

VARIABILITAS *SEA SURFACE TEMPERATURE* (SST) DI WILAYAH INDONESIA AKIBAT PENGARUH MUSIM

Antiq Dharlita Kusumaningdyah^{1*}, Djuniadi², Venny Hearttiana³, Furqon
AlFahmi⁴, Ngurah Made Darma⁵
Universitas Negeri Semarang^{1,2}
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika^{3,4,5}
antiqdeka1@students.unnes.ac.id¹

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pola distribusi suhu permukaan laut (SST) di wilayah Indonesia sepanjang tahun dan mengkaji pengaruhnya terhadap ekosistem laut serta parameter kelautan lainnya. SST di Indonesia menunjukkan variasi musiman yang signifikan, dipengaruhi oleh gerak semu matahari dan pola sirkulasi angin musiman. SST yang tinggi selama musim hujan mendukung aktivitas konveksi dan curah hujan, namun berpotensi meningkatkan risiko pemutihan karang. Sebaliknya, SST yang rendah selama musim kemarau memicu fenomena *upwelling* yang membawa nutrisi dari lapisan bawah laut ke permukaan, meningkatkan produktivitas primer. Selain itu, perubahan SST berdampak pada salinitas, arus laut, dan intensitas gelombang laut, yang memiliki implikasi penting bagi ekosistem laut dan pengelolaan sumber daya kelautan. Temuan ini memberikan wawasan mendalam yang relevan untuk mendukung mitigasi perubahan iklim dan perencanaan adaptasi terhadap dinamika iklim global.

Kata Kunci : Suhu permukaan Laut, Gerak Semu Matahari, Ekosistem Laut, Variabilitas Musiman.

ABSTRACT

This study analyzes the distribution pattern of sea surface temperature (SST) in Indonesia throughout the year and examines its impact on marine ecosystems and other marine parameters. SST in Indonesia shows significant seasonal variation, influenced by the apparent motion of the sun and seasonal wind circulation patterns. High SST during the rainy season supports convection and rainfall activities, but has the potential to increase the risk of coral bleaching. Conversely, low SST during the dry season triggers an upwelling phenomenon that brings nutrients from the bottom layer of the sea to the surface, increasing primary productivity. In addition, changes in SST affect salinity, ocean currents, and ocean wave intensity, which have important implications for marine ecosystems and marine resource management. These findings provide in-depth insights that are relevant to support climate change mitigation and adaptation planning to global climate dynamics.

Keywords: *Sea Surface Temperature, Apparent Motion of the Sun, Marine Ecosystems, Seasonal Variability.*

PENDAHULUAN

Gerak semu matahari adalah fenomena yang terjadi akibat kombinasi antara orbit Bumi mengelilingi Matahari dan kemiringan sumbu rotasinya terhadap bidang ekliptika, yang menyebabkan variasi posisi semu Matahari di langit sepanjang tahun (Campbell et al., 2019). Di wilayah tropis seperti Indonesia, meskipun radiasi matahari relatif merata, pergeseran gerak semu ini menyebabkan perbedaan distribusi energi matahari antara bagian utara dan selatan Indonesia sepanjang tahun (Trenberth et al., 2018).

Fenomena tersebut dapat memengaruhi pembentukan musim di Indonesia. Indonesia mengalami dua musim utama—musim hujan dan kemarau—yang dipengaruhi oleh sirkulasi angin monsun yang secara umum terbagi menjadi dua musim utama: musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan terjadi ketika angin monsun barat membawa massa udara lembap dari Samudra Hindia menuju Asia Tenggara, sementara musim kemarau dipicu oleh angin monsun timur yang membawa udara kering dari Benua Australia (Chang, et al., 2005; Susanto et al., 2001). Pergantian musim ini berdampak langsung terhadap suhu permukaan laut (Sea Surface Temperature/SST), yang merupakan salah satu faktor utama dalam pengaturan pola cuaca, curah hujan, dan dinamika atmosfer tropis (McPhaden et al., 2020); (printall et al., 2014)

Studi terbaru menyoroti pentingnya pemahaman pola musiman SST dalam konteks dinamika laut dan atmosfer regional Indonesia (Amalia et al., 2025).

di perairan Pulau Enggano menunjukkan bahwa meskipun variasi SST secara umum mengikuti pola musiman, pengaruh ENSO dan IOD hanya akan memberikan dampak lemah pada fluktuasi suhu lokal, yang menunjukkan dominasi faktor geografis dan sirkulasi lokal (Ningsih et al., 2025). Hidayat et al., (2025) memperkuat temuan ini dalam penelitian mereka di Teluk Bone, wilayah semi-tertutup di Sulawesi Selatan, di mana variabilitas SST lebih dipengaruhi oleh karakteristik lokal seperti sirkulasi tertutup dan pencampuran perairan, dibandingkan pengaruh ENSO dan IOD yang cenderung lemah. Variasi iklim laut-atmosfer yang terkopel (coupled variability) di wilayah tropis Samudra Hindia, dengan fokus utama pada fenomena Indian Ocean Dipole (IOD). Dimana dinamika interaksi antara suhu permukaan laut (SST), pola angin, dan sirkulasi atmosfer yang menyebabkan IOD, serta perbedaan IOD dengan El Niño–Southern Oscillation (ENSO) di Pasifik (Yamagata et al., (2004)

Sementara itu, Ningsih et al., (2025) dalam studi jangka panjang di perairan selatan Jawa mengidentifikasi tren peningkatan kejadian marine heatwaves (MHW) selama periode 1982–2021. Mereka menemukan bahwa intensitas MHW sangat berkorelasi dengan fase ENSO dan IOD, khususnya El Niño, yang memicu pemanasan signifikan dan mengganggu proses *upwelling* yang penting bagi produktivitas ekosistem laut. SST di Indonesia memperlihatkan variasi musiman yang kuat terutama di perairan selatan pulau Jawa dan Laut Banda, dipicu oleh dinamika seperti *upwelling* dan kedalaman campuran lapisan (*mixed layer depth*, MLD) yang

bervariasi sepanjang tahun (Cao et al., 2019).

Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa meskipun gerak semu Matahari merupakan faktor utama pembentuk siklus musiman radiasi dan SST, dinamika oseanografi lokal dan fenomena iklim global seperti ENSO dan IOD memberikan pengaruh tambahan yang kompleks dan bervariasi secara spasial. Oleh karena itu, pemetaan distribusi SST sepanjang tahun di wilayah Indonesia menjadi sangat strategis dalam mendukung pengelolaan sumber daya kelautan, mitigasi dampak perubahan iklim, dan penyusunan kebijakan adaptasi di sektor perikanan dan maritim. Pemahaman tentang pola perubahan SST musiman di Indonesia memiliki nilai strategis, terutama dalam mendukung pengelolaan sumber daya kelautan, mitigasi perubahan iklim, dan perencanaan adaptasi terhadap fenomena iklim global seperti El Niño-Southern Oscillation (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) (McPhaden et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan pola distribusi SST di Indonesia sepanjang tahun dan mengeksplorasi hubungan SST dengan variabilitas musiman yang dipengaruhi oleh gerak semu matahari. Selain itu juga untuk memetakan pola distribusi suhu permukaan laut di wilayah Indonesia secara musiman, serta mengeksplorasi keterkaitannya dengan variabilitas iklim musiman akibat gerak semu matahari, sekaligus mempertimbangkan pengaruh eksternal dari ENSO, IOD, dan faktor oseanografis lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data SST dari ERA5 dari tahun 2001 sampai 2020, Link datanya <https://cds.climate.copernicus.eu/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=overview>, sebuah dataset reanalisis iklim global yang dikembangkan oleh European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). ERA5 menyediakan data suhu permukaan laut dengan resolusi temporal harian dan spasial $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ (Hersbach et al., 2020). Data yang digunakan mencakup satu tahun penuh untuk wilayah perairan Indonesia. Dengan menggunakan ERA5 dapat diketahui kualitasnya menguraikan validasi dengan dataset observasi (M-AERI) dan konsensus pengguna bahwa ERA5 layak digunakan (kebanyakan sumber menyatakan ERA5 sangat baik untuk SST laut).

Dengan menggunakan data ERA5 dan OLR (2010–2019) untuk mengecek korelasi antara SST dan aktivitas konvektif (OLR). Hasilnya menunjukkan bahwa respons konvektif signifikan (60–80 %) terhadap SST terjadi dari Mei hingga Oktober di perairan lokal Indonesia, kecuali di Laut Arafura dan Banda pada Mei. [23], Hersbach, H dkk., (2020).

Wardani et al., (2024) mempublikasikan analisis tren SST di wilayah Western Java Sea (WJS) menggunakan ERA5. Ditemukan peningkatan tren SST tahunan $\sim 0,0061^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$ nasional, dan $\sim 0,0083^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$ di WJS. Tren terbesar terjadi pada musim DJF ($\sim 0,0094^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$) yang meningkatkan kapasitas kelembapan atmosfer melalui efek Clausius-Clapeyron ($\pm 7\%$ kelembapan per 1°C kenaikan), berdampak besar pada presipitasi monsun barat laut (Harjupa, et al., 2025)

Proses analisis melibatkan perhitungan rata-rata bulanan untuk memetakan distribusi SST secara spasial. Rumus rata-rata yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$SST_{\text{mean}} = \frac{\sum_{i=1}^n SST_i}{n}$$

dengan:

SST_{mean} : Suhu permukaan laut rata-rata bulanan,

SST_i : Suhu permukaan laut pada hari ke- i

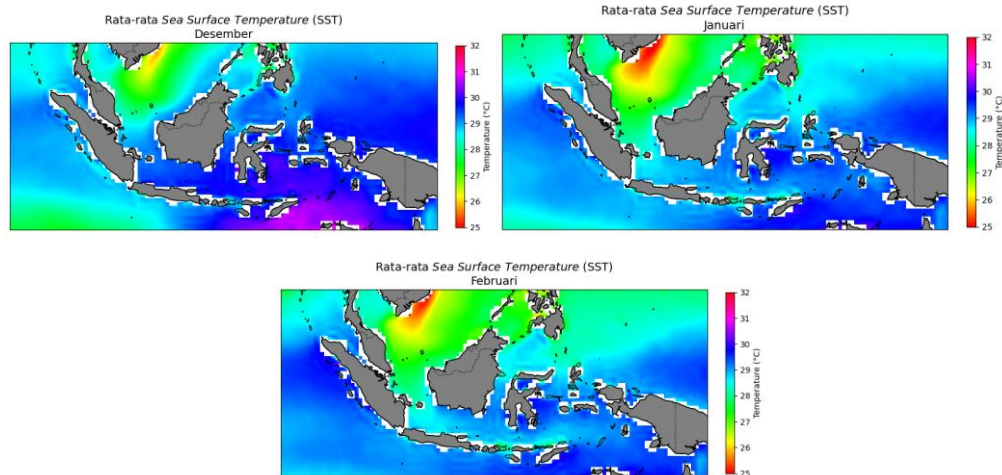
n : Jumlah hari dalam satu bulan.

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak Python, untuk menghasilkan peta kontur yang menggambarkan distribusi spasial SST. Metode ini mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Hadiet al., (2017); Sprintall et al. (2014) yang

menunjukkan bahwa analisis rata-rata bulanan efektif dalam mengidentifikasi pola musiman SST.

HASIL PENELITIAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa SST di wilayah Indonesia mengalami variasi musiman yang signifikan. Pada Januari hingga Maret, SST mencapai puncaknya di perairan utara Indonesia, seperti Laut Cina Selatan dan Laut Jawa, dengan suhu rata-rata 29–31°C. Hal ini berhubungan dengan intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi di belahan bumi selatan karena gerak semu matahari. Selain itu, angin monsun barat membawa kelembapan tinggi dari Samudera Hindia, yang meningkatkan pelepasan energi panas laten dan memanaskan permukaan laut



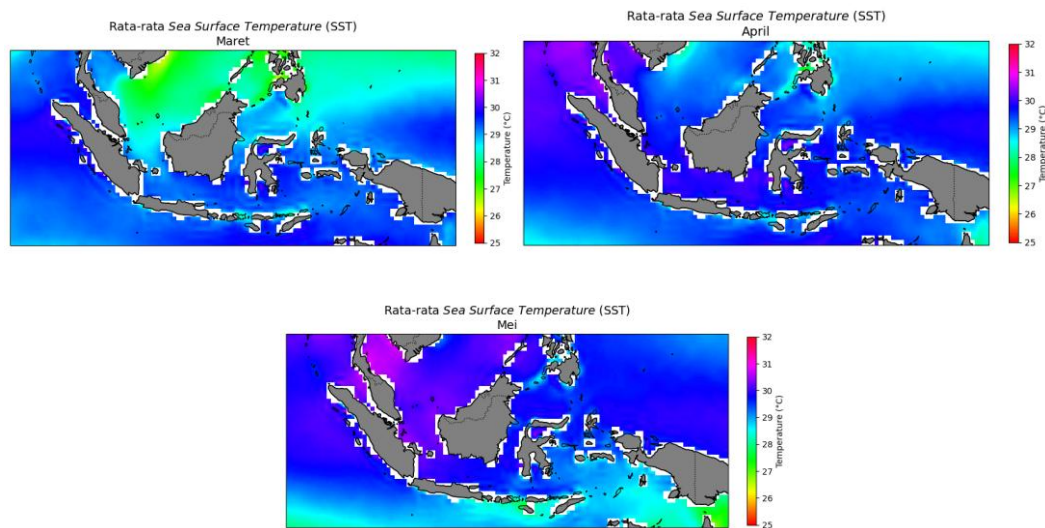
Gambar 1.

Rata-rata SST Desember - Februari

PEMBAHASAN

Transisi dari musim hujan ke kemarau terjadi pada April hingga Mei, yang ditandai dengan penurunan SST di wilayah selatan, seperti Laut Timor dan perairan sekitar Nusa Tenggara. Penurunan ini diakibatkan oleh berkurangnya radiasi matahari langsung di belahan bumi selatan dan

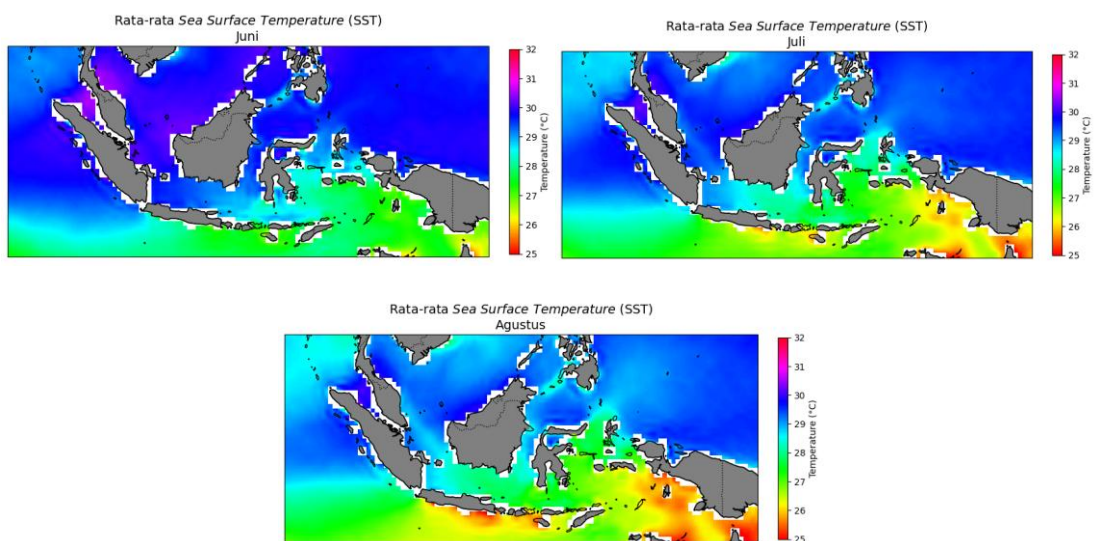
meningkatnya evaporasi (McPhaden et al., 2020). Penurunan SST ini juga memengaruhi aktivitas angin lokal, sebagaimana dijelaskan oleh Hadi, et al. (2017) yang mencatat bahwa perubahan fluks matahari pada periode transisi menghasilkan pergeseran pola angin dan curah hujan.



Gambar 2.
Rata-rata SST Maret - Mei

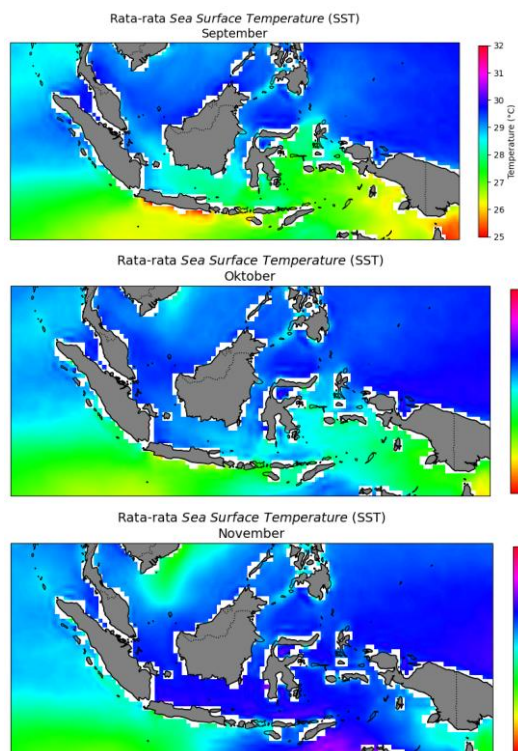
Selama Juni hingga Agustus, SST terendah ditemukan di perairan selatan Indonesia, dengan suhu rata-rata $<27^{\circ}\text{C}$. Pendinginan ini disebabkan oleh angin monsun timur yang membawa udara kering dan dingin dari Australia, serta mendorong *upwelling* di wilayah seperti Bali dan Nusa Tenggara (Sprintall et al.,

2014). Fenomena *upwelling* membawa air dingin dari lapisan bawah laut ke permukaan, sehingga mempercepat pendinginan SST. Kondisi ini mendukung penurunan curah hujan di sebagian besar wilayah selatan Indonesia (Sprintall et al., (2014).



Gambar 3.
Rata-rata SST Juni - Agustus

Pada September hingga November, SST mulai meningkat kembali, terutama di wilayah tengah dan timur Indonesia. Peningkatan ini bertepatan dengan transisi menuju musim hujan, yang ditandai dengan intensifikasi curah hujan akibat pembentukan awan konvektif (Hadi et al., (2017). Peningkatan SST juga memengaruhi pola arus laut, khususnya arus Indonesia Throughflow (ITF), yang membawa massa air hangat dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia (Sprintall et al., 2014). Selain itu, perubahan SST berkontribusi pada fluktuasi salinitas di lapisan permukaan laut, sebagaimana diamati oleh (Susanto et al., (2001).



Gambar 4.
Rata-rata SST September - November

Pada November hingga Desember, SST mencapai nilai tertinggi ($>31^{\circ}\text{C}$) di seluruh wilayah Indonesia, terutama di

bagian utara. Kondisi ini menyebabkan stratifikasi termal yang signifikan, menghambat pencampuran antara lapisan permukaan dan bawah laut (McPhaden et al., 2020). Stratifikasi ini berdampak pada distribusi nutrisi, yang menurunkan produktivitas primer di wilayah tertentu. Fenomena ini juga berisiko menyebabkan pemutihan karang di perairan tropis dengan suhu tinggi dan radiasi matahari intens (Hughes et al., (2018).

Perubahan suhu permukaan laut (SST) secara langsung memengaruhi salinitas laut melalui mekanisme keseimbangan antara penguapan dan presipitasi. Pada musim kemarau (Juni–Agustus), suhu yang relatif lebih rendah di wilayah selatan Indonesia disertai peningkatan penguapan dan rendahnya curah hujan, yang menyebabkan peningkatan salinitas di lapisan permukaan laut (Hochet et al., 2025). Sebaliknya, pada musim hujan (November–Februari), curah hujan tinggi dan aliran air tawar dari daratan menurunkan salinitas secara signifikan, terutama di perairan utara Indonesia (Ratnawati et al., (2023); (Arief, et al., 2020); (Bahiyah et al., 2023).

Salinitas di Laut Jawa dapat turun hingga di bawah 31‰ selama puncak musim hujan, mencerminkan kuatnya pengaruh presipitasi regional terhadap struktur vertikal perairan Bahiyah et al., (2023).

Fluktuasi salinitas ini memengaruhi densitas air laut, yang pada gilirannya memodulasi proses stratifikasi termal dan pergerakan massa air (Sprintall et al., 2014). Ketidakseimbangan densitas ini menjadi pemicu utama perubahan arah dan kekuatan arus laut tropis, termasuk Indonesia Throughflow (ITF). Pada

musim hujan, peningkatan SST meningkatkan energi termal di permukaan laut, memperkuat transportasi massa air melalui ITF dari Laut Banda ke Samudra Hindia (McPhaden et al., 2020). Sementara itu, pada musim kemarau, penurunan SST dan peningkatan salinitas mendorong terjadinya *upwelling* di wilayah selatan seperti Bali, Nusa Tenggara, dan selatan Jawa, yang membawa massa air dingin kaya nutrisi ke permukaan, musim barat meningkatkan SST dan variasi salinitas akibat input aliran sungai besar. Musim timur sebaliknya menggeser arus ke barat, membawa air lebih dingin dan memacu perbedaan kondisi oseanografis antara utara dan selatan Madura (Susanto et al., 2001).

Perubahan SST juga berperan dalam mengatur dinamika gelombang laut. Intensitas gelombang laut tropis sangat berkorelasi dengan distribusi energi panas di permukaan laut (Ardhuin, et al., (2010) SST tinggi pada musim hujan meningkatkan potensi pembentukan gelombang tinggi di perairan barat Indonesia, khususnya di sekitar Sumatra dan Jawa. Sebaliknya, pada musim kemarau, SST rendah dan kondisi atmosfer lebih stabil menyebabkan penurunan tinggi gelombang, yang berdampak langsung terhadap dinamika pesisir dan potensi abrasi di wilayah selatan Indonesia.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa distribusi suhu permukaan laut (SST) di wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh gerak semu matahari dan pola sirkulasi angin musiman. SST yang lebih tinggi ditemukan selama musim hujan di wilayah utara Indonesia, sedangkan SST yang lebih rendah terjadi selama musim kemarau di

wilayah selatan. Fenomena ini tidak hanya memengaruhi kondisi atmosfer lokal, seperti curah hujan dan pola angin, tetapi juga berimplikasi pada dinamika laut, termasuk *upwelling*, stratifikasi termal, dan pergerakan arus laut seperti Indonesia Throughflow (ITF).

Selain itu, variasi SST yang signifikan memiliki dampak besar pada ekosistem laut di wilayah Indonesia. SST yang tinggi selama musim hujan mendukung aktivitas konveksi dan curah hujan, tetapi dapat meningkatkan risiko pemutihan karang di daerah tertentu. Sebaliknya, SST yang rendah selama musim kemarau mendorong fenomena *upwelling* yang membawa nutrisi dari lapisan bawah laut ke permukaan, meningkatkan produktivitas primer. Dampak ini juga memengaruhi pola migrasi ikan, distribusi nutrisi, dan keseimbangan ekosistem laut tropis yang menjadi sumber kehidupan bagi banyak komunitas pesisir.

Lebih jauh, SST juga memengaruhi parameter kelautan lainnya, seperti salinitas, arus laut, dan intensitas gelombang. Salinitas cenderung meningkat selama musim kemarau akibat evaporasi tinggi dan menurun selama musim hujan karena curah hujan tinggi. Perubahan SST juga memengaruhi intensitas gelombang laut dan arus, yang berdampak pada aktivitas transportasi laut dan mitigasi risiko bencana pesisir. Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan yang penting untuk mendukung pengelolaan sumber daya kelautan yang berkelanjutan, mitigasi perubahan iklim, dan perencanaan adaptasi terhadap dinamika iklim global. Studi lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi interaksi kompleks antara SST, atmosfer, dan ekosistem

laut dalam skala waktu yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, I., Lubis, A. M., & Cahyarini, S. Y. (2025). Pengaruh ENSO Dan IOD terhadap Suhu Permukaan Laut di Perairan Pulau Enggano. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(1), 71–81.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v28i1.25759> [Undip E-Journal System Portal](#)
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (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> [RMetS Online Library](#)
- Arief, D. A., (2020). SST and rainfall variability in Indonesia. *Journal of Meteorology and Climatology*, 17(2), 123–134.
- Ardhuin, F., Rogers, W. E., Babanin, A. V., Filipot, J.-F., Magne, R., Roland, A., van der Westhuysen, A., Queffelec, P., Lefevre, J.-M., et al. (2010). Observation of Swell Dissipation Across Oceans. *Geophysical Research Letters*, 36(6), L06607.
<https://doi.org/10.1029/2009GL041981>
- Bahiyah, A., Wirasatriya, A., Marwoto, J., Handoyo, G., & Anugrah, D. S. P. A. (2019). Study of Seasonal Variation of Sea Surface Salinity in Java Sea and Its Surrounding Seas Using SMAP Satellite. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 246(1), 012043.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012043>
- Campbell, G. S., & Norman, J. M. (2019). An Introduction to Environmental Biophysics (3rd ed.). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1626-1>
- Cane, M. A., & Zebiak, S. E. (1985). A theory for El Niño and the Southern Oscillation. *Science*, 228(4703), 1085–1087.
<https://doi.org/10.1126/science.228.4703.1085>
- Cao, G., Xu, T., He, Y., Wang, L., Wang, D., Wei, Z., & Zhu, Y. (2019). Seasonality In Intraseasonal Sea Surface Temperature Variability Along The Sumatra - Java Southern Coast. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(7), 5138–5157..
<https://doi.org/10.1029/2019JC015066>
- Chang, C.-P., Wang, Z., & Livezey, R. E. (2005). Interannual and Interdecadal Variations of The East Asian Summer Monsoon and Tropical Pacific SST. *Journal of Climate*, 18(2), 1057–1069.
<https://doi.org/10.1175/JCLI-3318.1>
- Harjupa, W., & Nakakita, E. (2025). Investigation and Future Projections of Warm Rain During The Winter Monsoon in the Western Java Sea, Indonesia. *Frontiers in Climate*, 7, 1581382.
<https://doi.org/10.3389/fclim.2025.xxx>
- Hadi, T. W., (2017). Seasonal Climate Prediction for Indonesia: ENSO and IOD Impact. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2570–2585.
<https://doi.org/10.1002/joc.4865>

- Hidayat, R., Zainuddin, M., Srioktoviana, S. K., Yuniar, A., Damayanti, A. D., Riskiani, I., & Rachman, S. H. (2025). ENSO and IOD Effects on Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a in the Semi-Enclosed Waters: Case Study of Bone Bay, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 29(2).. <http://www.doi.org/10.21608/ejabf.2025.415632>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Horányi, A., et al. (2020). The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Hochet, A., Tajouri, S., Kolodziejczyk, N., & Llovel, W. (2025). Mechanisms of Tropical Sea Surface Salinity Variations At Seasonal Timescales. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 130(2), e2024JC021455. <https://doi.org/10.1029/2024JC021455>
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., Babcock, R. C., Beger, M., Bellwood, D. R., et al. (2018). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, 546(7656), 82–90. <https://doi.org/10.1038/nature22901>
- McPhaden, M. J., Lee, T., & McClurg, D. (2020). ENSO and Climate Variability. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 161–173. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- Ningsih, N. S., Beliyana, E., Kamila, I. H., & Tarya, A. (2025). Long-Term Characteristics of Marine Heatwaves (1982–2021) In Indonesian Water and Their Impact on Upwelling (case study: Southern Java). *Frontiers in Marine Science*, 12, 1504995.. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.xxx>
- Rasmusson, E. M., & Carpenter, T. H. (1982). Variations In Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated With the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, 110(5), 354–384. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1982\)110<0354:VITSST>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1982)110<0354:VITSST>2.0.CO;2)
- Ratnawati., Aldrian, E., Soeparjo., A., H., (2023). Variability of Evaporation–Precipitation (E–P) and Sea Surface Salinity (SSS) over Indonesian Maritime Continent Seas. *AIP Conference Proceedings*, 2023(1). <https://doi.org/10.1063/5.xxxxxxx>
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., & Zheng, Q. (2001). Upwelling Along The Coasts of Java and Sumatra and Its Relation to ENSO. *Geophysical research letters*, 28(8), 1599-1602. <https://doi.org/10.1029/2000GL011844>
- Sprintall, J., Gordon, A. L. (2014). The Indonesian Throughflow and its impact on the Indian Ocean. *Geophysical Research Letters*, 41(23), 9062–9068. <https://doi.org/10.1002/2014GL061870>
- Trenberth, K. E., Caron, J. M., & Stepaniak, D. P. (2001). Estimates of Meridional Atmosphere and Ocean Heat Transports. *Journal*

- of Climate*, 14(16), 3433–3443.
[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<3433:EOMAAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3433:EOMAAO>2.0.CO;2)
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Kiehl, J. (2018). Changes in The Flow of Energy Through The Earth's Climate System. *Nature Climate Change*, 8(1), 12–18.
<https://doi.org/10.1038/s41558-017-0009-0>
- Wardani, W. N., Yulihastin, E., Adriat, R., Ghiffari, F., & Ryanto, F. N. (2023, November). Variation of Convective Activities Response to the Sea Surface Temperature over the Indonesia Maritime Continent. In *International Conference on Radioscience, Equatorial Atmospheric Science and Environment* (pp. 101-110). Singapore: Springer Nature Singapore..
https://doi.org/10.1007/978-981-99-xxxx-x_10
- Wyrtki, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters* (NAGA Rep. 2, 1–195).
- Yamagata, T., Behera, S. K., Luo, J. J., Masson, S., Jury, M. R., & Rao, S. A. (2004). Coupled Ocean-Atmosphere variability in the tropical Indian Ocean. *Earth's Climate: The Ocean–Atmosphere Interaction, Geophys. Monogr*, 147, 189–212.
<https://doi.org/10.1029/147GM12>