

Prediksi Perubahan Iklim Ekstrem di Kota Palembang dan Kaitannya dengan Fenomena *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) Berbasis *Machine Learning*

Melly Ariska^{1*}, Hamdi Akhsan², Muhammad Muslim³, Muhammad Romadoni⁴ dan Fena Siska Putriyani⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya Ogan Ilir Sumatera Selatan Indonesia-30662

*E-mail: mellyariska@fkip.unsri.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan prediksi keadaan iklim dan trend kenaikan suhu di kota Palembang di abad 21. Data stasiun BMKG yang digunakan yaitu SK Palembang dan SM SMB II dari periode 2000-2020 dianalisis berdasarkan kesepakatan *Expert Team for Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI). Analisis dengan menggunakan *google colab* menunjukkan bahwa curah hujan di kota Palembang memiliki variabilitas yang cukup tinggi dan terjadinya penurunan jumlah hari hujan yang terjadi di Kota Palembang dengan trend suhu udara yaitu TMAXmean dan TMINmean mengalami kenaikan secara signifikan yaitu sebesar 2,4°C selama 50 tahun. Berdasarkan analisis korelasi antara curah hujan dan *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) dengan *google colab* didapatkan hubungan yang negative. Indeks *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) yang digunakan adalah Indeks Niño 3.4. Studi menyimpulkan bahwa meskipun letak geografis kota Palembang terletak di daerah Monsun Asia, fenomena ENSO tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabilitas curah hujan di kota Palembang.

Kata kunci: Perubahan Iklim, ENSO, Curah Hujan, Niño 3.4, *Machine Learning*, Kota Palembang

Abstract

The purpose of this study is to provide predictions of climate conditions and trend of temperature rise in the city of Palembang in the 21st century. The BMKG station data used, namely SK Palembang and SM SMB II from the 2000-2020 period were analyzed based on the agreement of the Expert Team for Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Analysis using google colab shows that rainfall in the city of Palembang has a fairly high variability and a decrease in the number of rainy days that occur in the city of Palembang with the trend of air temperature, namely TMAXmean and TMINmean, has increased significantly by 2.40C for 50 years. Based on the correlation analysis between rainfall and El Niño-Southern Oscillation (ENSO) with Google Colab, a negative relationship was found. The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) index used is the Niño 3.4 index. The study concluded that although the geographical location of Palembang city is located in the Asian Monsoon area, the ENSO phenomenon does not significantly affect rainfall variability in Palembang city.

Keywords: Climate Change, ENSO, Rainfall, Niño 3.4, Machine Learning, Palembang City

PENDAHULUAN

Perubahan iklim mengacu pada perubahan suhu dan pola cuaca dalam jangka panjang. Pergeseran ini mungkin bersifat alami, tetapi sejak periode 1800-an, aktivitas manusia telah menjadi pendorong utama perubahan iklim, terutama dengan pembakaran bahan bakar fosil (seperti batu bara, minyak, dan gas) yang menghasilkan gas yang memerangkap panas. Karakteristik perubahan iklim ditandai dengan perilaku curah hujan di Wilayah

Indonesia yang dapat dianalisis secara akurat berdasarkan data iklim dari stasiun meteorologi (Tanaka & Yamanaka, 1985; Yamanaka, 2016). Namun untuk analisis spasial, hal ini sangat ditentukan oleh kerapatan jaringan penakar hujan. Akhir-akhir ini hampir semua wilayah daratan mengalami lebih banyak hari terik dan gelombang panas. Tahun 2020 adalah salah satu tahun terpanas yang pernah tercatat. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan penyakit yang berhubungan dengan panas dan dapat membuat orang lebih

sulit bekerja dan beraktivitas. Kebakaran hutan lebih mudah terjadi dan lebih cepat menyebar ketika kondisi lebih panas (Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer, 2014). Indonesia merupakan satu kawasan daerah tropis yang unik di mana dinamika atmosfernya dipengaruhi oleh kehadiran angin pasat, aliran angin monsun, iklim marine dan pengaruh berbagai kondisi lokal (Ahmed, 2015). Cuaca dan iklim di Indonesia mempunyai karakteristik khusus yang hingga kini mekanisme proses pembentukannya belum banyak diketahui. Iklim dapat didefinisikan sebagai ukuran statistik cuaca untuk jangka waktu tertentu dan cuaca menyatakan status atmosfer pada sembarang waktu tertentu. Dua unsur utama iklim adalah suhu dan curah hujan. Indonesia sebagai daerah tropis ekuatorial mempunyai variasi suhu yang kecil, sementara variasi curah hujannya cukup besar. Oleh karena itu curah hujan merupakan unsur iklim yang paling sering diamati dibandingkan dengan suhu (Chang et al., 2005).

Secara umum curah hujan di wilayah Indonesia didominasi oleh adanya pengaruh beberapa fenomena, antara lain sistem Monsun Asia-Australia, El Niño Southern Oscillation (El Niño dan La Niña), sirkulasi Timur-Barat (*Walker Circulation*) dan Utara-Selatan (*Hadley Circulation*) serta beberapa sirkulasi karena pengaruh lokal. Variabilitas curah hujan di Indonesia sangatlah kompleks dan merupakan suatu bagian “chaotic” dari variabilitas monsun (Torrence & P. Compo, 1998). Monsun dan pergerakan ITCZ (*Inter-Tropical Convergence Zone*) berkaitan dengan variasi curah hujan tahunan dan semi-tahunan di Indonesia, sedangkan fenomena El Niño dan Dipole Mode berkaitan dengan variasi curah hujan antar-tahunan di Indonesia. Telah diketahui bahwa peristiwa El Niño dan Indian Ocean Dipole (IOD) positif menyebabkan hujan defisit di wilayah Indonesia (Hendon, 2003; Tangang & Juneng, 2004). Ini menyebabkan peristiwa iklim ekstrim di Indonesia memicu banyak masalah lingkungan. Misalnya, kebakaran hutan di Provinsi Sumatera Selatan tahun 2015/2016 telah menyebabkan hilangnya hutan yang cukup luas di Provinsi Sumatera Selatan dan kabut asap yang sangat ekstrim

dalam waktu yang lama. Perubahan iklim global dapat meningkatkan kejadian-kejadian ekstrim seperti curah hujan ekstrim, suhu udara ekstrim, dan intensitas badai. Studi mengenai pemetaan curah hujan perlu dilakukan untuk mengantisipasi curah hujan ekstrim dan meminimalkan dampak dari perubahan iklim global (Lestari et al., 2019; Nur'utami & Hidayat, 2016).

Perubahan iklim dan cuaca yang ekstrim menimbulkan berbagai masalah, antara lain gangguan kesehatan akibat wabah penyakit, nelayan yang tidak berani melaut akibat ombak tinggi, petani yang gagal panen serta kerawanan sosial lainnya. Berkaitan dengan masalah di bidang pertanian (ketahanan pangan) yang melanda belahan dunia, produksi padi merupakan tanaman yang rentan terhadap kejadian ekstrim seperti El-Niño dan La-Niña (Cavazos, 2000; Sipayung et al., 2007; William J. Emery and Richard E. Thomson, 2016). Pada saat terjadinya El-Niño, suhu permukaan laut di Samudra Pasifik menjadi hangat dan menyebabkan terjadinya musim kemarau yang kering dan panjang di Indonesia, akibatnya lahan tanaman padi mengalami kekeringan dan produksi padi menurun. Sedangkan pada saat terjadinya La-Niña, kelembaban udara dan curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan tanaman akibat banjir, dan meningkatkan intensitas serangan hama dan penyakit tanaman, akibatnya produksi padi menurun dan menyebabkan kerawanan pangan (Ariska et al., 2020a) (Ariska et al., 2020b).

Beberapa penelitian yang terkait dengan analisis perubahan iklim antara lain yang dilakukan oleh Yulihastin, (2010) yang menggunakan *software monte carlo* untuk wilayah Kalimantan Barat. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan trend kenaikan suhu yang terjadi di Wilayah Kalimantan Barat berkisar antara 1,8^oC-2,1^oC. Sedangkan penelitian yang menganalisis mengenai variabilitas iklim dengan metode *Double Correlation* dilakukan oleh Rouw et al., (2014) yang menyimpulkan bahwa variabilitas curah hujan di wilayah Indonesia sangat tinggi dan dapat dibagi menjadi 3 wilayah iklim. Pada penelitian ini akan dilakukan dengan *Machine*

Learning Google Colab dan *RClimdex*. Di mana *google colab* digunakan untuk menganalisis curah hujan karena variabilitasnya sangat tinggi sedangkan *RClimdex* digunakan untuk memprediksi tren kenaikan suhu di Kota Palembang dengan variasi data suhu yang memiliki rentang yang tidak terlalu jauh. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah memberikan prediksi keadaan iklim dan tren kenaikan suhu di kota Palembang di masa abad 21.

Fenomena El Nino memicu terjadinya kondisi kekeringan untuk wilayah Indonesia secara umum. Sedangkan La Nina berbeda, di mana suhu permukaan laut di Samudera Pasifik akan mengalami pendinginan pada bagian tengahnya. Dampak fenomena iklim La Nina ialah meningkatkan curah hujan di wilayah Indonesia secara umum. Jika fenomena El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ini terjadi tentu saja sangat berimbang dengan iklim di Indonesia. Khususnya wilayah mosun seperti di Sumatera bagian selatan. Jika curah hujan sangat minim maka tentu saja kebakaran hutan dengan kawasan yang sangat luas dan terjadi dengan durasi waktu yang lama akan menyebabkan bencana kabut asap di sekitar kawasan tersebut dan meningkatkan penyumbangan gas rumah kaca (CO₂) ke atmosfer. Kegiatan pembukaan hutan sebagai lahan pertanian dan perkebunan secara ekstensif selama tahun 1990-an menyebabkan bencana kebakaran selama musim El- Niño 1997-1998 yang menyumbang emisi karbon besar-besaran (Sari, 2016).

Korelasi yang sangat erat terjadi antara kebakaran hutan, tingkat penyumbangan gas rumah kaca (CO₂) ke atmosfer dan peristiwa temperatur ekstrem di Kota Palembang. Mempertimbangkan dampak yang ditimbulkan dari kejadian variabilitas hujan yang besar, polusi udara (CO₂) dan kebakaran hutan yang terjadi di Sumatera Selatan. Peneliti dalam penelitian ini menganalisis kejadian curah hujan ekstrem yang akan dikorelasikan dengan data Indeks Niño 3.4 yaitu indeks ENSO sebagai parameter iklim, kebakaran hutan dan lahan serta polusi gas rumah kaca CO₂, untuk memprediksi rata-rata kejadian curah hujja ekstrem pada akhir abad 21 di kota Palembang.

METODE/EKSPERIMEN

Data penelitian ini merupakan data harian curah hujan dan Indeks Nino 3.4. periode 2000-2020 dari stasiun BMKG, yaitu Stasiun Klimatologi Palembang dan Stasiun Meteorologi Sultan Mahmud Baharudin II yang terletak di wilayah Sumatera Selatan. Detail wilayah dapat dilihat pada Tabel 1. Suhu Maksimum dan Suhu Minimum Kota Palembang juga didapat dari stasiun BMKG dengan rentang waktu lebih Panjang yaitu selama 40 tahun dari tahun 1981-2020. Wilayah Kota Palembang merupakan wilayah yang rentan terjadi kebakaran hutan apabila musim kemarau tiba dan banjir besar saat musim hujan tiba. Musim kemarau ekstrem pernah terjadi yang dimulai dari bulan Juli sampai Oktober tahun 2019, bahkan dibulan Agustus tidak terjadi hujan sama sekali ini menjadi pemicu kebakaran lahan gambut di wilayah Sumatera Selatan, khususnya daerah kota Palembang dan sekitarnya (Bhatti et al., 2020; Irfan et al., 2021). Begitu pun sebaliknya, saat musim hujan tiba, daerah kota Palembang ini sangat rentang dengan bencana banjir. Variabilitas curah hujan yang bervariasi secara ekstrem inilah yang menyebabkan bencana Hidrometeorologi di kota Palembang tidak dapat dihindari.

Tabel 1. Wilayah dan Data Penelitian

Lokasi	Lintang	Bujur	Waktu
Stasiun Klimatologi Palembang	- 2.92732	104.77 197	2000-2020
Stasiun Meteorologi SMB II	- 2.89468	104.70 129	2000-2020

Data temperatur dan curah hujan di *download* dari situs *online* BMKG Kota Palembang <https://dataonline.bmkg.go.id/>, kemudian di kompilasi pertahun dan perstasiun menggunakan Microsoft Excel dan dianalisis dengan *google colab*. Data yang sudah dikompilasi per stasiun diolah menggunakan *Machine Learning* berbasis *Google Colab* dengan menggunakan paket aplikasi dari *Expert Team for Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI). Dengan uji kualitas

data menggunakan *Library* yang ada pada *Google Colab*. Uji Homogenitas dan analisis korelasi curah hujan dan Indeks ENSO untuk mengetahui tren variabilitas curah hujan ekstrem. Data Indeks nino 3.4. yang digunakan berasal dari National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (https://psl.noaa.gov/gcos_wgsp/Timeseries/Data/nino34.long.anom.data).

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

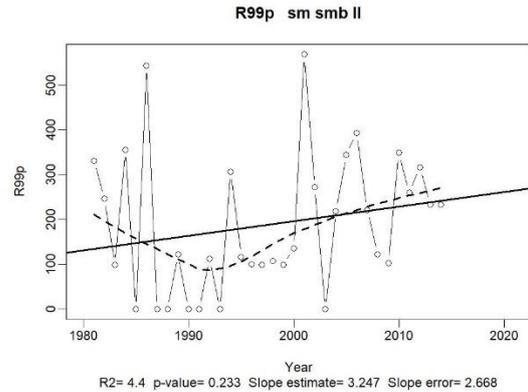
Analisis tren variabilitas curah hujan ekstrem dengan analisis uji normalitas dan uji homogenitas data terlebih dahulu. Prediksi perubahan iklim ekstrem dihitung berdasarkan hasil analisis korelasi Indeks El- Niño 3.4. dan Curah Hujan yang terjadi selama 20 tahun terakhir. Namun untuk data Suhu Maksimum dan Suhu Minimum diambil selama 40 tahun terakhir dikarenakan variabilitas suhu sangat rendah dan perlu diamati dalam rentang waktu yang sangat Panjang agar terlihat trens yang terjadi. Perhitungan nilai koefisien korelasi dapat di hitung dengan persamaan berikut (Fitra S Pandia, Bandi Sasmito, 2019).

$$r_{xy} = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^N \frac{(xi - x) - (yi - y)}{S_x S_y} \quad (1)$$

dimana s_x dan s_y adalah strandar deviasi untuk dua rekaman data. Untuk $r = \pm 1$, titik data (x,y) berada di sepanjang garis lurus dan sampel dikatakan memiliki korelasi sempurna dimana s_x dan s_y adalah nilai standar deviasi masing-masing *time-series*, yang didefinisikan sebagai,

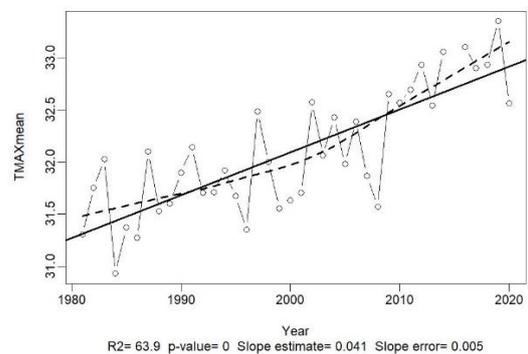
$$s_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Analisis korelasi juga dilakukan terhadap data kebakaran hutan serta data polusi CO², untuk mengetahui hubungan antara data-data tersebut. Hasil yang didapat digunakan dalam memprediksi kejadian-kejadian dimasa yang akan datang khususnya di Wilayah Kota Palembang.



Gambar 1. Trend Curah Hujan (R99p) 40 tahun terakhir SM SMB II

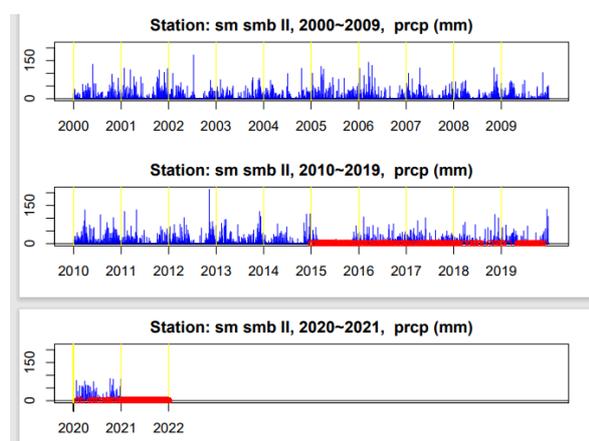
Luaran yang didapat dari RCLimdex dapat dilihat pada Gambar 1 yang menjelaskan bahwa tren perubahan curah hujan selama 40 tahun terakhir variabilitas sangat tinggi dengan laju perubahan sebesar 3,247. Jumlah curah hujan maksimal yang terjadi selama 10 hari dinyatakan dengan R10p. Pada Gambar 1 digambarkan bahwa hasil proyeksi dari tahun 1980 -2020, curah hujan terbesar dalam 10 hari memiliki kecenderungan meningkat dengan nilai persentil yang relatif rendah yaitu sebesar 0,233 mm/hari. Rata-rata curah hujan tertinggi dalam satu hari digambarkan terjadi pada tahun 2002 dengan curah hujan sebesar 530 mm selama 10 hari.



Gambar 2. Tren Suhu Maksimum (TMAXmean) selama 40 tahun terakhir di SM SMB II

Indeks suhu maksimum rata-rata bulanan dinyatakan dengan (TMAXmean) yang digunakan untuk melihat pola dan perubahan yang terjadi pada suhu

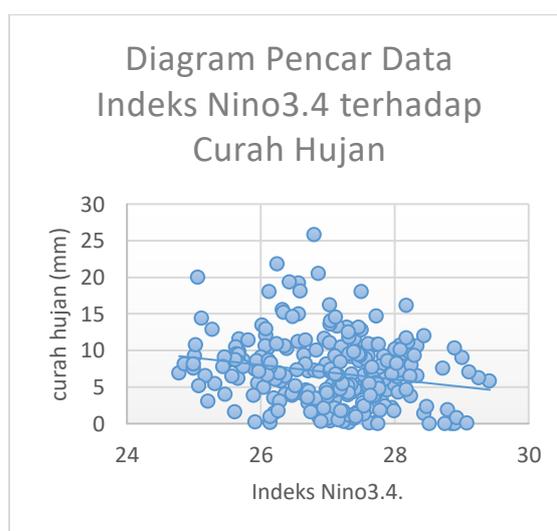
maksimum di Kota Palembang. Penjelasan mengenai pola suhu maksimum dapat dilihat pada Gambar 2 yang menyatakan bahwa suhu maksimum rata-rata meningkat dari periode tahun 1981-2020 dengan laju perubahan cukup ekstrem yaitu sebesar $3,247^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu maksimum terendah rata-rata adalah sebesar 31°C dan tertinggi adalah $33,1^{\circ}\text{C}$. Tren kenaikan suhu maksimum tergambar jelas pada hasil analisis ini. Trendline hasil luaran RCLimdex menunjukkan kenaikan suhu maksimum yang terjadi di kota Palembang pada stasiun Sultan Mahmud Badaruddin II cenderung terus meningkat dari tahun ke tahun.



Gambar 3. Hasil QC data Curah Hujan selama 20 tahun

Gambar 3 menyatakan bahwa *Quality Control* (QC) dari data yang digunakan. Data yang menyimpang akan dianggap sebagai *missing value* sesuai aturan dari ETCCDI. Setelah data melalui tahap *Quality Control* (QC) dan dinyatakan bagus, maka sebelum diolah menggunakan *Google Colab* dan RCLimDex untuk mengetahui indeks curah hujan dan temperatur ekstrem, data harus dihomogenkan terlebih dahulu sesuai aturan dari *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) (Aldrian, 2007; Aldrian & Dwi Susanto, 2003; Mulyana, 2002). Hasil homogenitas data dilihat pada Gambar 3 yaitu hasil QC data Curah hujan SK Palembang, sedangkan data Indeks Niño 3.4 sudah homogen tanpa melalui sistem *adjustments*. Sedangkan data Suhu

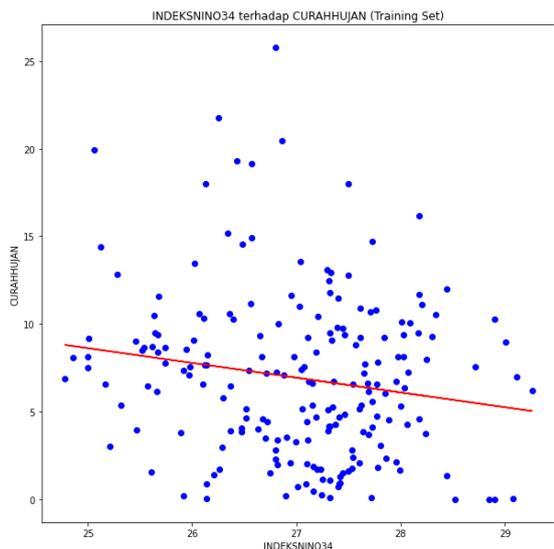
Maksimum dan minimum sudah homogen sehingga tidak memerlukan *adjustmen* dari RHtest. Indeks Perubahan iklim dikategorikan ekstrem apabila distribusi data mengalami tren yang signifikan baik meningkat ataupun menurun. Uji linearitas dilakukan untuk mengetahui tren temperatur ekstrem yang terjadi di Sumatera Selatan khususnya Kota Palembang. Hasil pengolahan data curah hujan dan Indeks Niño 3.4 dengan kategori secara umum mengalami tren negatif, baik di SK Palembang maupun di SM SMB II, yang secara keseluruhan menggambarkan hubungan negative antara variabilitas curah hujan dan indeks Niño 3.4.



Gambar 4. Diagram Pencar Data Indeks Niño 3.4. terhadap Curah Hujan

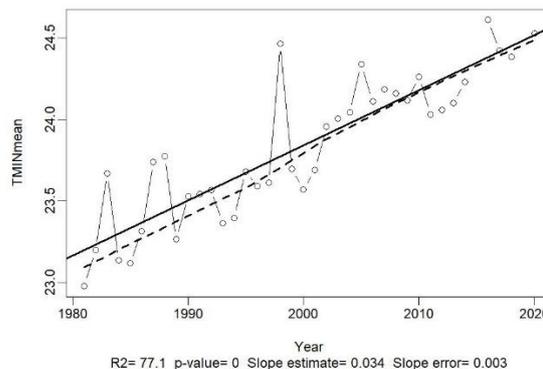
Gambar 4 menyatakan hasil analisis dengan metode regresi linear didapatkan bahwa curah hujan dan Indeks Niño 3.4. di SK Palembang dan SM SMB II memiliki hubungan yang negatif. Nilai konstanta regresi yaitu sebesar 33,735 menunjukkan bahwa besarnya variabel rata-rata curah hujan yang tidak dipengaruhi oleh Indeks Niño 3.4. Pada saat nilai indeks Niño 3.4 sebesar 0, maka rata-rata curah hujan adalah sebesar 33,735. Sedangkan koefisien regresi adalah sebesar - 0,989 berarti Indeks Niño 3,4 memiliki hubungan yang negatif dengan rata-rata variabilitas curah hujan, karena nilainya bernilai negatif. Setiap penurunan sebesar 1 satuan Indeks

Niño 3.4 akan nilai rata-rata curah hujan akan mengalami penurunan sebesar 0,989



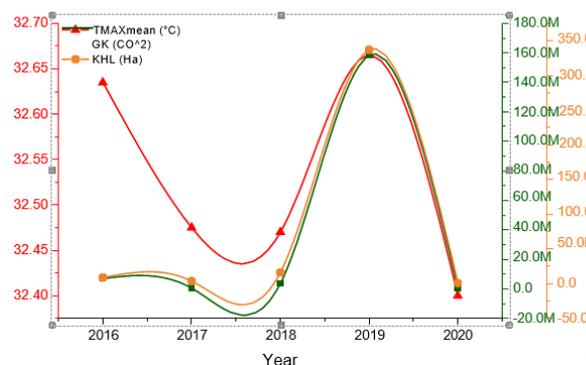
Gambar 5. Tren Indeks Niño 3.4 terhadap Curah Hujan Pada Data *Training Set*

Pada Gambar 5 dijelaskan bahwa pada data *training* dengan *google colab* didapatkan bahwa dua indikator iklim dari curah hujan dan indeks Niño memiliki hubungan **negatif** sama halnya jika dianalisis dengan regresi linear sederhana. Sedangkan untuk **indikator** temperatur ekstrem tahunan yang diprediksi dalam penelitian ini diambil dari rata-rata temperatur maksimum dan temperatur minimum tahunan yang terekam di SK Palembang dan SM SMB II. Prediksi dihitung dengan **menggunakan** tingkat korelasi antara tahun dan rata-rata temperatur yang terjadi di wilayah Sumatera Selatan. Penentuan nilai korelasi (r) dapat dihitung dengan menggunakan nilai y , dan R pada grafik (Muhammad Irfan et al., 2005). Berdasarkan Gambar 6 (a), rata-rata Curah Hujan mengalami **tren** yang sangat bervariasi terhadap fenomena ENSO didapatkan nilai persamaan regresi liniernya adalah : $Y = 33,735 - 0,989X$ dan $R^2 = 0.2277$.



Gambar 6. Tren Suhu Minimum (TMINmean) periode 1981-2020.

Selain terjadinya hubungan yang negatif antara curah hujan dan Indeks Niño 3.4., didapatkan juga perubahan kenaikan temperatur ekstrem yang sangat signifikan selama 40 tahun terakhir yang dimulai dari tahun 1981-2020 yang dijelaskan melalui Gambar 6. Berdasarkan hasil luaran data suhu minimum dapat dilihat bahwa tren kenaikan suhu melebihi kesepakatan dari IPCC yang menyatakan target kenaikan temperatur udara 1.5 sejak pra-industri. Kenaikan juga terjadi untuk rata-rata temperatur minimum berdasarkan grafik gambar (b) didapat nilai $y = 0.074x - 10.85$ dan $R^2 = 0.7102$. Menggunakan hasil tersebut dapat diprediksi rata-rata kenaikan temperatur ekstrem yang terjadi di wilayah Kota Palembang per 10 tahunan, 2030 = 24.5 , 2040 = 24.6 , 2050 = 24.8 , 2060 = 25.1 , 2070 = 25.2 , 2080 = 25.3 , 2090 = 25.5 , 2100 = 25.7 .



Gambar 7. Grafik korelasi TMAXmean, GRK (CO₂) dan KHL (ha)

Berdasarkan Gambar 7 yang merupakan data pengamatan situs resmi

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia melalui situs <http://sipongi.menlhk.go.id/>, terdapat data pelaporan kebakaran hutan dan gas (CO²). Data dimulai dari tahun 2016 sampai 2021. Peneliti menganalisis korelasi data tersebut di hubungkan dengan data kenaikan TMAXmean. Berdasarkan gambar 7, terlihat korelasi yang sangat erat antara TMAXmean, GRK (CO²) dan KHL. Berdasarkan analisis terlihat kenaikan rata-rata temperature maksimum dipengaruhi oleh kebakaran hutandan lahan serta penyumbangan GRK (CO²) ke atmosfer dari kawasan tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis tren perubahan iklim yaitu pada parameter curah hujan dan indeks Niño 3.4 periode 2000-2020 serta tren temperatur ekstrem periode 1981-2020 dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan negatif antara curah hujan dan indeks Niño 3.4 sebagai indikator pengaruh ENSO terhadap variabilitas curah hujan. Temperatur ekstrem yang terjadi di wilayah kota Palembang terjadi kenaikan secara signifikan baik di SK Palembang dan SM SMB II. Hasil analisis ini juga dikorelasikan dengan nilai persamaan regresi dari grafik kenaikan TMAXmean dan TMINmean dapat diprediksi rata-rata temperatur maksimum dan minimum dengan nilai pada 2100 yaitu, 36.1 dan 25.7. Kenaikan temperatur Ekstrem dipengaruhi dengan kebakaran hutan dan lahan terlihat pada gambar 7. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kenaikan temperatur ekstrem adalah dengan mengurangi pembakaran hutan dan lahan sehingga penyumbangan GRK (CO²) ke atmosfer juga berkurang.

REFERENSI

Ahmed, S. (2015). Modulation of East African Precipitation by the Indian Ocean Dipole (IOD) and ENSO. *ProQuest LLC*.
 Aldrian, E. (2007). Decreasing trends in annual rainfalls over Indonesia: A threat for the national water resource? *J. Meteorologi Dan Geofi Sika*, 7(April 2007), 40–49.

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>
 Ariska, M., Akhsan, H., & Muslim, M. (2020a). *DINAMIKA SISTEM MEKANIK NON-HOLONOMIK DENGAN METODE*. 6(1), 20–23.
 Ariska, M., Akhsan, H., & Muslim, M. (2020b). Potential energy of mechanical system dynamics with nonholonomic constraints on the cylinder configuration space. *Journal of Physics: Conference Series*, 1480(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1480/1/012075>
 Bhatti, A. S., Wang, G., Ullah, W., Ullah, S., Hagan, D. F. T., Noon, I. K., Lou, D., & Ullah, I. (2020). Trend in extreme precipitation indices based on long term in situ precipitation records over Pakistan. *Water (Switzerland)*, 12(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/w12030797>
 Cavazos, T. (2000). Using self-organizing maps to investigate extreme climate events: An application to wintertime precipitation in the Balkans. *Journal of Climate*, 13(10), 1718–1732. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<1718:USOMTI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<1718:USOMTI>2.0.CO;2)
 Chang, C. P., Zhuo, W., John, M., & Ching-Hwang, L. (2005). Annual Cycle of Southeast Asia — Maritime Continent Rainfall and the Asymmetric. *Journal of Climate*, 18, 287–301.
 Fitra S Pandia, Bandi Sasmito, A. S. (2019). Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 278–287.
 Hendon, H. H. (2003). Indonesian rainfall variability: Impacts of ENSO and local air-sea interaction. *Journal of Climate*, 16(11), 1775–1790. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<1775:IRVIOE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<1775:IRVIOE>2.0.CO;2)
 Irfan, M., Virgo, F., Khakim, M. Y. N., Ariani, M., Sulaiman, A., & Iskandar, I. (2021). The dynamics of rainfall and temperature on peatland in South Sumatra during the 2019 extreme dry season. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012030>
 Lestari, D. O., Studi, P., Lingkungan, I., Pascasarjana, P., & Sriwijaya, U. (2019). *KAJIAN ANOMALI IKLIM DI KAWASAN INDO-PASIFIK DAN PENGARUHNYA*

TERHADAP IKLIM.

- Mulyana, E. (2002). Hubungan Antara ENSO dengan Variasi Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(1), 1–4.
- Nur'utami, M. N., & Hidayat, R. (2016). Influences of IOD and ENSO to Indonesian Rainfall Variability: Role of Atmosphere-ocean Interaction in the Indo-pacific Sector. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.070>
- Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer, T. C. W. T. (2014). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. *IPCC, Geneva, Switzerland*, 155.
- Rouw, A., Hadi, T. W., K, B. T. H., & Hadi, S. (2014). Analisis Variasi Geografis Pola Hujan di Wilayah Papua Geographic Variation Analysis of Rainfall Pattern in Papua Region. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 38(1), 25–34. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jti/article/view/6245>
- Sari, F. M. (2016). Peramalan Curah Hujan Ekstrim Secara Spasial (Studi Kasus: Curah Hujan Bulanan Di Kabupaten Indramayu). *Sambutan Ketua Panitia*. https://www.researchgate.net/profile/Risni_Yuhan/publication/328449445_Prosidin_g_SEMASTAT_2016/links/5bced5f9a6fdcc204a0138d2/Prosiding-SEMASTAT-2016.pdf#page=105
- Sipayung, S. B., Avia, L. Q., Dasanto, B. D., & Sutikno. (2007). Analisis Pola Curah Hujan Indonesia Berbasis Luaran Model Sirkulasi Global (Gcm). *Jurnal Sains Dirgantara*, 4(2), 145–154. http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal_sains/article/viewFile/669/587
- Tanaka, H., & Yamanaka, M. D. (1985). Atmospheric by the Circulation Mesoscale in the Lower Stratosphere Breakdown Induced Mountain Wave By Hiroshi Tanaka and Manabu D . Yamanaka1 (Manuscript received 19 September 1983 , in revised form 11 October 1985) Abstract. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, December.
- Tangang, F. T., & Juneng, L. (2004). Mechanisms of Malaysian rainfall anomalies. *Journal of Climate*, 17(18), 3616–3622. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<3616:MOMRA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<3616:MOMRA>2.0.CO;2)
- Torrence, C., & P. Compo, G. (1998). Practical Guide Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61–78.
- William J. Emery and Richard E. Thomson. (2016). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*.
- Yamanaka, M. D. (2016). Physical climatology of Indonesian maritime continent: An outline to comprehend observational studies. *Atmospheric Research*, 178–179, 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.03.017>
- Yulihastin, E. (2010). Mekanisme Interaksi Monsun Asia dan Enso. *Berita Dirgantara*, 11(3), 99–105.