

ANALISIS DINAMIKA CURAH HUJAN DAN TEMPERATUR EKSTREM DI PESISIR TIMUR SUMATERA

DISERTASI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor (Dr) bidang Ilmu MIPA pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya



Oleh
HAMDI AKHSAN
0813681823006

**PROGRAM STUDI DOKTOR/(S3) ILMU MIPA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DINAMIKA CURAH HUJAN DAN TEMPERATUR EKSTREM
DI PESISIR TIMUR SUMATERA**

DISERTASI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh gelar Doktor Bidang Ilmu MIPA**

**Oleh
HAMDI AKHSAN
NIM : 0813681823006**

Palembang, 17 Juli 2023

Promotor



**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc
NIP 1972100141997021001**

Ko-Promotor



**Prof. Dr. Muhammad Irfan, M.T.
NIP 196409121990031003**

Dekan

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam
Universitas Sriwijaya**



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
IP. 197111191997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Disertasi dengan judul "Analisis Dinamika Curah Hujan dan Temperatur Ektrem di Wilayah Pesisir Timur Sumatera" telah diseminarkan dihadapan tim penguji ujian akhir sidang tertutup pada program studi S3 Ilmu MIPA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dengan bidang kajian Fisika Atmosfer dan Perubahan Iklim pada tanggal 17 Juli 2023 dan dinyatakan lulus dalam ujian akhir sidang tertutup disertasi tersebut.

Palembang, 17 Juli 2023

Tim Pembimbing:

1. Promotor
Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc
NIP 1972100141997021001


()

2. Ko-Promotor
Prof. Dr. Muhammad Irfan, M.T.
NIP 196409121990031003

()

Penguji Internal:

1. **Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si**
NIP 197009141997021004

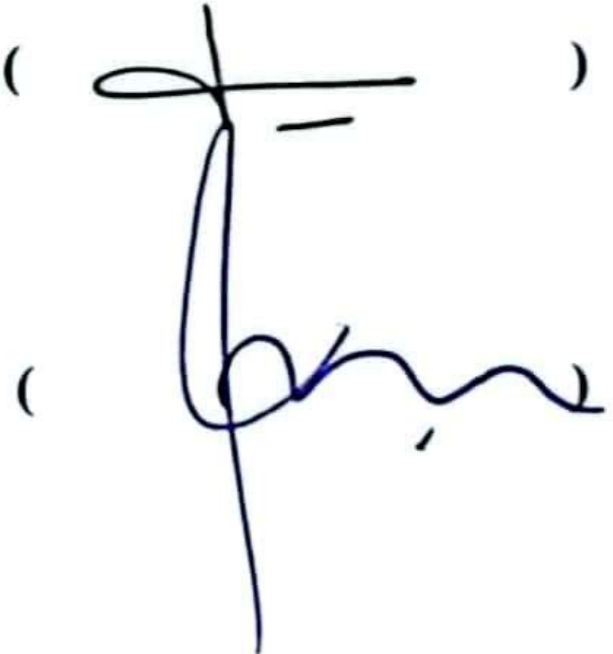
()

2. **Dr. Wijaya Mardiansyah, M.Si**
NIP 197303051998031003

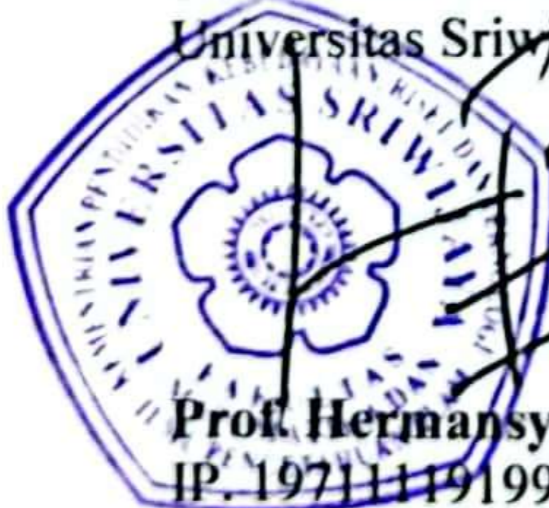
()

Penguji Eksternal:


Dr. Rahmat Hidayat
NIP 197403012000031001

()

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Sriwijaya


Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
IP. 197111191997021001

Koordinator Program Studi S3
Ilmu MIPA FMIPA Universitas Sriwijaya


Dr. Hary Widjajanti, M.Si.
NIP. 196112121987102001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Disertasi ini kepada Allah Subhanahu wa ta'ala Pemilik dan Pemelihara alam semesta, disertai doa semoga dimasukkan-Nya ke dalam golongan yang ditinggikan derajatnya karena menekuni dan menyebarkan ilmu pengetahuan, sebagaimana firman-Nya :

يٰۤاَيُّهَا الَّذِيْنَ ءَامَنُوْۤا اِذَا قِيْلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوْۤا فِى الْمَجٰلِسِ فَاَفْسَحُوْۤا
يَفْسَحِ اللّٰهُ لَكُمْ ۗ وَاِذَا قِيْلَ اَنْشُرُوْۤا فَاَنْشُرُوْۤا يَرْفَعِ اللّٰهُ الَّذِيْنَ ءَامَنُوْۤا
مِنْكُمْ وَالَّذِيْنَ اٰتُوْۤا الْعِلْمَ دَرَجٰتٍ ۗ وَاللّٰهُ بِمَا تَعْمَلُوْنَ خَبِيْرٌ ﴿۱۱﴾

"Wahai orang-orang yang beriman, apabila dikatakan kepadamu, berilah kelapangan di dalam majelis-majelis, maka lapangkanlah. Niscaya Allah Swt. akan memberi kelapangan untukmu. Apabila dikatakan, berdirilah kamu, maka berdirilah. Niscaya Allah Swt. akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Allah Swt. Mahateliti apa yang kamu kerjakan." (Surah al-Mujadalah/58: 11)

(Quran Al Muzadallah (58) : 11)

ANALISIS DINAMIKA CURAH HUJAN DAN TEMPERATUR EKSTREM DI PESISIR TIMUR SUMATERA

ABSTRAK

Wilayah Indonesia dipengaruhi oleh sistem monsun yang menyebabkan musim hujan pada bulan Desember-Maret dan musim kemarau pada bulan Juni-September. Pemanasan global yang disebabkan oleh aktivitas manusia meningkatkan risiko kejadian iklim ekstrem seperti banjir, kekeringan, penyebaran penyakit dan lainnya.

Penelitian ini menganalisis perubahan iklim ekstrem dan hubungannya dengan kebakaran hutan dan lahan di wilayah Pesisir timur Sumatera selama empat dekade (1981-2019) berdasarkan indeks curah hujan dan temperatur ekstrem yang direkomendasikan oleh Tim Ahli Deteksi Perubahan Iklim dan Indeks (ETCCDI). Indeks ekstrem dihitung berdasarkan data pengamatan harian yang dikontrol kualitasnya dari delapan stasiun cuaca. Indeks temperatur ekstrem yang dipilih meliputi 7 indeks yakni: TMaxmean, TMinmean DTR, TXx, TNx, TXn, dan TNn. Indeks curah hujan yang dipilih meliputi 2 indeks PRCPTOT dan CDD. Secara keseluruhan, tren indeks temperatur ekstrem meningkat secara signifikan dengan peningkatan perdekade masing-masing untuk Tmaxmean 0,266°C, TMinmean 0,261°C, TXx 0,261°C, TNx 0,202°C, TXn 0,292°C, TNn 0,297°C, dan hanya DTR yang negatif 0,0131 °C. Untuk curah hujan ekstrem umumnya tidak signifikan. Namun, kecenderungan ke arah kekeringan teramati. CDD meningkat 1,23 hari per dekade, konsisten dengan hasil skala global dan PRCPTot turun 17,46 mm/dekade.

Uji korelasi indeks temperatur ekstrem dengan indeks DMI periode ASON memberikan hasil signifikan pada taraf 99% untuk Tmaxmean dan TXx untuk indeks lainnya juga signifikan, khusus TNx tidak signifikan namun menunjukkan kecenderungan positif. Uji korelasi indeks indeks Niño3.4 terhadap indeks temperatur ekstrem hanya memberikan hasil yang signifikan 97,5% untuk DTR, untuk indeks Tmaxmean dan TXx signifikan 95%, indeks temperatur lainnya berkorelasi positif namun tidak signifikan. Uji korelasi indeks curah hujan ekstrem dengan indeks DMI periode ASON positif. CDD meningkat dengan nilai indeks DMI semakin positif. Korelasi antara DMI dengan PRPTTot dan R50 negatif menunjukkan makin positif DMI maka PRCPTot menurun. indeks Nino 3.4 dan CDD berkorelasi positif dengan peningkatan indeks Nino 3.4 yang konsisten dengan peningkatan durasi musim kemarau. Nino 3.4 berkorelasi negatif dengan PRCPTot. Durasi CDD pada peristiwa El-Niño kuat tahun 1997, 2015, dan 2019 berdampak signifikan terhadap kebakaran hutan dan lahan di Pesisir timur Sumatera. Dapat disimpulkan bahwa telah terjadi peningkatan temperatur rata-rata siang hari/malam hari sebesar 0,26-029°C, musim kemarau semakin panjang dan curah hujan total menurun di pesisir timur sumatera. Hasil ini bermanfaat untuk pengambilan kebijakan pencegahan kebakaran hutan dan lahan di wilayah pesisir timur Sumatera.

Kata Kunci : Perubahan Iklim, ENSO/IOD, Temperatur dan Curah Hujan Ekstrem

ANALYSIS OF RAINFALL DYNAMICS AND EXTREME TEMPERATURES IN THE EAST COAST OF SUMATRA

ABSTRACT

The Indonesian region is influenced by monsoon systems, resulting in a rainy season from December to March and a dry season from June to September. Due to global warming caused by human activities, the risk of extreme weather events such as floods, droughts, disease outbreaks, and others has increased.

This research analyzes the changes in extreme climate and their relationship with forest and land fires in the East Coast of Sumatra region over four decades (1981-2019) based on the recommended extreme rainfall and temperature indices by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (*ETCCDI*). The extreme indices were calculated based on quality-controlled daily observational data from eight weather stations. Seven temperature indices were selected, namely TMaxmean, TMinmean, DTR, TXx, TNx, TXn, and TNn, along with two rainfall indices, PRCPTOT and CDD. Overall, the trends in extreme temperature indices showed a significant increase with a per-decade increase of 0.266°C for Tmaxmean, 0.261°C for TMinmean, 0.261°C for TXx, 0.202°C for TNx, 0.292°C for TXn, 0.297°C for TNn, and a negative trend of 0.0131°C for DTR. As for extreme rainfall, it generally showed non-significant trends, but a tendency towards drought was observed. CDD increased by 1.23 days per decade, consistent with global-scale findings, while PRCPTOT decreased by 17.46 mm/decade.

Correlation tests between extreme temperature indices and the DMI index for the ASON period yielded significant results at the 99% level for Tmaxmean and TXx, and for the other indices as well, except for TNx which showed a non-significant but positive trend. Correlation tests between the Niño 3.4 index and extreme temperature indices showed significant results at the 97.5% level for DTR, and at the 95% level for Tmaxmean and TXx. The other temperature indices exhibited positive correlations but were not significant. Positive correlations were observed between extreme rainfall indices and the DMI index for the ASON period. CDD increased with more positive DMI values. Negative correlations were found between DMI and PRCPTOT and R50, indicating that higher DMI values corresponded to a decrease in PRCPTOT. The Niño 3.4 index and CDD showed positive correlations with an increasing Niño 3.4 index, consistent with the prolonged dry season. Niño 3.4 exhibited negative correlations with PRCPTOT. The duration of CDD during the strong El Niño events in 1997, 2015, and 2019 significantly impacted forest and land fires in the East Coast of Sumatra.

In conclusion, there has been an increase in average daytime/nighttime temperatures by 0.26-0.29°C, a lengthening of the dry season, and a decrease in total rainfall. It is hoped that the findings of this research will be useful for policy-making regarding the prevention of forest and land fires in the East Coast of Sumatra region.

Key Words: Climate Change, ENSO/IOD, Extreme Rainfall and Temperature

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah Azza wa Jalla. Berkat izin-Nya jua laporan hasil penelitian disertasi dengan topik : Analisis Dinamika Curah Hujan dan Temperatur Ektrem di Wilayah Pesisir Timur Sumatera ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada

1. Dekan FMIPA yang telah memfasilitasi terselenggaranya ujian hasil penelitian disertasi
2. Ketua Program Studi S3 MIPA, selaku koordinator seluruh kegiatan akademik
3. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Promotor yang banyak membimbing dan mengarahkan penelitian disertasi ini
4. Prof. Dr. Muhammad Irfan, MT, selaku ko-promotor yang banyak membantu dan memfasilitasi informasi yang diperlukan.
5. Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si, selaku Reviewer dan Penguji Internal Disertasi.
6. Dr. Wijaya Mardiansyah, M.Si, selaku reviewer dan Penguji Internal Disertasi
7. Dr. Rahmat Hidayat, Dosen Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA-IPB selaku Penguji Eksternal.
8. Admin S3 MIPA, Rekan sejawat dan teman seangkatan yang telah memberikan dukungannya.

Semoga laporan hasil penelitian disertasi bermanfaat untuk semua pihak yang berkepentingan. Atas semua perhatian dan kontribusinya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Persembahan	iv
Abstrak.....	v
Abstract.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Kebaharuan Penelitian.....	5
1.6. Kerangka Pikir Penelitian.....	6

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Iklim Wilayah Indonesia	7
2.2. Monsun	8
2.3. El Niño – Southern Oscillaton (ENSO)	9
2.4. <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD)	13
2.5. Temperatur dan Curah Hujan Ekstrem	16
2.6. Dampak Perubahan Iklim.....	18
2.6.1. Dampak terhadap Sektor Kelautan dan Perikanan.....	18
2.6.2. Dampak terhadap Sektor Pertanian.....	19
2.6.3. Dampak terhadap Sektor Kesehatan.....	21
2.6.4. Dampak terhadap Sumberdaya Air.....	23
2.6.5. Dampak terhadap Sektor Kebencanaan.....	24

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Kajian.....	26
3.2. Data temperatur dan curah hujan.....	26
3.3. Data kebakaran hutan dan lahan.....	27
3.4. Analisis Data.....	28
3.4.1. <i>Quality Control</i> (QC) dan Tes Homogenitas (<i>homogeneity</i>).....	28
3.4.2. Indeks curah hujan dan temperatur ekstrem	28
3.4.3. Analisis Trend dan Besarnya Perubahan	30
3.4.4. Analisis Korelasi.....	31

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. Data dan metode	32
4.1. Kontrol kualitas data Iklim.....	32
4.2. Uji Homogenitas.	35
4.3. Indeks Temperatur Ekstrem	37
4.3.1. Estimasi tren Uji Mann–Kendall (MK) non-parametrik	37
4.3.2. Korelasi IOD dengan Temperatur Ekstrem	42
4.3.2. Korelasi ENSO dengan Temperatur Ekstrem.....	45
4.4. Indeks Curah Hujan Ekstrem.....	47
4.4.1. Estimasi Tren uji mann-kendall non parametrik untuk indeks curah hujan ekstrem.....	47
4.4.2. Korelasi ENSO dengan curah hujan ekstrem	54
4.4.3. Korelasi IOD dengan curah hujan ekstrem.....	57
4.5. Kebakaran Hutan dan lahan di pesisir timur sumatera.....	60
4.5.1. Prediksi dan Proyeksi Kebakaran hutan dan lahan di pesisir timur sumatera terkait curah hujan ekstrem.....	61
4.6. Diskusi dan Pembahasan.....	64

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA.....	68
----------------------------	-----------

DAFTAR ISTILAH DALAM INDEKS IKLIM.....	72
---	-----------

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Kerangka Pikir Penelitian.....	6
Gambar 2.1. Kondisi Laut dan Sirkulasi Atmosfer di wilayah tropis Samudera Pasifik....	11
Gambar 2.2. Kondisi Laut dan Sirkulasi Atmosfer di wilayah tropis Samudera India.....	13
Gambar 2.3. Cara perhitungan Dipole Mode Index dengan mengambil selisih anomali rerata temperatur bagian barat (box-A) dan anomali rerata temperatur bagian timur (box-B).....	15
Gambar 2.4. Luas Sawah Yang Terkena Dampak Kekeringan dan Banjir di Indonesia Periode 1991-2006.....	20
Gambar 2.5. Risiko Perubahan Iklim pada Insiden Penyakit Malaria.....	22
Gambar 3.1. Sebaran Lokasi Stasiun BMKG di 6 Provinsi.....	27
Gambar 4.1. Peta Stasiun BMKG di Pesisir Timur Sumatera.....	33
Gambar 4.2. Output QC data tahunan Temperatur untuk SM Japura Rengat 1981-2020....	34
Gambar 4.3. Output QC data bulanan Temperatur tahun tertentu yang anomali untuk SM Japura Rengat 1981-2020	34
Gambar 4.4. Hasil <i>RH Test</i> untuk data Temperatur harian Maksimum SK Muaro Jambi yang belum homogen.....	35
Gambar 4.5. Hasil <i>RH Test</i> untuk data Temperatur Maksimum harian SK Muaro Jambi yang sudah homogen.....	36
Gambar 4.6. Persentase Signifikansi indeks dengan uji MK Trend.....	38
Gambar 4.7. Estimasi Tren indeks temperatur ekstrem berdasarkan kenaikan dan penurunan.....	40
Gambar 4.8. Tren Estimasi peningkatan indeks temperatur ekstrem 4 dekade (kenaikan per 10 tahun)	41
Gambar 4.9. Perbandingan Tren DMI, TMAXMean, dan TXx Seluruh Stasiun Pesisir timur sumatra.....	44
Gambar 4.10. Tren CDD 8 Stasiun BMKG Pesisir timur sumatra	48
Gambar 4.11. Distribusi Spasial Tren CDD 8 Stasiun Pesisir Timur Sumatera.....	50
Gambar 4.12. Tren PRCPTOT 8 Stasiun Pesisir Timur Sumatera.....	51
Gambar 4.13. Distribusi Spasial Tren PRCPTOT per Stasiun	53

Gambar 4.14. Grafik hubungan CDD Rata-rata, DMI/ indeks Niño3.4.....	61
Gambar 4.15. Grafik Tren gabungan PRCPTOT, DMI dan indeks Niño3.4	62
Gambar 4.16. Grafik hubungan DMI dan indeks Niño3.4 pada ASON dan Karhutla.....	63
Gambar 4.17. Kerapatan dan sebaran hotspot Karhutla di Pesisir timur sumatera pada tahun 2015 dan 2019.....	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Daerah Niño di ekuator Samudera Pasifik.....	12
Tabel 2.2. Indeks Temperatur dan Curah Hujan Ekstrem yang direkomendasikan oleh ETCCDI.....	17
Tabel 2.3. Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Kelautan dan Perikanan.....	18
Tabel 3.1. Lokasi stasiun pengamatan BMKG yang digunakan dalam penelitian.....	26
Tabel 3.2. Provinsi Sumber Data Luas Karhutla Wilayah Pesisir Timur Sumatera.....	27
Tabel 3.3. Indeks Curah Hujan Ekstrem yang Digunakan dalam Penelitian	29
Tabel 4.1. Tren indeks data hasil uji MK non parametrik per stasiun.....	37
Tabel 4.2. Signifikansi Tren Mann-Kendall per Stasiun per Indeks.....	38
Tabel 4.3. Estimasi Tren indeks berdasarkan stasiun individual dalam wilayah Pesisir Timur Sumatera	39
Tabel 4.4. indeks korelasi Pearson antara indeks DMI dengan indeks temperatur.....	43
Tabel 4.5. Signifikansi indeks korelasi Pearson antara DMI dengan indeks temperatur...	43
Tabel 4.6. Indeks korelasi Pearson antara indeks Niño3.4 dengan indeks temperatur Ektrem.....	46
Tabel 4.7. Tingkat Signifikansi korelasi Pearson antara indeks Niño3.4 dengan indeks temperatur Ektrem.....	46
Tabel 4.8. Tren CDD 8 Stasiun Pesisir Timur Sumatera.....	48
Tabel 4.9. Tren PRCPTOT 8 Stasiun Pesisir Timur Sumatera.....	50
Tabel 4.10. Tren indeks curah hujan seluruh stasiun.....	53
Tabel 4.11. Variasi rerata nilai indeks Niño3.4. Rentang 1981-2020.....	54
Tabel 4.12. Korelasi pearson one tile untuk indeks Niño3.4 dan indeks curah hujan ekstrem.....	55
Tabel 4.13. R Kritis korelasi pearson one tile.....	56
Tabel 4.14. Nilai R Kritis untuk indeks Niño3.4 versus Curah Hujan Ekstrem.	56
Tabel 4.15. Variasi rerata nilai DMI Rentang 1981-2020.....	57
Tabel 4.16. Korelasi pearson one tile untuk DMI dengan indeks curah hujan ekstrem.....	58

Tabel 4.17. Signifikansi Korelasi DMI dengan indeks curah hujan ekstrem per stasiun.....	59
Tabel 4.18. Luas Karhutla Pesisir Timur Sumatera 1997-2022.....	60
Tabel 4.19. Katagori Kejadian El Niño Multi Tahun.....	61

BAB I.

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Iklm wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh sistem angin muson (*monsoon*) Asia-Australia yang merupakan sistem angin yang berhembus secara periodik (minimal tiga bulan) dan antara periode yang satu dengan periode yang lain pola angin yang berhembus akan berlawanan dan berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun. Angin muson Asia–Australia akan berhembus dari arah tenggara (daratan Australia) menuju Barat Laut (daratan Asia) pada periode Juni – September dan dikenal sebagai angin muson Tenggara, dan akan berbalik arah dari Barat Lau menuju Tenggara pada periode Desember – Maret dan dikenal sebagai angin muson Barat Laut [Saha, 2010; Webster, 2015]. Selama periode April–Mei terjadi peralihan dari muson Barat Laut menjadi muson Tenggara dan dikenal sebagai musim peralihan I, sedangkan pada bulan Oktober–November terjadi peralihan dari muson Tenggara menjadi muson Barat Laut yang disebut sebagai musim peralihan II. Pengaruh angin muson ini terhadap curah hujan di wilayah Indonesia sangat besar [Aldrian and Susanto, 2003; Lestari et al., 2018]. Secara umum, sebagain besar wilayah Indonesia akan mengalami musim hujan (*rainy season*) pada periode muson Barat Laut (Desember-Maret), dan sebaliknya akan mengalami musim kemarau (*dry season*) pada periode muson Tenggara (Juni-September). Secara khusus, pola curah hujan di wilayah Indonesia dibagi menjadi tiga, yaitu pola ekuatorial, pola muson dan pola hujan lokal [Aldrian and Susanto, 2003]. Pola ekuatorial memiliki 2 puncak musim hujan yang terjadi di bulan-bulan Oktober-November dan Maret-Mei. Sementara itu pola muson menunjukkan satu puncak musim hujan di bulan November-February dan satu puncak musim kering/kemarau di bulan Juli-September. Pola hujan lokal memiliki satu puncak musim hujan di bulan Juni–Juli yang bertolak belakang dengan pola hujan muson.

Di waktu-waktu tertentu, pola angin muson ini akan mengalami gangguan (*disturbance*) yang akan mempengaruhi pola curah hujan. Gangguan ini secara periodik akan muncul dalam skala antar tahunan (*interannual*) yang bersumber dari adanya gangguan dalam proses interaksi antara laut dan atmosfer di wilayah ekuator

Samudera Pasifik maupun di wilayah ekuator Samudera India. Fenomena gangguan terhadap sistem sirkulasi angin muson yang bersumber dari wilayah ekuator Samudera Pasifik dikenal sebagai fenomena *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) [Philander, 1989]. Sementara itu, gangguan yang berasal dari wilayah ekuator Samudera Indian dikenal sebagai *Indian Ocean Dipole* (IOD) [Saji et al., 1999; Webster et al., 1999; Murtugudde et al., 2000]. Kedua fenomena ini sangat mempengaruhi curah hujan di wilayah Indonesia. Pada saat terjadi fenomena *El Niño* dan/atau IOD positif, wilayah Indonesia akan mengalami defisit curah hujan, sedangkan ketika fenomena *La Niña* dan/atau IOD negatif terjadi maka wilayah Indonesia akan menerima curah hujan di atas normal [Aldrian and Susanto, 2003; Hendon, 2003; Saji and Yamagata, 2003; Yamagata et al., 2004; Juneng and Tangang, 2005; Iskandar et al., 2018; Lestari et al., 2018; Utari et al., 2020].

Seiring dengan peningkatan temperatur global, fenomena iklim ekstrem semakin sering terjadi sebagaimana laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tentang laporan khusus dampak pemanasan global sebesar 1,5°C di atas level pra-industri [IPCC, 2018]. Dalam laporan IPCC sebelumnya telah ditunjukkan bahwa penyebab utama pemanasan global adalah aktivitas manusia khususnya pembakaran bahan bakar fosil [IPCC, 2013]. Dilaporkan bahwa aktivitas manusia juga telah berkontribusi terhadap peningkatan frekuensi curah hujan dan temperatur ekstrem [IPCC, 2012]. Penelitian tentang curah hujan dan temperatur ekstrem di Asia telah banyak dilakukan sebelumnya [Choi et al., 2009; Siswanto et al., 2016; Supari et al., 2017, 2018, 2020; Lestari et al., 2020; Tan et al., 2020].

Studi yang dilakukan Siswanto et al. (2016) untuk wilayah Jakarta dengan menggunakan data harian selama 134 tahun menemukan fakta bahwa frekuensi kejadian curah hujan ekstrem (>50 mm/hari) memiliki tren positif selama kurun waktu 1866–2010, dimana tren positif terbesar terjadi selama periode 196 – 2010. Sementara itu, temperatur tahunan di Jakarta mengalami peningkatan sebesar 1,6°C/abad. Intensitas dan frekuensi curah hujan ekstrem di wilayah Jakarta memiliki hubungan yang signifikan dengan fenomena ENSO dan IOD, khususnya pada musim kering di bulan Juni – November, tetapi hubungan tersebut melemah di musim penghujan [Lestari et al., 2020]. Studi ini menggunakan data curah hujan

harian di tiga lokasi yang merepresentasikan wilayah pesisir, wilayah daratan pedalaman dan wilayah pegunungan selama periode 1974–2016.

Penelitian tentang curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah Indonesia telah dilakukan sebelumnya [Supari *et al.*, 2017]. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya tren pemanasan dalam indeks temperatur ekstrem berdasarkan data yang terekam di 88 stasiun pengamatan yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia selama kurun waktu 1983–2012. Rerata tahunan temperatur maksimum dan temperatur minimum menunjukkan kenaikan secara berturut-turut sebesar 0,18°/dekade dan 0,30°/dekade. Sementara itu, hasil observasi tersebut menunjukkan bahwa curah hujan ekstrem memiliki kecenderungan menuju kondisi yang lebih basah (*wetter condition*). Intensitas curah hujan harian telah meningkat secara signifikan sebesar rata-rata 0,21 mm/hari/dekade di seluruh wilayah Indonesia selama periode 1983–2012. Studi ini juga menunjukkan bahwa tren menuju kondisi basah (*wetter condition*) indeks curah hujan ekstrem lebih terlihat di bulan-bulan Desember–Januari–Februari (DJF) dan/atau Maret–April–Mei (MAM). Akan tetapi, untuk wilayah yang berada di bagian Selatan ekuator menunjukkan kecenderungan pengeringan yang diamati selama periode Juni–Juli–Agustus (JAS), September–Oktober–November (SON) dan MAM.

Dengan menggunakan data curah hujan harian yang terekam pada 87 stasiun pengamatan curah hujan yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia, Supari *et al.* (2018) menganalisis dampak ENSO terhadap curah hujan ekstrem selama kurun waktu 1981 – 2012. Studi ini menunjukkan bahwa dampak El-Niño sangat menonjol selama JJA dan SON, ketika kondisi kering yang tidak normal melanda Indonesia. Akan tetapi, mulai SON anomali basah muncul di Sumatera bagian utara, kemudian meluas ke arah timur selama DJF dan MAM, menimbulkan kondisi yang kontras dimana wilayah bagian barat Indonesia mengalami kondisi basah, sementara bagian timur mengalami kondisi kering. Berdasarkan karakteristik pola anomali hari kering berturut-turut (*consecutive dry days* – CDD), telah teridentifikasi lima sub-wilayah di seluruh Indonesia yang menunjukkan respons berbeda terhadap seluruh periode terjadinya El Niño. Demikian juga, dengan menggunakan pola anomali hari basah berturut-turut (*consecutive wet days* – CWD), diketahui bahwa wilayah Indonesia dapat dibagi menjadi lima sub-wilayah

yang memiliki pola CWD berbeda sebagai respon terhadap fenomena La Niña.

Meskipun penelitian tentang curah hujan dan temperatur ekstrem untuk wilayah Indonesia telah banyak dilakukan sebelumnya, akan tetapi penelitian sejenis yang difokuskan pada wilayah pesisir timur Sumatera belum pernah dilakukan. Seperti telah ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya bahwa wilayah pesisir timur Sumatera yang didominasi oleh lahan gambut sangat rentan terhadap anomali iklim ekstrem [Worden *et al.*, 2013; Huijnen *et al.*, 2016; Putra *et al.*, 2020a, 2020b]. Karena dampak sosial-ekonomi dari kebakaran lahan gambut akibat pengaruh iklim ekstrem khususnya di wilayah pesisir timur Sumatera, maka penelitian tentang dinamika curah hujan dan temperatur ekstrem dan hubungannya dengan anomali iklim (ENSO dan IOD) dipandang perlu untuk dilakukan.

1.2. Batasan Masalah

Pemanasan global telah menyebabkan peningkatan risiko terkait dampak anomali iklim di Indonesia, seperti banjir, kekeringan, penurunan produktivitas pertanian dan penyebaran penyakit menular nyamuk [Climate, 2003; Marlier *et al.*, 2013; Caminade *et al.*, 2014]. Beberapa studi telah dilakukan untuk memahami perubahan curah hujan dan temperatur di Indonesia [Siswanto *et al.*, 2016; Supari *et al.*, 2017, 2018, 2020; Lestari *et al.*, 2020]. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji *tren* curah hujan dan temperatur ekstrem jangka panjang di wilayah pesisir timur Sumatera belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji secara komprehensif *tren* jangka panjang curah hujan dan temperatur ekstrem dan hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD. Indeks curah hujan dan temperatur ekstrem yang didefinisikan oleh *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) akan digunakan dalam penelitian ini [Zhang *et al.*, 2011]. Penelitian ini akan menggunakan data hasil observasi yang terekam pada 21 stasiun pengamatan yang tersebar di wilayah pesisir timur Sumatera selama kurun waktu 1981 – 2020.

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji secara komprehensif dinamika curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera dan

hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD. Secara khusus, penelitian ini ditujukan untuk menjawab beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera?
2. Bagaimana pengaruh fenomena ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera?
3. Bagaimana hubungan antara curah hujan dan temperatur ekstrem dengan kejadian kebakaran lahan di wilayah pesisir timur Sumatera?

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap berbagai bidang keilmuan yang memiliki hubungan erat dengan dinamika parameter klimatologi dalam bentuk curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera. Melalui kajian yang komprehensif, diharapkan hasil yang diperoleh mampu menggambarkan pola dinamika parameter klimatologi pada lahan gambut di wilayah pesisir timur Sumatera. Dengan diketahuinya karakteristik/pola curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan bagi pemerintah untuk menyusun kebijakan mitigasi terhadap kejadian kebakaran lahan gambut yang terus berulang terjadi.

1.5. Kebaharuan Penelitian

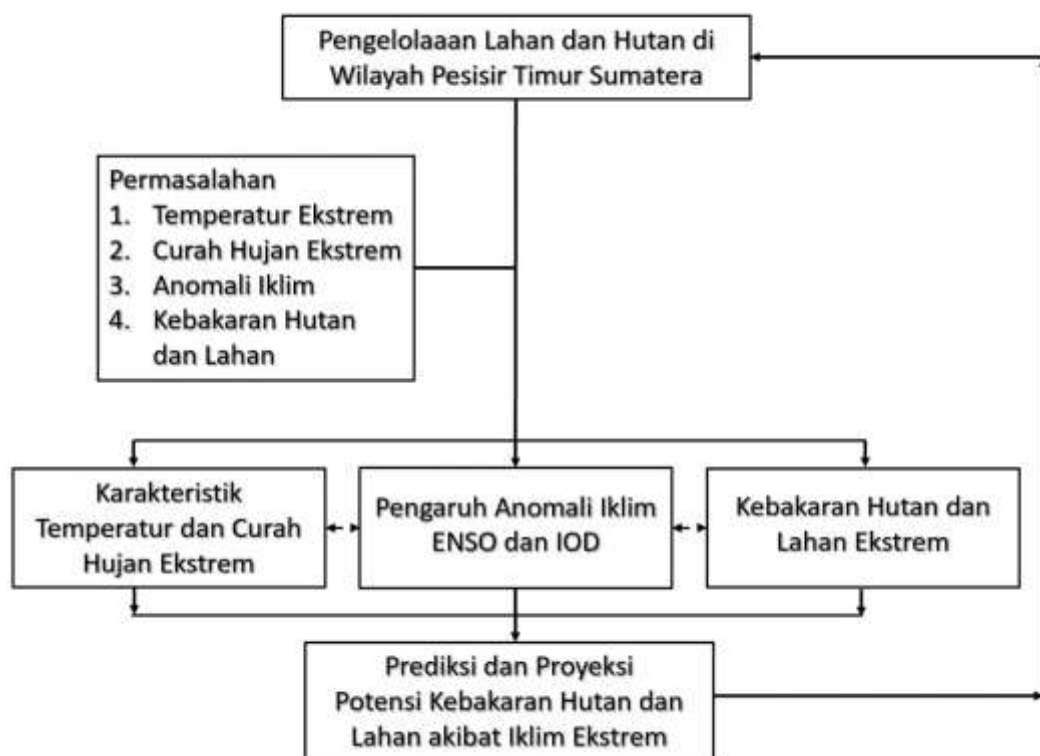
Penelitian-penelitian terdahulu umumnya mengkaji curah hujan dan temperatur ekstrem dalam skala regional dan menghubungkan dinamikanya hanya dengan fenomena ENSO [Supari *et al.*, 2017, 2018]. Penelitian ini akan mengkaji secara komprehensif dinamika curah hujan dan temperatur ekstrem menggunakan data hasil pengukuran di 21 stasiun pengamatan milik Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) selama kurun waktu 1981 – 2020. Ada dua kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah:

1. Kajian terbaru tentang karakteristik curah hujan dan temperatur ekstrem khusus di wilayah pesisir timur Sumatera dan hubungannya dengan kejadian kebakaran lahan gambut.

2. Penelitian ini merupakan kajian pertama yang menganalisis dampak fenomena ENSO dan IOD terhadap pola curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera.

1.6. Kerangka Pikir Penelitian

Dalam mengkaji karakteristik curah hujan dan temperatur ekstrem di wilayah pesisir timur Sumatera serta hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD, akan dilakukan tahapan penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1.1. Kerangka pikir penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams R. M. (n.d.) ECONOMIC IMPLICATIONS OF POTENTIAL ENSO FREQUENCY (1999) 147–159.
- Aguilar E. et al. (2009) Changes in temperatur and precipitation extremes in western central Africa Guinea Conakry and Zimbabwe 1955-2006 *J. Geophys. Res. Atmos.* 114(2) doi:10.1029/2008JD011010.
- Aldrian E. and R. D. Susanto (2003) Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperatur *Int. J. Climatol.* 23(12) 1435–1452 doi:10.1002/joc.950.
- Ashok K. S. K. Behera S. A. Rao and H. Weng (2007) El Niño Modoki and its possible teleconnection *J. Geophys. Res.* 112 1–27 doi:10.1029/2006JC003798.
- Ball A. L. and B. L. Garton (2005) Modeling Higher Order Thinking: The Alignment Between Objectives Classroom Discourse And Assessments *J. Agric. Educ.* 46(2) 58–69 doi:10.5032/jae.2005.02058.
- Bhatti A. S. G. Wang W. Ullah S. Ullah D. F. T. Hagan I. K. Nooni D. Lou and I. Ullah (2020) Tren in extreme precipitation indices based on long term in situ precipitation records over Pakistan *Water (Switzerland)* 12(3) 1–19 doi:10.3390/w12030797.
- Caminade C. S. Kovats J. Rocklov A. M. Tompkins A. P. Morse F. J. Colón-González H. Stenlund P. Martens and S. J. Lloyd (2014) Impact of climate change on global malaria distribution *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111(9) 3286–3291 doi:10.1073/pnas.1302089111.
- Choi G. et al. (2009) Changes in means and extreme events of temperatur and precipitation in the Asia-Pacific Network region 1955–2007 *Int. J. Climatol.* 29 1906–1925.
- Climate C. (2003) Indonesian Rainfall Variability : Impacts of ENSO and Lokal Air – Sea Interaction 1775–1790.
- Hendon H. H. (2003) Indonesian Rainfall Variability: Impacts of ENSO and Lokal Air-Sea Interaction *J. Clim.* 16(11) 1775–1790 doi:10.1175/1520-0442(2003)016<1775:IRVIOE>2.0.CO;2.
- Hermon D. (2014) Impacts of land cover change on climate tren in Padang Indonesia 46(2) 138–142.
- Huijnen V. M. J. Wooster J. W. Kaiser D. L. A. Gaveau J. Flemming M. Parrington A. Inness D. Murdiyarso B. Main and M. Van Weele (2016) Fire carbon emissions over maritime southeast Asia in 2015 largest since 1997 *Sci. Rep.* 6(May) 1–8 doi:10.1038/srep26886.

IPCC (2012) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* edited by C. B. Field et al. Cambridge University Press Cambridge United Kingdom and New York NY USA.

IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* edited by T. F. Stocker D. Qin G.-K. Plattner M. Tignor S. K. Allen J. Boschung A. Nauels Y. Xia V. Bex and P. M. Midgley Cambridge University Press Cambridge United Kingdom and New York NY USA.

IPCC (2018) *IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C.*

Iskandar I. (2016) *Interaksi Laut-Atmosfer SIMETRI* Palembang.

Iskandar I. D. O. Lestari P. A. Utari Supardi Rozirwan M. Y. N. Khakim P. Poerwono and D. Setiabudidaya (2018) Evolution and impact of the 2016 negatif Indian Ocean Dipole *J. Phys. Conf. Ser.* 985(1) doi:10.1088/1742-6596/985/1/012017.

Juneng L. and F. T. Tangang (2005) Evolution of ENSO-related rainfall anomalies in Southeast Asia region and its relationship with atmosphere - Ocean variations in Indo-Pacific sector *Clim. Dyn.* 25(4) 337–350 doi:10.1007/s00382-005-0031-6.

Klein Tank A. M. . F. W. Zwiers and X. Zhang (2009) *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation* Geneva Switzerland.

Lestari D. O. E. Sutriyono S. Sabaruddin and I. Iskandar (2018) Respective Influences of Indian Ocean Dipole and El Niño-Southern Oscillation on Indonesian Precipitation *J. Math. Fundam. Sci.* 50(3) 257–272 doi:10.5614/j.math.fund.sci.2018.50.3.3.

Lestari S. A. King C. Vincent D. Karoly and A. Protat (2020) Seasonal dependence of rainfall extremes in and around Jakarta Indonesia *Weather Clim. Extrem.* 24(December 2018) 100202 doi:10.1016/j.wace.2020.100202.

Marlier M. E. R. S. Defries A. Voulgarakis P. L. Kinney J. T. Randerson D. T. Shindell Y. Chen and G. Faluvegi (2013) El Niño and health risks from landscape fire emissions in southeast Asia *Nat. Clim. Chang.* 3(2) 131–136 doi:10.1038/nclimate1658.

Murtugudde R. J. P. McCreary and A. J. Busalacchi (2000) Oceanic processes

associated with anomalous events in the Indian Ocean with relevance to 1997-1998 *J. Geophys. Res. Ocean.* 105(C2) 3295–3306 doi:10.1029/1999JC900294.

Philander S. (1989) El Niño La Niña and the Southern Oscillation in *Vol. 46* p. 293 Academic Press.

Putra R. E. Sutriyono S. Kadir I. Iskandar and D. O. Lestari (2020a) Dynamical link of peat fires in South Sumatra and the climate modes in the Indo-Pacific region *Indones. J. Geogr.* 51(1) 18–22 doi:10.22146/ijg.35667.

Putra R. E. Sutriyono S. Kadir and I. Iskandar (2020b) Understanding of fire distribution in the South Sumatra peat area during the last two dekades *Int. J. GEOMATE* 16(54) 2186–2990 doi:10.21660/2020.54.8243.

Saha K. (2010) *Tropical Circulation Systems and Monsoons* 1st ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

Saji N. H. and T. Yamagata (2003) Structure of SST and surface wind variability during Indian Ocean Dipole mode events: COADS observations *J. Clim.* 16(16) 2735–2751 doi:10.1175/1520-0442(2003)016<2735:SOSASW>2.0.CO;2.

Saji N. H. B. N. Goswami P. N. Vinayachandran and T. Yamagata (1999) A dipole mode in the tropical Indian Ocean *Nature* 401(6751) 360–363 doi:10.1038/43854.

Siswanto S. G. J. van Oldenborgh G. van der Schrier R. Jilderda and B. van den Hurk (2016) Temperatur extreme precipitation and diurnal rainfall changes in the urbanized Jakarta city during the past 130 years *Int. J. Climatol.* 36(9) 3207–3225 doi:10.1002/joc.4548.

Supari F. Tangang L. Juneng and E. Aldrian (2017) Observed changes in extreme temperatur and precipitation over Indonesia *Int. J. Climatol.* 37(4) 1979–1997 doi:10.1002/joc.4829.

Supari F. Tangang E. Salimun E. Aldrian A. Sopaheluwakan and L. Juneng (2018) ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia *Clim. Dyn.* 51(7) 2559–2580 doi:10.1007/s00382-017-4028-8.

Supari et al. (2020) Multi-model projections of precipitation extremes in Southeast Asia based on CORDEX-Southeast Asia simulations *Environ. Res.* 184(March) 109350 doi:10.1016/j.envres.2020.109350.

Tan M. L. L. Juneng F. T. Tangang J. X. Chung and R. B. R. Firdaus (2020) Changes in temperatur extremes and their relationship with ENSO in Malaysia from 1985 to 2018 *Int. J. Climatol.* 41(S1).

- Thomson R. E. and W. J. Emery (2004) *Data Analysis Methods in Physical Oceanography* Second Edi. Elsevier B.V. New York.
- Tjasyono B. H. (2012) *Meteorologi Indonesia: Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer* Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta.
- Tjasyono B. H. and S. W. B. Harijono (2012) *Meteorologi Indonesia: Awan dan Hujan Monsun* Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta.
- Utari P. A. M. Y. N. Khakim D. Setiabudidaya and I. Iskandar (2020) Dynamics of 2015 positive Indian Ocean Dipole *J. South. Hemisph. Earth Syst. Sci.* 69(1) 75 doi:10.1071/es19002.
- Wang X. L. and Y. Feng (2013) RHtestsV4 User Manual *Clim. Res. Div. Atmos. Sci. Technol. Dir. Sci. Technol. Branch Environ. Canada* (July) 29.
- Webster P. J. (2015) Monsoon : Dynamical theory (December).
- Webster P. J. A. . Moore J. P. Loschnigg and R. R. Leben (1999) Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98. *Nature* 401(6751) 356–360 doi:10.1038/43848.
- Worden J. et al. (2013) El Niño the 2006 Indonesian peat fires and the distribution of atmospheric methane *Geophys. Res. Lett.* 40(18) 4938–4943 doi:10.1002/grl.50937.
- Yamagata T. S. K. Behera J. Luo S. Masson M. R. Jury and S. A. Rao (2004) Coupled ocean-atmosphere variability in the tropical Indian Ocean *Geophys. Monogr. Ser.* 147 189–211 doi:10.1029/147GM12.
- Zhang X. L. Alexander G. C. Hegerl P. Jones A. K. Tank T. C. Peterson B. Trewin and F. W. Zwiers (2011) Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperatur and precipitation data *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 2(6) 851–870 doi:10.1002/wcc.147.