

RESEARCH ARTICLE

Ocean Contribution to Coastal Heavy Rainfall During Dry Season (Case Study of Bengkulu 2016-2022)

(Kontribusi Laut Terhadap Hujan Lebat Di Pesisir Selama Musim Kemarau (Studi Kasus Bengkulu 2016-2022))

Muhamad Dadan Firdaus^{1*}, Mega Laksmi Syamsuddin¹, Erma Yulihastin²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21 Jatinangor, Sumedang, Indonesia

²Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Sangkuriang, Dago, Kota Bandung, Indonesia

ABSTRACT

This study aims to determine the contribution of the ocean to the intensity of heavy rainfall in Bengkulu, Indonesia during the dry season (2016-2022). The primary data used in this study is daily rainfall data from the Bengkulu Meteorology Climatology and Geophysics Agency BMKG station. In addition, supporting data are also used in the form of rain parameters, 10 m wind, sea surface temperature, and sea surface currents from ERA5 reanalysis data with daily temporal and spatial resolution of 0.05°. The method used is a composite method that calculates 64 samples of heavy rain. The results showed that low-speed winds formed an eddy in the sea area west of Sumatra which together with heavy rains resulted in an increase in sea surface temperature. In addition, for the 2019 dry season case study, 1 m/s winds near the Bengkulu coast are associated with heavy rainfall (>100 mm) and during the 2022 dry season, 1-4 m/s winds spread from the coast to the Indian Ocean sea, causing rainfall (>50 mm) on the Bengkulu coast and surrounding areas. When sea surface temperatures are high there is the potential for heavy rainfall in areas of low wind speed. The current in each year is different and has a pattern, every year a strong current from the Indian Ocean will move towards the coastal area every 3-year period. When in 2016 the current (>1 m/sec) is in the Indian Ocean, then the following year 2017 the current (>1 m/sec) shifts closer to the coastal area until in 2018 a strong current is on the coast and the following years a stronger current comes from the Indian Ocean.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kontribusi laut terhadap intensitas curah hujan lebat di Bengkulu, Indonesia selama musim kemarau (2016-2022). Data primer yang digunakan dalam kajian ini adalah data curah hujan harian dari stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika BMKG Bengkulu. Selain itu juga digunakan data pendukung berupa parameter hujan, angin 10 m, suhu permukaan laut, dan arus permukaan laut dari data *reanalysis* ERA5 dengan resolusi temporal harian dan spasial 0,05°. Metode yang digunakan yaitu metode komposit yang mengkalkulasi 64 sampel hujan lebat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa angin yang berkecepatan rendah membentuk pusaran di area laut sebelah barat Sumatra yang bersamaan dengan hujan lebat mengakibatkan kenaikan suhu permukaan laut. Selain itu untuk studi kasus musim kemarau tahun 2019, angin berkecepatan 1 m/s di area dekat pesisir Bengkulu berasosiasi dengan hujan lebat (>100 mm) dan ketika musim kemarau tahun 2022 angin berkecepatan (1-4 m/s) menyebar dari pesisir ke arah laut Samudra Hindia, menyebabkan curah hujan (>50 mm) di pesisir Bengkulu dan sekitarnya. Ketika suhu permukaan laut yang tinggi akan berpotensi hujan lebat di area angin yang berkecepatan rendah. Arus pada rentang tahun 2016 - 2022 memiliki perbedaan dan pola tersendiri, setiap tahun arus yang kuat dari Samudra Hindia akan bergerak menuju daerah pesisir setiap periode 3 tahun. Ketika tahun 2016 arus (>1 m/s) berada di Samudra Hindia, maka tahun berikutnya 2017 arus (>1 m/s) bergeser mendekati ke daerah pesisir hingga pada saat tahun 2018 arus yang kuat berada di pesisir dan tahun berikutnya arus yang lebih kuat akan datang setiap tahunnya dari Samudra Hindia ke pesisir pantai secara bertahap.

Keywords: Rainfall, Drought, Bengkulu, ERA5.

*Corresponding author:
Muhamad Dadan Firdaus
E-mail: dadanfirdaus310@gmail.com

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk zona beriklim tropis yang memiliki ciri dengan pergantian musim hujan dan kemarau serta fluktuasi iklim ekstrim yang memiliki

tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana karena faktor alam bencana seperti banjir, angin topan, kekeringan dan kebakaran hutan [1]. Tingkat resiko bencana Indonesia mencapai 10,74% (berada di posisi 33 dari 173 negara), angka tersebut sudah termasuk

kategori resiko tinggi akan bencana alam daripada negara lainnya [2].

Kompleksitas daratan, lautan, dan medan di wilayah *Indonesian Maritime Continent* (IMC) mendorong sistem konvektif atmosfer dengan pola diurnal yang menarik [3]. Siklus diurnal dimodulasi oleh variabilitas skala besar seperti IOD (*Indian Ocean Dipole*), ENSO (*El Nino-Southern Oscillation*), monsoon dan MJO (*Madden Julian Oscillation*). Rata-rata variabilitas curah hujan di IMC juga dipengaruhi oleh banyaknya sinoptik lainnya. Gangguan dari gelombang khatulistiwa, siklon tropis, dan gelombang dingin yang dapat menyebabkan kejadian banjir yang berurutan [4].

Dampak utama bencana akan berpotensi adanya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, ataupun fasilitas umum [5]. Bencana yang sering terjadi di Indonesia yaitu: 1) banjir disebabkan oleh hujan lebat yang melebihi kapasitas, penyaluran sistem pengaliran air yang tidak mampu menampung debit air hujan, dan terbatasnya daerah resapan air akibat dari alih fungsi menjadi daerah penduduk [6], 2) kekeringan terjadi karena ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan baik kebutuhan hidup manusia, pertanian, ataupun kegiatan lainnya [7], 3) gelombang pasang, yaitu gelombang tinggi yang ditimbulkan oleh terjadinya siklon tropis karena pasang surut mendominasi permukaan air laut yang ekstrem di banyak lokasi di Pasifik tropis [8].

Keberadaan siklon tropis akan memberikan dampak tidak langsung terjadinya angin kencang, gelombang tinggi disertai hujan deras [9]. Siklon tropis merupakan sistem tekanan rendah yang mempunyai angin berputar/siklonik yang berasal dari daerah tropis. Siklon terbentuk di atas lautan dengan suhu permukaan laut di atas 27° C tetapi tidak terbentuk di wilayah 40 Lintang Utara dan 40 Lintang Selatan garis khatulistiwa, karena gaya *coriolis* di daerah ini terlalu kecil [10].

Pulau Sumatra merupakan wilayah yang terkena zona ITCZ (*Inter Tropical Convergence Zone*) atau wilayah pertemuan antara angin dari Australia dengan angin dari Asia, dan merupakan daerah dengan seringnya curah hujan lebat atau tinggi bahkan sepanjang tahun [11]. Bagian barat Provinsi Bengkulu memiliki garis pantai ±525 Km yang daratannya relatif sempit dan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Kondisi tersebut menyebabkan wilayah Provinsi Bengkulu menjadi daerah rawan bencana alam seperti banjir,

cuaca buruk, kekeringan, angin puting beliung yang diakibatkan oleh iklim/cuaca [12].

Ketika terjadi tekanan rendah yang berpusat di Samudra Hindia dari sebelah barat daya Sumatra Selatan atau keterlibatan pertemuan perlambatan angin yang berbelok di sekitar Jawa dan Sumatra Selatan yang mengakibatkan atmosfer tidak stabil sehingga terjadi peningkatan potensi curah hujan lebat disertai angin kencang dan petir [13]. Contoh dari data hujan BMKG terdapat hujan lebat terjadi pada tanggal 29 Agustus 2022 pada sore hari dengan curah hujan mencapai 94 mm, bahkan di tahun yang sama terjadi hujan ekstrem sebanyak 3 kali pada tanggal 30 Juni, 21 Agustus dan 2 September 2023 walaupun saat musim kemarau.

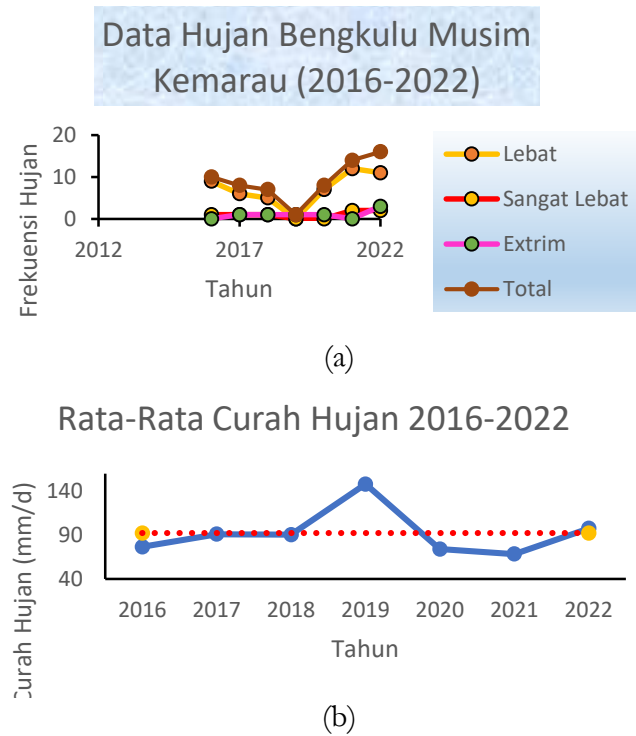
Berdasarkan kondisi diatas, hujan lebat yang ada di daerah Bengkulu berhubungan dengan parameter yang ada di laut, maka penting untuk menganalisis pengaruh kontribusi laut terhadap hujan lebat di pesisir Bengkulu selama musim kemarau.

METODE PENELITIAN

Riset ini berupa studi kasus yang dilakukan menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif. Data yang dipakai berupa data sekunder dengan mengunduh data citra satelit ERA-5. Langkah awal dari penelitian ini dengan mencatat data hujan lebat, sangat lebat dan ekstrem yang ada di Bengkulu pada bulan MJJAS (Mei, Juni, Juli, Agustus, September) selama rentang waktu 2016-2022 melalui catatan BMKG, kemudian membuat frekuensi selama rentang yang telah ditentukan.

Kemudian dilanjut dengan pengunduhan data, data yang digunakan adalah citra satelit ERA5 yang diunduh dari cds.climate.copernicus.eu. Data yang diunduh yaitu data *hourly on single level* pada bulan MJJAS yang telah ditentukan harinya, karena data yang diambil berdasarkan data hujan lebat, sangat lebat dan ekstrem. Setelah pengunduhan, dilanjutkan dengan mengolah data menggunakan bantuan HPC (*High Performance Computing*) BRIN, karena terdapat perintah CDO (*Climate Data Operators*) yang menggabungkan banyak file (.nc) menjadi 1 file dengan perintah “`cdo -b F64 mergetime`”. Setelah itu diolah menggunakan GrADS dan menghasilkan *Output* visualisasi yang diinginkan yaitu data curah hujan, angin, suhu permukaan laut dan arus laut berdasarkan tahun. Dari hasil visualisasi dapat dianalisis perbedaan dari tahun

ke tahun, bagaimana kondisinya dari tahun 2016 hingga tahun 2022.



Gambar 1. Grafik deret waktu selama periode musim kemarau (2016-2022) di Bengkulu untuk (a) frekuensi hujan harian, (b) tren hujan lebat.

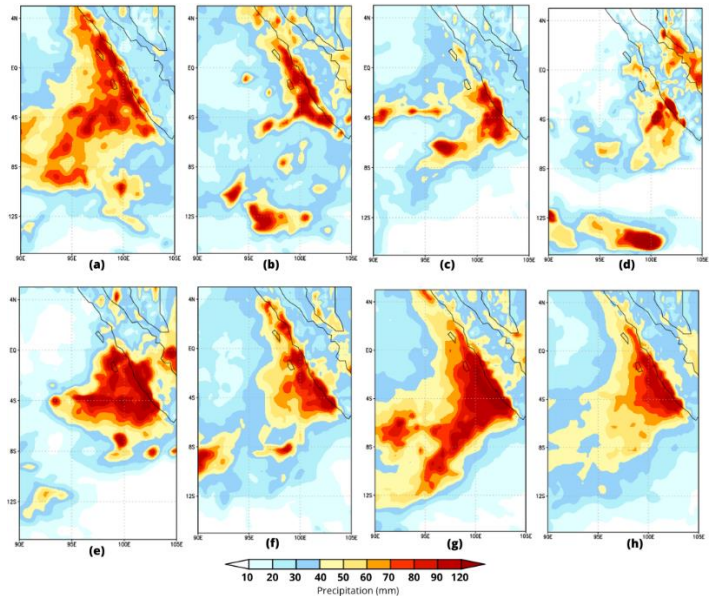
Berdasarkan Gambar 1b bahwa rata-rata curah hujan dari tahun 2016-2022 berkisar 92,20 mm/d. Rata-rata curah hujan tertinggi berada pada tahun 2019 dengan nilai 148 mm/d dan rata-rata curah hujan terendah pada tahun 2021 dengan nilai 68,29 mm/d. Diantara tahun 2016-2022 terdapat 2 hari dengan curah hujan tertinggi, yaitu pada tanggal 20 September 2017 dengan curah hujan mencapai 257 mm/d dan tanggal 30 Juni 2022 dengan curah hujan mencapai 257 mm/d.

Untuk pengukuran curah hujan pada tanggal 19-20 September 2017 mencapai 257,0 mm/d di Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu sedangkan di Stasiun Klimatologi Pulau Bai mencapai 230,2 mm/d. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata curah hujan bulanan pada bulan September yang hanya berkisar 220 mm/bulan untuk klimatologi tahun 1981-2010, sehingga pada tanggal tersebut tergolong curah hujan ekstrim [14]. Terbatasnya jumlah dari hasil observasi di wilayah Bengkulu membuat kejadian curah hujan ekstrim sulit

untuk dianalisis, sehingga solusi dari permasalahan tersebut hanya bisa dilakukan dengan menggunakan data radar cuaca [15].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Curah Hujan

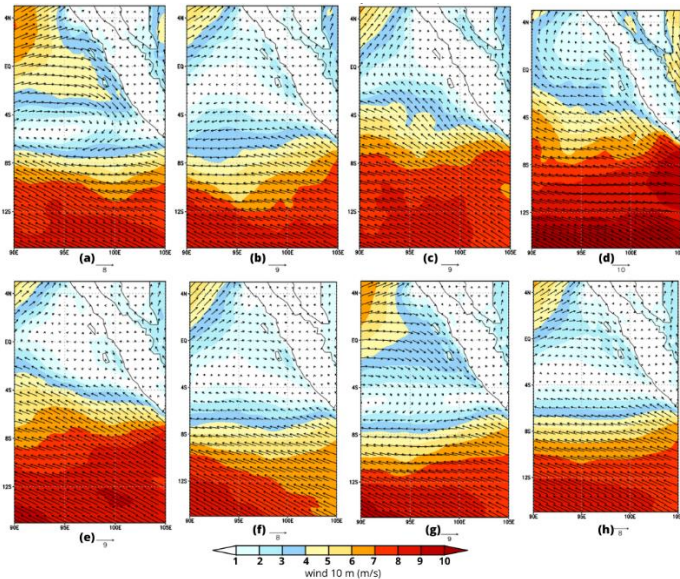


Gambar 2. Peta spasial komposit hujan lebat selama musim kemarau di Bengkulu pada (a-g) 2016-2022, secara berturut-turut dan (h) rata-ratanya.

Berdasarkan Gambar 2 bahwa curah hujan pada musim kemarau yang terjadi pada tahun 2016-2022 mengalami beberapa perbedaan, pada tahun 2016 cakupan hujan sangat luas di Samudra Hindia dan hujan lebat hampir di sepanjang pesisir Sumatra. Untuk tahun 2017 area hujan mengecil di Samudra Hindia dari tahun sebelumnya, tetapi di Sumatra Barat dan Bengkulu masih mengalami hujan lebat. Untuk tahun 2018 dan 2019 terlihat mengecil kembali dari tahun sebelumnya tetapi area daratan Bengkulu masih terkena hujan lebat, kemungkinan pada 2019 sebagian hujan berpindah ke area laut Riau. Di tahun 2020 area hujan berkumpul di daerah Bengkulu dan Sumatra Barat yang berarti hujan dengan skala besar terjadi di daerah tersebut. Tahun 2021 curah hujan mulai menyebar dan terbagi menjadi dua di area pesisir dan di laut lepas Samudra Hindia. Pada tahun 2022 hujan membentuk huruf V sepanjang pesisir Sumatra Barat, Bengkulu, Sumatra selatan hingga Samudra

Hindia yang menunjukkan bahwa di tahun 2022 curah hujan mulai kembali tinggi. Pada rentang tujuh tahun tersebut, rata-rata curah hujan di Bengkulu pada musim kemarau mencapai >80 mm/d.

B. Angin

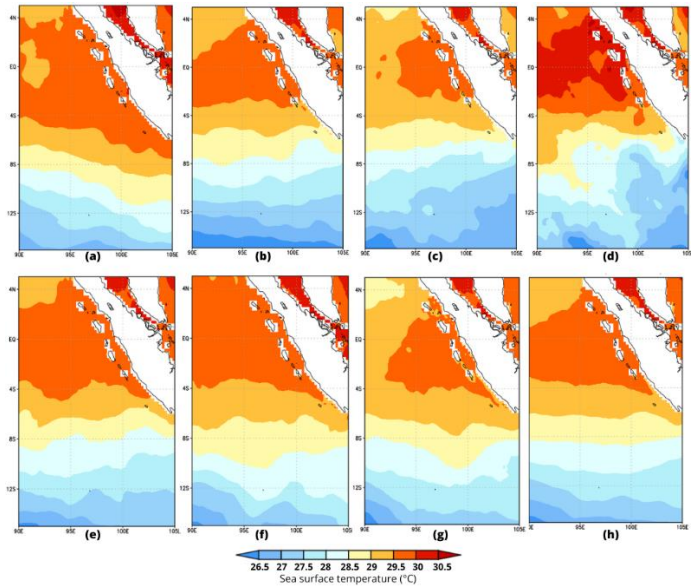


Gambar 3. Sama seperti Gambar 2, tetapi untuk arah (vektor) dan kecepatan (gradasi warna) angin permukaan (10 m).

Dari rentang waktu 2016-2022, terdapat 3 tahun yang berbeda dari tahun yang lainnya yakni tahun 2016, 2019 dan 2022. Pada tahun tersebut bahwa terlihat adanya angin berputar dengan kecepatan rendah yang kemungkinan adanya badai vorteks di area laut Samudra Hindia yang menyebabkan musim kemarau pada tahun tersebut mengalami hujan lebat. Namun angin pada tahun 2017 dan 2021 badai vorteksnya masih lemah karena angin yang tercipta masih belum sepenuhnya membentuk lingkaran dan akan memungkinkan untuk meluruh.

Pengaruh pergeseran angin vertikal terhadap munculnya perkembangan awan konvektif telah diteliti selama beberapa dekade. Pergeseran angin vertikal mempengaruhi perkembangan awan konvektif dengan mengubah transpor vertikal momentum horizontal, pergeseran angin vertikal negatif menyebabkan konveksi terorganisir dengan baik dan curah hujan konvektif yang kuat selama terjadinya badai tropis [16].

C. Suhu Permukaan Laut (SPL)

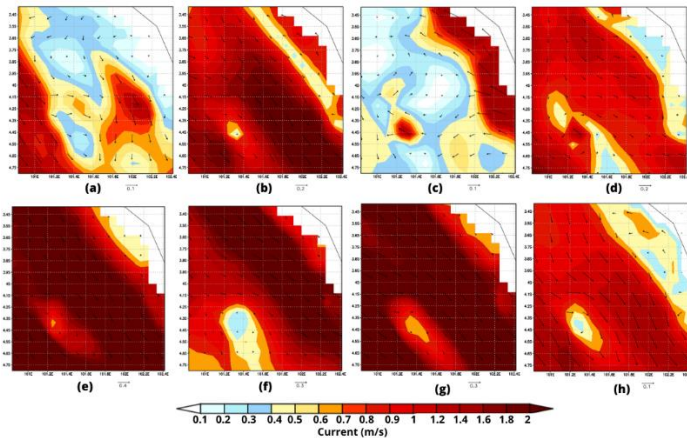


Gambar 4. Sama seperti Gambar 2, tetapi untuk suhu permukaan laut (°C)

Dari rentang waktu 2016-2022 rata-rata suhu dekat Pesisir Sumatra yaitu 29,5-30°C dan bertahap suhunya menurun menuju Samudra Hindia. Namun yang paling berbeda pada tahun 2019 suhu tertingginya mencapai >30,5°C yang berarti suhunya lebih hangat dari pada tahun-tahun yang lainnya. Jika dihubungkan dengan frekuensi hujan, bahwa tahun 2019 mengalami penurunan drastis frekuensi hujan, maka itulah yang kemungkinan mempengaruhi SST pada musim kemarau tahun 2019 menghangat, dan pada tahun 2022 semakin meningkatnya frekuensi hujan, maka SST pada musim kemarau pada tahun 2022 akan menurunkan suhu air laut.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai korelasi indeks osilasi selatan dan curah hujan di Sulawesi Utara bahwa pada bulan Mei, Juni, Juli memiliki nilai korelasi 0,23 yang termasuk korelasi rendah, oleh karena itu dinamika suhu permukaan laut sangat kecil pengaruhnya pada distribusi curah hujan dan terdapat faktor lain yang berpengaruh lebih besar pada distribusi hujan [17].

D. Arus Laut



Gambar 5. Sama seperti gambar 2, tetapi untuk arah (vektor) dan kecepatan (gradasi warna) arus permukaan laut.

Arus laut dari rentang waktu 2016-2022, mengalami perbedaan tiap tahunnya. Pada tahun 2016 arus laut cenderung lemah di dekat pesisir 0,2 m/s dan hanya menguat di lepas pantai. Pada tahun 2017 arus laut mulai menguat dan mendekati area pesisir dengan kisaran arus 0,6-2 m/s. Pada tahun 2018, arus laut >1 m/s sudah berada di area pesisir sepanjang Bengkulu. Pada tahun 2019 arus laut mulai melemah kembali di area pesisir, namun di area lainnya arus berkisar 1-1,4 m/s. Pada tahun 2020 arus mengalami kenaikan yang besar karena rentang arus di 0,5-4,5 m/s, namun di area pesisir masih cenderung lemah. Arus pada tahun 2021 mulai mendekati pesisir, bahkan arus >2 m/s melebar disepanjang pesisir Bengkulu. Pada tahun 2022, arus mulai menguat kembali yang mengarah ke Samudra Hindia, namun di area pesisir sedikit melemah. Pada rentang tujuh tahun tersebut, bahwa arus di pesisir Bengkulu tergolong sangat lambat-sedang, namun cepat-sangat cepat di laut lepasnya.

KESIMPULAN

Curah hujan pada saat musim kemarau di Bengkulu cenderung lebat karena dari tahun 2016-2022 di Bengkulu memiliki curah hujan >70 mm/d. Pada musim kemarau, ketika angin berkecepatan rendah (1 m/s) di area dekat pesisir Bengkulu menyebabkan hujan lebat dengan curah hujan >100 mm/d dan ketika angin berkecepatan rendah (1-4 m/s) dengan cakupan yang lebih luas dari pesisir Bengkulu ke arah laut Samudra Hindia, menyebabkan curah hujan

menurun di kisaran >50 mm/d di pesisir Bengkulu dan sekitarnya. Curah hujan yang tinggi dalam kasus di Bengkulu memperlihatkan suhu permukaan laut yang lebih hangat daripada suhu normal daerah lainnya (>29,5°C). Dalam peta spasial komposit arus memiliki pola tersendiri, ketika arus kuat di tahun 2016 berada di lepas laut Samudra Hindia, kemudian arus kuat tersebut mendekati ke arah pesisir di tahun 2017, hingga arus yang kuat berada di pesisir pada tahun 2018 dan arus semakin kuat di tahun-tahun berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), atas penyediaan fasilitas dan laboratorium komputasi berkinerja tinggi dalam pengolahan data penelitian ini. Kajian ini didukung oleh Fasilitas Hari Layar Ekspedisi Widya Nusantara Selatan Jawa, BRIN [376/II/FR/3/2022].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Maulana, "Multi-Disaster management strategy in Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 921, no. 1, pp. 1-5, 2021.
- [2] Alliance Development Works, Focus: Environmental degradation and disasters In World Risk Report 2012, 2012.
- [3] R. A. Houze, S. G. Geotis, F. D. Marks, Jr, and A. K. West, "Winter monsoon convection in the vicinity of north borneo. Part I: structure and time variation of the clouds and precipitation," *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [4] P. Wu, M. Hara, H. Fudeyasu, M. D. Yamanaka, J. Matsumoto, F. Syamsudin, R. Sulistyowati, and Y. S. Djajadihardja, "The impact of trans-equatorial monsoon flow on the formation of repeated torrential rains over Java Island," *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, vol. 3, pp. 93-96, 2007.
- [5] K. Eshghi and R. C. Larson, "Disaster Prevention and Management: An International Journal Article information," *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 183-198, 2008.
- [6] Q. Sholihah, W. Kuncoro, S. Wahyuni, S. P. Suwandi, and E. D. Feditasari, "The analysis of the causes of flood disasters and their impacts in the perspective of environmental law," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 437, no. 1, 2020.

- [7] R. D. Field, G. R. V. D. Werf, and S. S. P. Shen, "Human amplification of drought-induced biomass burning in Indonesia since 1960," *Nature Geoscience*, vol. 2, no. 3, pp. 185-188, 2009.
- [8] K. J. E. Walsh, K. L. McInnes, and J. L. McBride, "Climate change impacts on tropical cyclones and extreme sea levels in the South Pacific - A regional assessment," *Global and Planetary Change*, vol. 80-81, pp. 149-164, 2012
- [9] N. S. Ningsih, F. Hanifah, T. S. Tanjung, L. F. Yani, and M. Al Azhar, "The effect of tropical cyclone nicholas (11-20 February 2008) on sea level anomalies in Indonesian waters," *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 8, no.11, pp. 1-17, 2020.
- [10] E. Mulyana, M. B. R. Prayoga, A. Yananto, S. Wirahma, E. Aldrian, B. Harsoyo, T. H. Seto, and Y. Sunarya, "Tropical cyclones characteristic in southern Indonesia and the impact on extreme rainfall event," *MATEC Web of Conferences*, vol. 229, 2018.
- [11] A. Sudrajat, *Bengkulu Sebagai Daerah Rawan Bencana*, Bengkulu: Badan Meteorologi dan Geofisika, Bengkulu, 2007.
- [12] A. I. Hadi, Suwarsono, and Herliana, "Analisis karakteristik intensitas curah hujan di Kota Bengkulu," *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 7, no. 2, pp. 119-129, 2010.
- [13] BMKG, Accessed Agustus 25, 2023. <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=dampak-hujan-lebat-melanda-beberapa-wilayah-indonesia-ini-analisis-bmkg&tag=hujan&lang=ID>, 2016
- [14] Supari, F. Tangang, L. Juneng, F. Cruz, J. X. Chung, S. T. Ngai, E. Salimun, M. S. F. Mohd, J. Santisirisomboon, P. Singhruck, T. PhanVan, T. Ngo-Duc, G. Narisma, E. Aldrian, D. Gunawan, and Sopaheluwakan, "Multi-model projections of precipitation extremes in Southeast Asia based on CORDEX-Southeast Asia simulations," *Environmental Research*, vol. 184, p. 109350, 2020.
- [15] J. A. I. Paski, F. Alfahmi, D. S. Permana, and E. E. S. Makmur, "Reconstruction of Extreme Rainfall Event on September 19-20, 2017, Using a Weather Radar in Bengkulu of Sumatra Island," *Scientific World Journal*, pp. 1-6, 2020.
- [16] X. Shen, Y. Wang, and X. Li, "Effects of vertical wind shear and cloud radiative processes on responses of rainfall to the large-scale forcing during pre-summer heavy rainfall over southern China," vol. 137, no. 654, pp. 236-249, *Quarterly*, 2011.
- [17] F. F. Rey, S. H. J. Tongkukut, and Wandayantolis, "Analisis spasial pengaruh dinamika suhu muka laut terhadap distribusi curah hujan di Sulawesi Utara," *Jurnal MIPA UNSRAT ONLINE*, vol. 3, no. 1, pp. 25-29, 2014.