74
Tabel 4.3	Fenomena ENSO dan IOD yang terjadi bersamaan. (A) untuk Agustus, (ON) untuk Oktober dan November, (SO) untuk September dan Oktober, (MA) untuk Maret April, (M) untuk Maret, (S) untuk September	74
Tabel 4.4	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Nangapinoh terhadap Niño 3.4 dan DMI. (*) untuk signifikansi 95%	75
Tabel 4.5	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Rahadi Oesman terhadap Niño 3.4 dan DMI. (*) untuk signifikansi 95%	76
Tabel 4.6	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Tebelian terhadap Niño3.4 dan DMI. (*) untuk signifikansi 95%	76
Tabel 4.7	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Supadio terhadap Niño 3.4 dan DMI. (*) untuk Taraf Signifikansi 95%	77
Tabel 4.8	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Tjilik Riwut terhadap Niño3.4 dan DMI.....	78

Tabel 4.9	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Iskandar terhadap Niño3.4 dan DMI. (*) untuk signifikansi 95%	78
Tabel 4.10	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Syamsudin Noor terhadap Niño3.4 dan DMI.....	79
Tabel 4.11	Korelasi Parsial dan Sig. Indeks Curah Hujan Ekstrem SM Gusti Syamsir Alam terhadap Niño3.4 dan DMI.....	79

DAFTAR SINGKATAN

BBS	: Belahan Bumi Selatan.
BBU	: Belahan Bumi Utara.
BMKG	: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
CDD	: <i>Consecutive Dry Days</i> (hari kering berturut-turut).
CWD	: <i>Consecutive Wet Days</i> (hari basah berturut-turut).
DJF	: Desember Januari Februari.
DMI	: <i>Dipole Mode Index</i> .
ENSO	: <i>El Niño-Southern Oscillation</i> .
ETCCDI	: <i>Expert Team on Climate Change Detection and Indices</i> .
IOD	: <i>Indian Ocean Dipole</i> .
JJA	: Juni Juli Agustus.
LU	: Lintang Utara.
LS	: Lintang Selatan.
MAM	: Maret April Mei.
SM	: Stasiun Meteorologi.
SON	: September Oktober November.
STD	: Standar Deviasi.
SOI	: <i>Southern Oscillation Index</i> .
SPL	: Suhu Permukaan Laut.
SLP	: <i>Sea Pressure Level</i> .

DAFTAR ISTILAH

Angin darat	: Angin yang bertiup ke arah laut akibat pemanasan yang tidak sama antara massa tanah dan air.
Angin laut	: Angin yang bertiup ke arah darat akibat pemanasan yang tidak sama antara massa tanah dan air.
Angin pasat	: Sistem angin di daerah tropis yang berhembus dari tekanan tinggi subtropis ke arah palung tropis. Di BBU adalah angin timur laut-an dan di BBS angin tenggara-an.
Anomali	: Penyimpangan dari kondisi rata-rata yang terkait dengan parameter laut dan atmosfer.
Atmosfer	: Lapisan gas yang menyelubungi bumi.
Awan	: Sekumpulan butiran air, kristal es, atau campuran keduanya yang terbentuk dari proses kondensasi uap air di atas permukaan bumi.
Cuaca	: Keadaan yang merujuk pada perubahan atmosfer ditempat tertentu dengan periode waktu yang relatif singkat
Daerah tropis	: Daerah yang dibatasi oleh lintang pada $23,5^{\circ}$ LU dan $23,5^{\circ}$ LS.
El Niño	: Fasen penghangatan di bagian timur Samudra Pasifik.
Iklm	: Kondisi rata-rata atau sifat statistik yang menggambarkan perubahan yang terjadi di atmosfer antara lain suhu, tekanan, dan angin pada suatu wilayah dalam rentang waktu yang relatif panjang (<i>longterm</i>) melalui pengamatan yang dilakukan minimal 30 tahun.
Kekeringan	: Suatu kondisi dimana jumlah curah hujan yang diterima oleh suatu daerah lebih kecil dibandingkan dengan curah hujan rata-rata di wilayah tersebut pada periode yang sama.
Klimatologi	: Bidang ilmu yang mempelajari iklim. Klimatologi meliputi keadaan parameter-parameter fisik di atmosfer yang ditinjau selama periode waktu yang panjang.
Konveksi	: Proses transfer panas melalui gerakan vertikal fluida.
La Niña	: Fase Pendinginan di bagian timur Samudra Pasifik.
Meteorologi	: Studi tentang proses fisis yang terjadi di atmosfer.
Musim	: Periode dengan unsur iklim yang mencolok, misalnya musim panas ditandai dengan temperatur tinggi, musim hujan ditandai dengan curah hujan yang tinggi.

- Spasial : Berhubungan dengan ruang (2 dimensi atau 3 dimensi).
Temporal : Berhubungan dengan waktu.
Upwelling : Gerakan vertikal massa air dari lapisan dalam (*near the ocean floor*) ke permukaan laut. Proses ini menyebabkan suhu permukaan laut menjadi lebih dingin karena suhu di laut dalam (*deep water*) dingin.

Sumber : Allaby (2007), Tjasyono (2012), Aldrian dan Sucahyono (2013)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia berada di pusat sirkulasi laut dan atmosfer global, yang disebut Kawasan Indo-Pasifik, mencakup Samudra Hindia, perairan Indonesia, dan Samudra Pasifik. Selain itu, Indonesia juga memiliki topografi yang kompleks, karena terdiri dari beberapa pulau besar dengan perbukitan dan gunung-gunung tinggi serta dipisahkan oleh lautan. Perubahan yang terjadi pada Kawasan ini juga berpotensi mempengaruhi iklim di Indonesia. Untuk skala musiman, variabilitas iklim di Indonesia dipengaruhi oleh monsoon (Lee, 2015).

Selain itu, skala antar-tahunan yang mempengaruhi variabilitas iklim di Indonesia adalah El Niño-Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) (Avia & Sofiati, 2018; Cai et al., 2018; Capotondi, 2020). ENSO dan IOD dikenal sebagai anomali iklim. ENSO merupakan anomali interaksi laut dan atmosfer yang terjadi di sepanjang ekuator Samudra pasifik. Sedangkan IOD terjadi disepanjang ekuator Samudra India. Saat terjadi El Niño dan/atau IOD positif maka wilayah Indonesia akan mengalami defisit curah hujan atau kekeringan sedangkan jika terjadi La Niña dan/atau IOD negatif wilayah Indonesia akan menerima curah hujan yang tinggi atau keadaan basah (Nurdiati et al., 2021).

Peningkatan rata-rata temperatur global (pemanasan global) menunjukkan peningkatan terjadinya iklim ekstrem (Nurdiati & Sopaheluwakan, 2022). Iklim yang hangat dimasa depan dapat meningkatkan terjadinya cuaca ekstrem baik dari segi frekuensi maupun intensitas (Supari, Tangang, Juneng, et al., 2016b). Dampak dari kejadian iklim ekstrem disuatu wilayah juga dapat dilihat dari bencana yang telah terjadi (Ariyani et al., 2022). Misalnya wilayah Kalimantan, bencana yang sering terjadi adalah kebakaran hutan dan lahan (Wooster et al., 2012). Kebakaran hutan dan lahan merupakan salah satu masalah lingkungan hidup yang memiliki dampak jangka panjang terhadap keanekaragaman hayati dan iklim global

(Manaswini & Sudhakar Reddy, 2015).

Tahun 1997/98 telah terjadi kebakaran hutan dan lahan terluas Indonesia. Luas lahan yang terbakar adalah 11.698.379 Ha. Wilayah yang mengalami kebakaran hutan dan lahan adalah Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua Barat. Total wilayah Kalimantan yang terbakar adalah 8.127.379 Ha (CIFOR, 2002). Selanjutnya tahun 2015 Indonesia kembali mengalami kebakaran hutan dan lahan terluas dari beberapa tahun sebelumnya. Total lahan yang terbakar adalah 4.604.569 Ha yang tersebar di wilayah Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Kalimantan menjadi wilayah dengan lahan terluas yang mengalami kebakaran ditahun 2015 (Lohberger et al., 2017). Tahun 2019 terjadi lagi kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dengan luas lahan yang terbakar adalah 328.722 Ha jauh berkurang dibandingkan tahun 1997 dan 2015. Wilayah yang mengalami kebakaran adalah Kalimantan dan Sumatera (Sarmiasih & Pratama, 2019). Berdasarkan kebakaran hutan dan lahan yang terjadi selama tahun 1997, 2015, dan 2019 dapat disimpulkan Kalimantan menjadi salah satu wilayah di Indonesia yang rentan terhadap kebakaran hutan dan lahan.

Salah satu dampak yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dan lahan adalah emisi karbon, dan kabut asap. Bahkan kabut asap bisa berdampak ke negara tetangga seperti Malaysia, dan Singapura (Nurdiati et al., 2022). Emisi karbon dapat meningkatkan emisi global dan memicu terjadinya pemanasan global (Hooijer et al., 2006; Prinz, 2009). Upaya untuk meminimalisir dampak dari bencana tersebut dapat dilakukan dengan menganalisis penyebab dari bencana. Iklim dan cuaca mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap kebakaran hutan dan lahan (Benson et al., 2008). Salah satu indeks iklim yaitu curah hujan berkaitan dengan jumlah kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di suatu wilayah (Nurdiati & Sopaheluwakan, 2022). Penelitian menunjukkan rendahnya curah hujan di Kalimantan Barat berpengaruh terhadap peningkatan hotspot (Anggraini & Trsiakti, 2009). Korelasi negatif antara hotspot di wilayah Kalimantan dan curah hujannya sebesar 0,307 yang masuk kedalam kategori cukup (Prayoga et al., 2017).

Artinya ketika curah hujan rendah maka terdapat banyak hotspot begitupula sebaliknya. Curah hujan berpengaruh terhadap kebakaran hutan dan lahan di beberapa wilayah di Indonesia khususnya Kalimantan.

Sebagian besar negara di dunia telah mendokumentasikan perubahan iklim disebabkan karena iklim ekstrem yang membawa banyak dampak negatif. Indonesia juga telah melakukannya. Unsur iklim yang sering diteliti adalah curah hujan dan temperatur. Supari et al., (2016b) melakukan penelitian tentang perubahan iklim di Indonesia selama 1983-2012 berdasarkan indeks ETCCDI. Data yang digunakan yaitu data harian dari curah hujan dan temperatur maksimum dan minimum yang berasal dari 88 stasiun seluruh Indonesia. Penelitian ini menunjukkan rata-rata tahunan dari temperatur maksimum dan minimum harian meningkat secara signifikan berturut-turut sebesar $0,18^{\circ}$ C/dekade dan $0,3^{\circ}$ C/dekade. Sementara intensitas curah hujan harian juga mengalami peningkatan yang signifikan sebesar $0,21$ mm/hari/dekade selama 1983-2012. Tren curah hujan ekstrem terjadi pada bulan Desember-Januari-Februari (DJF) dan /atau Maret-April-Mei (MAM). Sedangkan wilayah Indonesia bagian selatan cenderung mengalami kekeringan yang terjadi pada bulan Juni-Juli-Agustus (JJA), September-Oktober-November (SON) dan Maret-April-Mei (MAM).

Selain itu Supari et al., (2017) juga melakukan analisis data curah hujan harian dari 97 stasiun di seluruh Indonesia dengan periode waktu dari 1981-2012 yang berkaitan dengan fenomena El Niño dan La Niña. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah dampak El Niño sangat menonjol selama Juni-Juli-Agustus (JJA) dan September-Oktober-November (SON). Kemudian mulai dari SON anomali basah muncul di wilayah Sumatera bagian Utara dan meluas ketimur pada Desember-Januari-Februari (DJF) dan Maret-April-Mei (MAM) sehingga menciptakan kondisi yang kontras antara Barat (basah) dan timur (kering). Berdasarkan karakteristik dari anomali jumlah hari kering (CDD) dan jumlah hari basah berturut-turut (CWD) diperoleh lima sub wilayah yang menunjukkan respon berbeda terhadap peristiwa El Niño dan La Niña.

Beberapa penelitian yang berfokus pada satu atau lebih wilayah yang ada di Indonesia juga telah diteliti sebelumnya. Siswanto et al., (2015) melakukan penelitian tentang temperatur, curah hujan ekstrem, curah hujan harian di Jakarta selama 130 tahun terakhir. Hasil yang diperoleh adalah adanya tren positif dengan curah hujan >50mm/hari selama 1866-2010. Dengan tren positif terkuat selama 1961-2010. Jakarta juga mengalami peningkatan temperatur sebesar 1,6° C selama satu abad. Peningkatan temperatur tersebut melebihi peningkatan temperatur rata-rata global. Selain Jakarta, wilayah lainnya yang diteliti adalah Borneo. Identifikasi karakteristik curah hujan dan temperatur ekstrem selama 1986-2010 yang dilakukan di Borneo menunjukkan adanya peningkatan pemanasan selama tiga dekade terakhir (Supari, Tangang, Juneng, et al., 2016b). Untuk indeks curah hujannya tidak begitu jelas karakteristiknya. Tetapi dari hasil R20mm dan SDII menunjukkan kecenderungan pada kondisi basah.

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai curah hujan dan temperatur ekstrem yang ada di Indonesia, masih terdapat kesenjangan berupa analisis yang dilakukan belum berfokus pada wilayah-wilayah tertentu. Periode waktu yang digunakan sudah cukup lama, khususnya untuk wilayah Kalimantan masih ada indeks iklim yang belum di analisis, dan belum terdapat kajian korelasi indeks iklim ekstrem dengan fenomena ENSO dan IOD. Oleh karena itu penelitian tentang **“Analisis Trend Iklim Ekstrem Wilayah Kalimantan di Bawah Pengaruh Anomali Iklim”** dipandang perlu untuk dilakukan.

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini mengkaji secara komprehensif trend jangka panjang curah hujan dan temperatur ekstrem serta hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD.
2. Indeks curah hujan dan temperatur ekstrem mengacu pada hasil kajian *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI).

3. Lokasi penelitian difokuskan pada wilayah Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan dengan memanfaatkan 11 stasiun pengamatan BMKG.

1.3. Rumusan Masalah

Pemanasan global mengakibatkan perubahan iklim yang dapat mengancam kehidupan manusia secara menyeluruh. Menjadi potensi munculnya bencana bagi masyarakat dan lingkungan. Beberapa penelitian mengenai variabilitas iklim yaitu curah hujan dan temperatur di Indonesia sudah dilakukan (Siswanto et al., 2015; Supari et al., 2016b; Supari et al., 2017). Namun belum ada penelitian yang mengkaji trend iklim ekstrem jangka panjang di Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan di bawah pengaruh anomali iklim. Indeks curah hujan ekstrem yang digunakan adalah indeks dari *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI). Penelitian ini akan menggunakan hasil observasi yang terekam di 8 stasiun yang tersebar di wilayah Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan selama kurun waktu 1985-2022.

Berdasarkan uraian tersebut maka pokok-pokok permasalahan yang akan menjadi fokus kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tren iklim ekstrem (curah hujan dan temperatur ekstrem) di wilayah Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan?
2. Bagaimana pengaruh fenomena ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan temperatur di wilayah Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji secara komprehensif iklim ekstrem di wilayah Kalimantan di bawah pengaruh anomali iklim. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan tren iklim ekstrem (curah hujan dan temperatur ekstrem) di wilayah Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.

2. Menganalisis pengaruh fenomena ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap bidang keilmuan yang memiliki hubungan erat dengan parameter klimatologi dalam bentuk curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan. Hasil yang diperoleh diharapkan mampu menggambarkan pola dinamika parameter klimatologi di Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan. Dengan diketahuinya karakteristik pola curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah Kalimantan diharapkan dapat dijadikan acuan bagi pemerintah dan masyarakat untuk proses adaptasi dan mitigasi.

1.6. Kebaruan Penelitian

Penelitian terdahulu umumnya mengkaji curah hujan ekstrem di Indonesia dan korelasinya hanya terbatas pada ENSO (Supari et al., 2017; Supari, Tangang, Juneng, et al., 2016a), curah hujan ekstrem di Jakarta dan Borneo (Lestari et al., 2019; Siswanto et al., 2015; Supari, Tangang, Juneng, et al., 2016b) dan variabilitas curah hujan di Kalimantan sebagai dampak El Niño (Safiril, 2021). Penelitian yang akan dilakukan ini mengkaji secara komprehensif dinamika curah hujan ekstrem menggunakan data hasil pengukuran 8 stasiun pengamatan milik Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) selama kurun waktu 1985-2022. Terdapat beberapa kebaruan dari penelitian ini yaitu:

1. Kajian terbaru tentang karakteristik curah hujan dan temperatur ekstrem khusus di wilayah Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan.
2. Penelitian ini merupakan kajian pertama yang menganalisis dampak fenomena ENSO dan IOD terhadap pola curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan.

Tabel 1.1 Beberapa referensi yang berkaitan dengan kebaruan penelitian

No	Penulis Jurnal	Topik yang dikaji	Hasil dan Simpulan
1	A. Kurniadi, E. Weller, S. Min, M. Seong International Journal of Climatology 2021	Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh ENSO dan IOD secara spasial terhadap curah hujan rata-rata dan ekstrem di Indonesia. Menggunakan indeks dari ETCCDI dengan periode 1981-2019.	ENSO dan IOD pada curah hujan ekstrem paling kuat terjadi pada musim kemarau (JJA-SON) dan melemah pada musim hujan (DJF-MAM). Curah hujan ekstrem secara luas dipengaruhi oleh ENSO dimana ekstrem menjadi lebih kering (basah) selama El Niño (La Niña). Sama halnya dengan peristiwa positif dan negative IOD. Peristiwa ENSO berdampak pada curah hujan ekstrem untuk wilayah utara dan timur Indonesia, sedangkan peristiwa IOD memodulasi curah hujan ekstrem di wilayah selatan dan barat Indonesia.
2	A. Safril AIP Conference Proceedings 2021	Penelitian ini menganalisis pola perubahan iklim dan El Niño untuk mendapatkan karakteristik variabilitas curah hujan di Kalimantan. Pola perubahan iklim di analisis untuk periode 10 tahun (1986-1995, 1996-2005, dan 2006-2015). Data yang digunakan adalah jumlah curah hujan tahunan, curah hujan tinggi (persentil 95), pergeseran ke curah hujan bulanan terendah, dan pergeseran kemusim kemarau.	Wilayah Kalimantan semakin basah dalam tiga dekade terakhir di daerah dengan pola curah hujan tahunan dan lebih kering di daerah dengan pola curah hujan setengah tahunan.
3	S. Lestari, A. Kinga, C. Vincenta, D. Karolya, A. Protat	Penelitian ini mengkaji variasi antar tahunan, musiman, dan intramusiman pada curah hujan ekstrem di Jakarta dan sekitarnya. Data yang digunakan adalah data	Hasil menunjukkan bahwa intensitas dan frekuensi curah hujan ekstrem, dan kontribusi relatifnya terhadap curah hujan total, memiliki hubungan yang

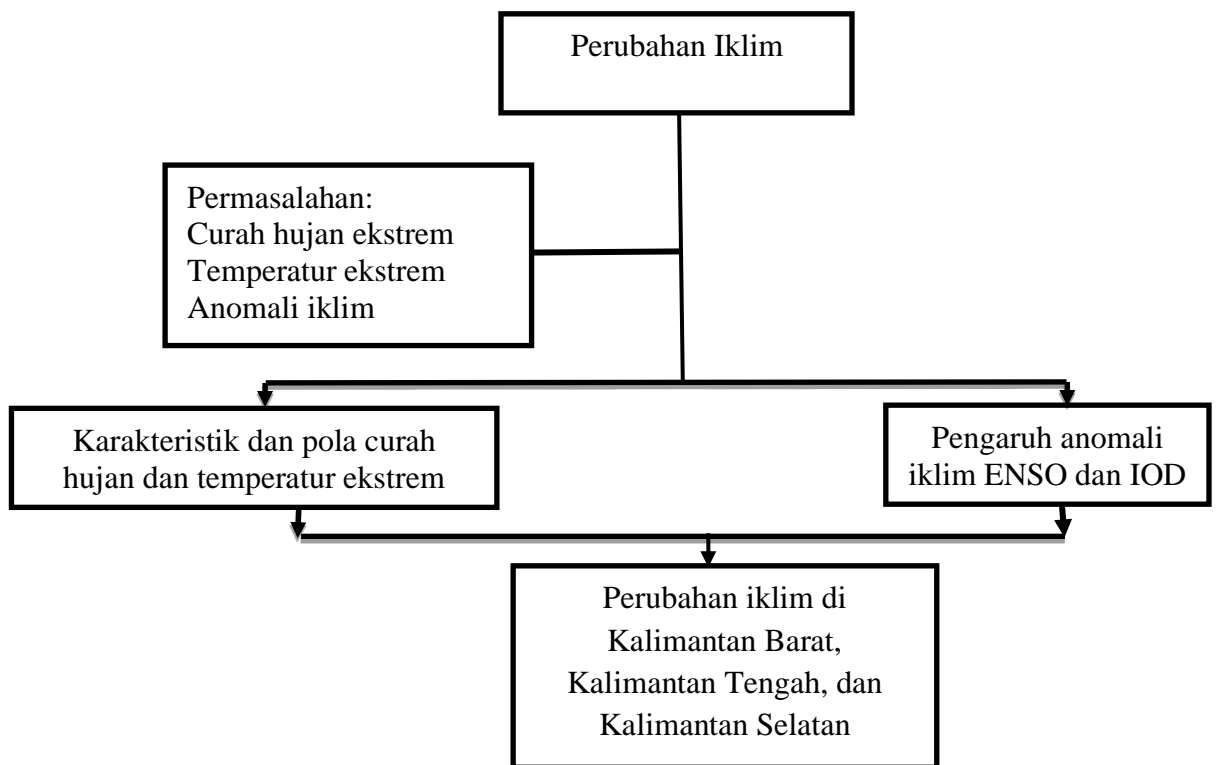
	Weather and Climate Extremes 24 2019	curah hujan di daerah pesisir, pedalaman, dan pegunungan selama 1974-2016.	kuat dengan IOD dan ENSO pada musim kemarau (Jun-Nov), tetapi hubungannya melemah pada musim hujan (Des-Mei).
4	D. O. Lestari, E. Sutriyono, Sabaruddin, and I. Iskandar IOP Conference Series: Journal of Physics 2018	Penelitian ini menganalisis evolusi dinamis dari peristiwa kekeringan di wilayah Indonesia selama 2015 yang berkaitan dengan peristiwa El Niño dan IOD positif.	Selama peristiwa El Niño dan IOD positif terjadi Indonesia mengalami kemarau yang ekstrem. Puncaknya terjadi bersamaan dengan musim kemarau di Indonesia sehingga curah hujan mencapai -450mm/bulan pada September 2015.
5	Supari, F. Tangang, E. Salimun, E. Aldrian, A. Sopaheluwakan, L. Juneng Climate Dynamic 2017	Penelitian ini menganalisis pengaruh fenomena ENSO terhadap curah hujan musiman dan ekstrem di Indonesia. Data yang digunakan berasal dari 97 stasiun diseluruh Indonesia dengan periode dari tahun 1981-2012.	Dampak El Nio sangat menonjol selama Juni-Juli-Agustus (JJA) dan September-Oktober-November (SON), Ketika kondisi kering yang tidak normal melanda Indonesia. Selama fenomena La Niña ekspansi ke arah timur dari anomali yang berlawanan juga ada tetapi kurang menonjol dibandingkan dengan El Niño. Berdasarkan perilaku musiman dan anomali dari CDD dan CWD, maka diusulkan lima sub-divisi wilayah Indonesia untuk El Niño dan La Niña
6	Z. Sa'adi, S. Shahid, T. Ismail, E. Chung, X. Wang Meteorology and Atmospheric Physics 2017	Penelitian ini menganalisis pola perubahan curah hujan ekstrem di Sarawak pada periode 1980-2014. Data yang digunakan berasal dari 31 stasiun.	Uji MK menunjukkan signifikansi curah hujan tahunan dengan level kepercayaan 95% dilima stasiun. Uji m-MK mendeteksi tren peningkatan curah hujan tahunan hanya terdapat di satu stasiun dan tidak ada tren curah hujan musiman yang signifikan di stasiun manapun.

7	<p>I. Iskandar, P. A. Utari, D. O. Lestari, Q. W. Sari, D. Setiabudidaya, M. Y. N. Khakim, I. Yustian dan Z. Dahlan</p> <p>AIP Conf. Proc: International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation (ISEDMD) 2016</p> <p>2017</p>	<p>Penelitian ini mengevaluasi evolusi peristiwa El Niño 2015/2016 dan dampaknya terhadap iklim Indonesia.</p>	<p>Peristiwa El Niño dimulai pada musim semi (April-Mei 2015), puncaknya di akhir musim gugur hingga awal musim dingin (November-Desember 2015) dan berakhir di musim semi (April-Mei 2016). Selama dua dekade terakhir peristiwa El Niño ini merupakan yang terkuat. El Niño menyebabkan kekeringan ekstrem hampir diseluruh wilayah Indonesia. Puncak kekeringan terjadi di musim SON (September-Oktober-November) bertepatan dengan puncak El Niño</p>
8	<p>Supari, F. Tangang, L. Junenga dan E. Aldrian</p> <p>International Journal of Climatology</p> <p>2016</p>	<p>Penelitian ini menganalisis perubahan iklim ekstrem di Indonesia selama tiga decade terakhir yaitu (1983-2012) menggunakan indeks ETCCDI. Indeks dihitung berdasarkan data pengamatan harian dari 88 stasiun.</p>	<p>Secara keseluruhan, ditemukan tren pemanasan yang signifikan dan koheren secara spasial dalam indeks temperatur di Indonesia, konsisten dengan penelitian lain yang dilakukan di berbagai negara di Asia Tenggara. Rata-rata tahunan dari temperatur maksimum harian (TXmean) dan temperatur minimum (TNmean) meningkat secara signifikan sebesar 0,18° C dan 0,3° C. Sebaliknya untuk tren curah hujan ekstrem umumnya tidak signifikan namun kecenderungan pada kondisi basah.</p>
9	<p>Supari, F. Tangang, L. Juneng, E. Aldrian</p> <p>American Institute of Physics</p> <p>2016</p>	<p>Penelitian ini mengkaji secara spasial dan temporal karakteristik temperatur dan curah hujan ekstrem di Borneo dari tahun 1986-2010.</p>	<p>Borneo telah mengalami pemanasan selama tiga dekade terakhir. TXmean dan TNmean meningkat secara signifikan sebesar 0,22° C dan 0,36° C. Jumlah hari hangat (TX90p) dan malam hangat (TN90p) meningkat secara signifikan,</p>

			sedangkan jumlah hari dingin (TX10p) dan malam dingin (TN10p) menurun secara signifikan. Curah hujan menunjukkan kecenderungan lebih basah terlihat dari R20mm, RX1day dan SDII. SDII secara regional menunjukkan tren peningkatan yang signifikan sebesar 0,3 mm/hari per dekade.
10	S. Siswanto, G. J. v. Oldenborgh, G. v. d. Schrier, R. Jilderdab dan B. v. d. Hurkb International Journal of Climatology 2015	Penelitian ini menganalisis tren dan variabilitas temperatur, curah hujan ekstrem, dan perubahan pada siklus diurnal Jakarta dari tahun 1866-2010.	Tren positif pada curah hujan selama 1866-2010 dengan curah hujan melebihi 50mm/hari. Tren terkuat terjadi pada periode 1961-2010 dengan jumlah curah hujan lebih dari 50 dan 100 mm/hari. Terjadi kenaikan temperatur rata-rata tahunan di Jakarta sebesar 1,6°C yang lebih tinggi dibandingkan dengan kenaikan temperatur rata-rata daratan global.
11	M. J. Wooster ¹ , G. L.W. Perry, and A. Zoumas Biogeosciences, 9, 317–340 2012	Penelitian ini menyelidiki hubungan antara kekuatan dan waktu dari peristiwa El Niño , terkait kekeringan dan aktivitas kebakaran di wilayah Kalimantan. Data yang digunakan adalah data dari satelit observasi bumi MODIS dengan periode 1980-2000.	Fenomena El Niño berpengaruh pada curah hujan yang memiliki kontrol kuat terhadap besarnya aktivitas kebakaran yang disebabkan dari berbagai perubahan tutupan lahan, praktik persiapan dan pengapian pada pertanian yang disebabkan oleh manusia yang terjadi setiap tahun diseluruh Kalimantan.

1.7. Kerangka Pikir Penelitian

Dalam menganalisis tren iklim ekstrem wilayah Kalimantan di bawah pengaruh anomali iklim diperlukan kajian tentang karakteristik dan pola curah hujan ekstrem, dan pengaruh anomali iklimnya (ENSO dan IOD). Hasil yang diperoleh diharapkan mampu menggambarkan pola dinamika parameter klimatologi pada wilayah Kalimantan Barat, Tengah, dan Selatan. Dengan diketahuinya karakteristik pola curah hujan ekstrem di wilayah Kalimantan diharapkan dapat dijadikan acuan bagi pemerintah dan masyarakat untuk proses adaptasi dan mitigasi terhadap kebakarakan hutan dan lahan yang terus berulang. Agar mudah dipahami alur kerja yang akan dilakukan peneliti, berikut kerangka penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir

REFERENSI

- Aguilar, E., Barry, A. A., Brunet, M., Ekan, L., Fernandes, A., Massoukina, M., Mbah, J., Mhanda, A., Nascimento, D. J., Peterson, T. C., & Umba, O. T. (2009). *Changes in temperature and precipitation extremes in western central Africa , Guinea Conakry , and Zimbabwe , 1955 – 2006*. 114, 1–11. <https://doi.org/10.1029/2008JD011010>
- Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Anggraini, N., & Trsiakti, B. (2009). *Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Di Provinsi Kalimantan Barat*. 11–20.
- Ariyani, R. N., Muliadi, M., & Adriat, R. (2022). Analisis Kecenderungan Hujan Ekstrem Berbasis Indeks Iklim Ekstrem Periode Tahun 1990-2019 di Kalimantan Barat. *Positron*, 12(1), 49. <https://doi.org/10.26418/positron.v12i1.47312>
- As-syakur, A. R. (2012). *Pola Spasial Hubungan Curah Hujan dengan ENSO dan IOD di Indonesia - Observasi Menggunakan Data TRMM 3B43*. May 2012.
- As-syakur, A. R., Tanaka, T., Osawa, T., & Mahendra, M. S. (2013). Indonesian rainfall variability observation using TRMM multi-satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 34(21), 7723–7738. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.826837>
- Avia, L. ., & Sofiati, I. (2018). *Analysis of El Niño and IOD Phenomenon 2015 / 2016 and Their Impact on Rainfall Variability in Indonesia Analysis of El Niño and IOD Phenomenon 2015 / 2016 and Their Impact on Rainfall Variability in Indonesia*.
- Benson, R. P., Roads, J. O., & Weise, D. R. (2008). Climatic and Weather Factors Affecting Fire Occurrence and Behavior. *Developments in Environmental Science*, 8(December 2008), 37–59. [https://doi.org/10.1016/S1474-8177\(08\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S1474-8177(08)00002-8)
- Bisai, D., Chatterjee, S., Khan, A., & Barman, N. K. (2014). *Application of Sequential Mann-Kendall Test for Detection of Approximate Significant Change Point in Surface Air Temperature for Kolkata Weather Observatory , West Bengal , India Application Of Sequential Mann-Kendall Test For Detection Of Approximate Sig*. 6(02). [Http://Www.Journalcra.Com](http://Www.Journalcra.Com)
- Cai, W., Wang, G., Dewitte, B., Wu, L., Santoso, A., Takahashi, K., Yang, Y., Carréric, A., & Mcphaden, M. J. (2018). Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming. *Nature*.

<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0776-9>

- Capotondi, A. (2020). *ENSO and Pacific Decadal Variability in the Community Earth System Model Version 2* *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 2. <https://doi.org/10.1029/2019MS002022>
- Chen, M., & Li, T. (2018). Why 1986 El Niño and 2005 La Niña evolved different from a typical El Niño and La Niña. *Climate Dynamics*, 51(11), 4309–4327. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3852-1>
- CIFOR. (2002). Fires in Indonesia: causes, costs and policy implications. *Fires in Indonesia: Causes, Costs and Policy Implications*, 38. <https://doi.org/10.17528/cifor/001552>
- E. Guhardja, M. Fatawi, M. Sutisna, T. Mori, S. O. (2000). Rainforest ecosystems of East Kalimantan : El Nino, drought, fire, and human impacts. In *Andrew's Disease of the Skin Clinical Dermatology*.
- Fadholi, A. (2013). *Studi Dampak El Nino Dan Indian Ocean Dipole (IOD)*. 11(1), 43–50.
- Goldammer, J. G. (2007). History of equatorial vegetation fires and fire research in Southeast Asia before the 1997-98 episode: A reconstruction of creeping environmental changes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(1), 13–32. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-9044-7>.
- Giofandi, E., A., Sekarjati, D. (2020). Persebaran Fenomena Suhu Tinggi melalui Kerapatan Vegetasi dan Pertumbuhan Bangunan serta Distribusi Suhu Permukaan. *Jurnal Geografi*, 17 (2), 56-62. doi 10.15294/jg.v17i2.24486.
- Harahap, W. N., Yuniasih, B., & Gunawan, S. (2023). *Dampak La Nina 2021-2022 terhadap Peningkatan Curah Hujan*. 7(1), 26–32.
- Hatmaja, R. B., Rusmanansari, A. H., & Radjawane, I. M. (2014). *The dynamics of negative Indian Ocean Dipole (nIOD) and its relation to the anomalous high rainfall in West Java Province, Indonesia* *The dynamics of negative Indian Ocean Dipole (nIOD) and its relation to the anomalous high rainfall in West Java Prov*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/303/1/012004>
- Healey, J. F. (2012). *A tool for Social Research*. (Ninth). Wadsworth Cengage Learning.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., Page, S., Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., & Page, S. (2006). PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. *Delft Hydraulics Report Q3943 (2006)*, January, 36.
- Iskandar, I., Irfan, M., Syamsuddin, F., Johan, A., & Poerwono, P. (2013). Trend in Precipitation Over Sumatera Under the Warming Earth. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 8(1).

<https://doi.org/10.30536/j.ijreses.2011.v8.a1737>

- Iskandar, I., Utari, P. A., Lestari, D. O., Sari, Q. W., Khakim, M. Y. N., Yustian, I., & Dahlan, Z. (2017). *Evolution of 2015 / 2016 El Niño and its impact on Indonesia Evolution of 2015 / 2016 El Niño and Its Impact on Indonesia. 080001*. <https://doi.org/10.1063/1.4987095>
- Iwakiri, T., Imada, Y., Takaya, Y., Kataoka, T., Tatebe, H., & Watanabe, M. (2023). Triple-Dip La Niña in 2020–23: North Pacific Atmosphere Drives 2nd Year La Niña. *Geophysical Research Letters*, *50*(22), 1–9. <https://doi.org/10.1029/2023GL105763>
- Kirono, D. G. C., Tapper, N., & McBride, J. (1999). *Documenting Indonesian Rainfall In The 1997/1998 El Niño Event. December*. <https://doi.org/10.1080/02723646.1999.10642687>
- Kurniadi, A., Weller, E., Min, S. K., & Seong, M. G. (2021). Independent ENSO and IOD impacts on rainfall extremes over Indonesia. *International Journal of Climatology*, *41*(6), 3640–3656. <https://doi.org/10.1002/joc.7040>
- Langner, A., Miettinen, J., & Siegert, F. (2007). Land cover change 2002–2005 in Borneo and the role of fire derived from MODIS imagery. *Global Change Biology*, *13*(11), 2329–2340. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01442.x>
- Lee, H. S. (2015). *General Rainfall Patterns in Indonesia and the Potential Impacts of Local Seas on Rainfall Intensity*. 1751–1768. <https://doi.org/10.3390/w7041751>
- Lestari, D. O., Sutriyono, E., & Iskandar, I. (2018). *Respective Influences of Indian Ocean Dipole and El Niño- Southern Oscillation on Indonesian Precipitation Datasets and Methods*. *50*(3), 257–272. <https://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2018.50.3.3>
- Lestari, D. O., Sutriyono, E., Sabaruddin, & Iskandar, I. (2018). Severe Drought Event in Indonesia Following 2015/16 El Niño/positive Indian Dipole Events. *Journal of Physics: Conference Series*, *1011*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1011/1/012040>
- Lestari, S., King, A., Vincent, C., Karoly, D., & Protat, A. (2019). Seasonal dependence of rainfall extremes in and around Jakarta, Indonesia. *Weather and Climate Extremes*, *24*(December 2018). <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100202>
- Li, X., Hu, Z. Z., Tseng, Y. heng, Liu, Y., & Liang, P. (2022). A Historical Perspective of the La Niña Event in 2020/2021. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *127*(7), 1–18. <https://doi.org/10.1029/2021JD035546>
- Li, X., Wang, X., & Babovic, V. (2018). Analysis of variability and trends of

- precipitation extremes in Singapore during 1980–2013. *International Journal of Climatology*, 38(1), 125–141. <https://doi.org/10.1002/joc.5165>
- Lim, E., & Hendon, H. H. (2017). Causes and Predictability of the Negative Indian Ocean Dipole and Its Impact on La Niña During 2016. *Scientific Reports*, September, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12674-z>
- Lohberger, S., St, M., Atwood, E. C., & Siegert, F. (2017). *Spatial evaluation of Indonesia ' s 2015 fire-affected area and estimated carbon emissions using Sentinel-1*. June, 1–11. <https://doi.org/10.1111/gcb.13841>
- Manaswini, G., & Sudhakar Reddy, C. (2015). Geospatial monitoring and prioritization of forest fire incidences in Andhra Pradesh, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(10). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4821-y>
- Nabilah, F., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2017). *Analisis Pengaruh Fenomena El Nino Dan La Nina Terhadap Curah Hujan Tahun 1998 - 2016 Menggunakan Indikator Oni (Oceanic Nino Index) (Studi Kasus : Provinsi Jawa Barat)*. 6.
- Nurdiati, S., & Sopaheluwakan, A. (2022). *Joint Distribution Analysis of Forest Fires and Precipitation in Response to ENSO , IOD , and MJO (Study Case :*
- Nurdiati, S., Sopaheluwakan, A., & Septiawan, P. (2021). *Spatial and Temporal Analysis of El Niño Impact on Land and Forest Fire in Kalimantan and Sumatra*. 35(1), 1–10. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.35.1.1-10>
- Nurdiati, S., Sopaheluwakan, A., Septiawan, P., & Ardhana, M. R. (2022). Joint Spatio-Temporal Analysis of Various Wildfire and Drought Indicators in Indonesia. *Atmosphere*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/atmos13101591>
- Pandia, F. S., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2019). *Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah)*. 8(1), 278–287.
- Permatasari, R., Ilhamsyah, Y., Purnawan, S., Setiawan, I., Ramadhaniaty, M., Sutarni, S., & Pristiwantoro, E. C. (2022). The influences of the Indian Ocean Dipole (IOD) on rainfall in South Aceh. *Depik*, 11(3), 306–312. <https://doi.org/10.13170/depik.11.3.25984>
- Prayoga, M. B. R., Yananto, A., & Kusumo, D. A. (2017). Analisis Korelasi Kerapatan Titik Api Dengan Curah Hujan Di Pulau Sumatera Dan Kalimantan Correlational Analysis between Hotspots Density and Rainfall in Sumatera and Kalimantan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1), 17–24.
- Prinz, D. (2009). Contributor and Victim - Indonesia's Role in Global Climate Change with Special Reference to Kalimantan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 1(2), 138–153. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol1.iss2.art5>

- Qiu, Y., Cai, W., Guo, X., & Ng, B. (2014). The asymmetric influence of the positive and negative IOD events on China's rainfall. *Scientific Reports*, 4, 1–6. <https://doi.org/10.1038/srep04943>
- Ratnawati, H. I., Makarim, S., & Yu, W. (2024). A strange negative Indian Ocean Dipole (IOD) in 2022. *BIO Web of Conferences*, 106, 1–10. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410603002>
- Sa, Z., Shahid, S., Ismail, T., Chung, E., & Wang, X. (2017). Trends analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using Trends analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using modified Mann – Kendall test. *Meteorology and Atmospheric Physics*, June. <https://doi.org/10.1007/s00703-017-0564-3>
- Safri, A. (2021). Rainfall variability study in Kalimantan as an impact of climate change and El Niño. *AIP Conference Proceedings*, 2320(March). <https://doi.org/10.1063/5.0039480>
- Sarmiasih, M., & Pratama, P. Y. (2019). The Problematics Mitigation of Forest and Land Fire District Kerhutla in Policy Perspective (A Case Study : Kalimantan and Sumatra in Period 2015-2019). *Journal of Governance and Public Policy*, 6(3). <https://doi.org/10.18196/jgpp.63113>
- Siswanto, S., van Oldenborgh, G. J., van der Schrier, G., Jilderda, R., & van den Hurk, B. (2016). Temperature, extreme precipitation, and diurnal rainfall changes in the urbanized Jakarta city during the past 130 years. *International Journal of Climatology*, 36(9), 3207–3225. <https://doi.org/10.1002/joc.4548>
- Supari, Tangang, F., & Aldrian, E. (2016). *Observed changes in extreme temperature and precipitation*. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>
- Supari, Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2016a). Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 37(4), 1979–1997. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>
- Supari, Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2016b). *Spatio-temporal Characteristics of Temperature and Precipitation Extremes in Indonesian Borneo*. 060050. <https://doi.org/10.1063/1.4966888>
- Supari, Tangang, F., Salimun, E., Aldrian, E., Sopaheluwakan, A., & Juneng, L. (2017). ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia. *Climate Dynamics*, 0(0), 0. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-4028-8>
- Suhadi, Iskandar, I., Supari, Irfan, M., Akhsan, H. (2023). Extreme Drought Assessment in Sumatra-Indonesia Using SPI and EDI. *Science and Technology Indonesia*, 8 (4). <https://doi.org/10.26554/sti.2023.8.4.691-7001>
- Tan, M. L., Juneng, L., Tangang, F. T., Chung, J. X., & Radin Firdaus, 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. <https://doi.org/10.1002/joc.6864>
- Tank, A. M. G. K., Zwiers, F. W., & Zhang, X. (2009). *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. 72.
- Tim Agroklimatologi PPKS. (2015). *Kondisi Indian Oscillation Dipole (IOD), El Nino Southern Oscillation (ENSO), Curah Hujan di Indonesia , dan Pendugaan Kondisi Iklim 2016 (Update Desember 2015)*.
- Wang, X. L., & Feng, Y. (2013). *RHtestsV4 User Manual*. July.
- Widjaja. (2014). *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014*. In *Igarss 2014* (Issue 1).
- Wooster, M. J., Perry, G. L. W., & Zoumas, A. (2012). Fire, drought and El Niño relationships on Borneo (Southeast Asia) in the pre-MODIS era (1980-2000). *Biogeosciences*, 9(1), 317–340. <https://doi.org/10.5194/bg-9-317-2012>
- Yamagata, T., Behera, S. K., Luo, J., Masson, S., Jury, M. R., & Rao, S. A. (2004). *Coupled Ocean-Atmosphere Variability in the Tropical Indian Ocean*. 1–23.
- Yulianti, N., & Hayasaka, H. (2013). Recent Active Fires under El Nino Conditions in Kalimantan, Indonesia. *American Journal of Plant Sciences*, 04(03), 685–696. <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.43a087>
- Yulihastin, E. (2010). *Mekanisme interaksi monsun asia dan enso*. 99–105.