

Dinamika Suhu Permukaan Laut MODIS Aqua di Kragan Tahun 2016–2025 Berbasis *Google Earth Engine* (GEE)

Jihan Nur Fadhillah^{1*}, Luhur Moekti Prayogo²

^{1, 2} Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas PGRI
Ronggolawe Tuban, Indonesia

*Corresponding author: nurfadhillahjihan676@gmail.com

Received: 16 Juni 2026 **Revised:** 10 Juli 2026 **Accepted:** 15 Oktober 2026 **Published:** 17 Oktober 2026

©2026 by the authors. Licensee Applied Engineering: Jurnal Rekayasa dan Sains Terapan.
This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

Abstract. Sea surface temperature (SST) is a key variable for describing the dynamics of coastal waters. This study analyzes the spatial and temporal variability of SST in Kragan waters, Rembang Regency, Indonesia, during 2016–2025 using MODIS Aqua Level-3 Standard Mapped Image (L3SMI) data processed in Google Earth Engine (GEE). A descriptive quantitative approach was applied by extracting SST values within a marine region of interest, calculating annual averages, examining spatial patterns, and assessing agreement with 12 pairs of in situ observations using root mean square error (RMSE). Annual mean SST ranged from 28.8 to 29.9°C, with the lowest annual value in 2018 and the highest in 2016. The reported minimum and maximum observations were 26.71°C in September 2019 and 32.42°C in October 2020, respectively. Warmer conditions generally occurred near the coast, while offshore waters tended to be cooler. Temporal variation was discussed in relation to monsoonal changes. The reported RMSE against field observations was 0.3°C. These findings document a decade of SST variability in Kragan waters using a consistent satellite product, while the limited field-validation sample warrants cautious interpretation.

Key words: sea surface temperature; MODIS Aqua; Google Earth Engine; coastal waters; temporal variability

Abstrak. Suhu permukaan laut (SPL) merupakan parameter penting untuk menggambarkan dinamika perairan pesisir. Penelitian ini menganalisis variabilitas spasial dan temporal SPL di Perairan Kragan, Kabupaten Rembang, selama 2016–2025 menggunakan citra MODIS Aqua Level-3 Standard Mapped Image (L3SMI) yang diolah dengan Google Earth Engine (GEE). Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif melalui ekstraksi SPL pada region of interest perairan, penghitungan rata-rata tahunan, penelaahan pola spasial, serta pengujian kesesuaian terhadap 12 pasangan pengamatan lapangan menggunakan root mean square error (RMSE). Rata-rata SPL tahunan berkisar 28,8–29,9°C; rata-rata terendah terjadi pada 2018 dan tertinggi pada 2016. Suhu minimum yang dilaporkan adalah 26,71°C pada September 2019, sedangkan maksimum 32,42°C pada Oktober 2020. Secara umum, suhu di dekat pantai lebih tinggi daripada perairan yang lebih jauh dari pantai. Variasi temporal dibahas dalam kaitannya dengan perubahan musim monsun. RMSE terhadap pengamatan lapangan dilaporkan sebesar 0,3°C. Temuan ini menyajikan gambaran variabilitas SPL selama satu dekade berdasarkan satu produk satelit yang konsisten, dengan interpretasi hasil validasi tetap memperhatikan keterbatasan jumlah data lapangan.

Kata kunci: suhu permukaan laut; MODIS Aqua; Google Earth Engine; perairan pesisir; variabilitas temporal

1. Pendahuluan

Wilayah pesisir merupakan daerah peralihan antara daratan dan lautan dengan kondisi fisik yang dinamis serta fungsi ekologis dan sosial-ekonomi penting (Zibar et al., 2023; Astuti et al., 2023). Aktivitas perikanan, transportasi, dan pemanfaatan sumber daya pesisir memerlukan informasi oseanografi yang memadai untuk mendukung pengelolaan wilayah perairan (Iswanto, 2024).

Suhu permukaan laut (SPL) atau sea surface temperature (SST) merupakan parameter oseanografi yang menggambarkan kondisi termal lapisan permukaan laut dan berperan dalam pertukaran panas laut-atmosfer serta proses dinamika massa air (Anwar et al., 2024; Rachman et al., 2025). Variasi SPL berkaitan dengan perubahan musiman dan dapat dipengaruhi oleh dinamika iklim yang lebih luas, termasuk El Niño–Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) (Berliani et al., 2025; Kurniawan et al., 2025). Selain suhu permukaan laut, dinamika arus juga merupakan aspek penting dalam memahami karakteristik fisik perairan pesisir. Tazar et al. (2023) telah mengkaji karakteristik multitemporal arus permukaan laut di Perairan Tuban, Jawa Timur, yang memberikan referensi regional mengenai dinamika oseanografi di kawasan pesisir utara Jawa.

Penginderaan jauh satelit memungkinkan pengamatan SPL secara berkala pada cakupan spasial luas tanpa harus melakukan pengukuran langsung di setiap lokasi (Mulyani, 2021). Google Earth Engine (GEE) menyediakan akses dan pemrosesan data penginderaan jauh berbasis komputasi awan untuk analisis spasial-temporal (Gorelick et al., 2017; Tamiminia et al., 2020). Pemanfaatan GEE pada berbagai studi lingkungan menunjukkan potensinya untuk pengolahan data deret waktu secara efisien (Latue & Rakuasa, 2024; Fajarendra & Uyun, 2026).

Produk MODIS Aqua L3SMI menyediakan data SPL dengan ukuran piksel sekitar 4,6 km dan cakupan pengamatan yang memungkinkan analisis antartahun. Data tersebut relevan untuk mengamati perubahan kondisi termal perairan Kragan sepanjang 2016–2025. Namun, resolusi spasialnya membatasi pembacaan variasi suhu yang sangat lokal di sekitar garis pantai. Oleh sebab itu, pola spasial pada skala pesisir perlu ditafsirkan sesuai ukuran piksel dan karakteristik produk yang digunakan (Google Earth Engine, n.d.).

Sejumlah penelitian telah memanfaatkan Aqua MODIS untuk mempelajari kondisi perairan Indonesia, termasuk produktivitas primer di Laut Jawa (Anugrah et al., 2023)

serta sebaran SPL dan klorofil-a di Selat Makassar (Rosalina et al., 2025). Penelitian lain menerapkan GEE untuk kajian SPL multitemporal di selatan Malang (Rusydi et al., 2022), sedangkan dinamika SPL perairan Laut Flores juga telah dikaji dalam hubungannya dengan variabilitas iklim (Rachman et al., 2025). Meskipun demikian, uraian khusus mengenai karakter SPL perairan Kragan dalam deret waktu satu dekade masih diperlukan. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyajian rangkaian nilai SPL MODIS Aqua tahun 2016–2025 untuk wilayah Kragan, pembahasan pola spasial-temporalnya, serta evaluasi terbatas menggunakan pengukuran lapangan. Penelitian bertujuan (1) mengidentifikasi perubahan dan sebaran SPL di Perairan Kragan berdasarkan MODIS Aqua L3SMI berbasis GEE dan (2) menilai kesesuaian hasil ekstraksi SPL dengan data suhu lapangan menggunakan RMSE.

2. Metode

2.1 Desain dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif melalui analisis data penginderaan jauh. Pengolahan dilakukan pada 18 Maret–27 Juni 2026 untuk menggambarkan kondisi Perairan Kecamatan Kragan, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah, selama 2016–2025. Wilayah pengamatan ditentukan sebagai region of interest (ROI) berupa poligon perairan di depan pesisir Kecamatan Kragan dengan mempertimbangkan garis pantai dan cakupan wilayah kajian.

2.2 Data Penelitian

Data utama berupa produk suhu permukaan laut MODIS Aqua L3SMI dari koleksi NASA/OCEANDATA/MODIS-Aqua/L3SMI pada Google Earth Engine. Band yang digunakan adalah sst dengan satuan °C dan ukuran piksel sekitar 4.616 m. Rentang pengamatan mencakup 2016–2025. Data pendukung untuk penilaian kesesuaian adalah 12 pasangan nilai SPL citra MODIS Aqua dan pengukuran suhu lapangan yang tersedia pada tahun 2025 (Google Earth Engine, n.d.).

2.3 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan pada GEE dilakukan dengan mengakses koleksi citra, menyaring data menurut periode pengamatan dan ROI, mengekstraksi band sst, serta menyusun ringkasan SPL tahunan menggunakan skrip JavaScript. Variasi temporal dikaji dari rata-rata tahunan, sedangkan deskripsi spasial digunakan untuk menelaah perbedaan suhu di bagian perairan dekat pantai dan lebih jauh ke arah laut. Kesesuaian nilai MODIS Aqua dengan suhu lapangan dihitung menggunakan root mean square error (RMSE)

pada 12 pasangan data tahun 2025, dengan rumus $RMSE = \sqrt{[\Sigma(SPL_{satelit,i} - SPL_{lapangan,i})^2/n]}$, di mana n adalah jumlah pasangan data. RMSE dinyatakan dalam °C; nilai yang lebih kecil menunjukkan selisih kuadrat rata-rata yang lebih rendah terhadap pengukuran lapangan. Karena waktu pengukuran tidak seluruhnya bertepatan dengan perekaman citra, hasil validasi ditafsirkan secara terbatas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian

Perairan Kragan terletak di pesisir utara Kabupaten Rembang, Jawa Tengah, pada koordinat sekitar 6°41'23" LS dan 111°35'00" BT, menghadap Laut Jawa. Wilayah ini dimanfaatkan untuk aktivitas perikanan tangkap dan dipengaruhi dinamika lingkungan pesisir. Kondisi tersebut mendasari pentingnya pemantauan SPL sebagai salah satu informasi karakteristik perairan.

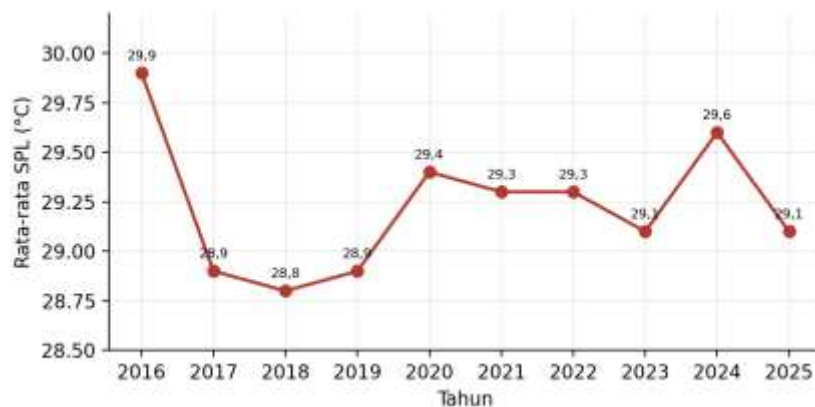
3.1.2 Distribusi SPL Citra MODIS Aqua L3SMI

Hasil pengolahan SPL MODIS Aqua L3SMI menggunakan Google Earth Engine pada 2016–2025 menunjukkan rata-rata tahunan antara 28,8°C dan 29,9°C (Tabel 1 dan Gambar 1). Rata-rata tahunan tertinggi diperoleh pada 2016 (29,9°C), sedangkan terendah pada 2018 (28,8°C). Rata-rata sederhana dari sepuluh nilai tahunan dalam Tabel 1 adalah 29,23°C. Nilai minimum yang dilaporkan dari data pengamatan sebesar 26,71°C pada September 2019, sementara maksimum sebesar 32,42°C pada Oktober 2020. Secara umum, hasil interpretasi spasial menunjukkan suhu lebih tinggi di dekat pantai dan lebih rendah di perairan yang lebih jauh dari pantai.

Tabel 1. Rata-rata SPL Tahunan dari Citra MODIS Aqua L3SMI di Perairan Kragan (2016–2025)

Tahun	SPL MODIS Aqua (°C)
2016	29,9
2017	28,9
2018	28,8
2019	28,9
2020	29,4
2021	29,3
2022	29,3
2023	29,1
2024	29,6
2025	29,1

Sumber: Hasil pengolahan data, 2026



Gambar 1. Grafik Rata-rata SPL Tahunan Berdasarkan MODIS Aqua L3SMI di Perairan Kragan, 2016–2025

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pola Spasial SPL di Perairan Kragan

Secara umum, hasil interpretasi menunjukkan SPL di perairan dekat pantai cenderung lebih tinggi daripada bagian perairan lepas. Perairan dangkal dapat mengalami perubahan suhu lebih cepat karena interaksi dengan atmosfer, kedalaman, dan proses pencampuran massa air; masukan air dari daratan juga dapat memengaruhi kondisi termal setempat (Putri et al., 2024; Insanu & Prasetya, 2021). Karakter sebaran SPL yang dipengaruhi posisi relatif terhadap garis pantai juga telah dibahas pada kajian perairan Tanjungpinang (Ramadani et al., 2022). Namun, ukuran piksel MODIS Aqua

sekitar 4,6 km dapat menyatukan beberapa karakter perairan dalam satu piksel. Karena itu, pola dekat pantai pada penelitian ini tidak diinterpretasikan sebagai variasi suhu skala sangat rinci.

3.2.2 Pola Temporal dan Variabilitas Musiman

Variasi SPL selama 2016–2025 dapat didiskusikan dalam konteks sirkulasi dan perubahan musim monsun. Pada musim timur, perubahan angin dan proses pencampuran air permukaan dapat berhubungan dengan penurunan suhu di sejumlah wilayah, sementara kondisi musim barat dan pancaroba dapat memperlihatkan karakter termal berbeda (Yuliardi et al., 2024; Berliani et al., 2025). Nilai minimum yang dilaporkan pada September 2019 berada dalam periode musim timur, sedangkan nilai maksimum pada Oktober 2020 menunjukkan bahwa suhu permukaan dalam dataset dapat melampaui 30°C. Fenomena suhu tinggi di perairan tropis juga telah dibahas oleh Swandiko et al. (2021). Penafsiran keterkaitan ini bersifat deskriptif karena penelitian tidak melakukan pengujian hubungan statistik langsung terhadap data angin.

Perubahan rata-rata antartahun menunjukkan nilai 29,9°C pada 2016, turun menjadi 28,8°C pada 2018, kemudian bervariasi hingga mencapai 29,6°C pada 2024 dan 29,1°C pada 2025. Secara regional, variabilitas SPL dapat dipengaruhi oleh ENSO maupun IOD sebagaimana ditunjukkan dalam studi Laut Jawa dan perairan sekitarnya (Kurniawan et al., 2025; Wangdiarta et al., 2024; Rachman et al., 2025). Akan tetapi, pengaruh kedua fenomena tersebut tidak diuji dalam penelitian ini. Karena itu, fluktuasi yang teramati tidak dapat secara langsung diatribusikan pada peristiwa iklim tertentu tanpa analisis anomali SPL dan indeks iklim yang sesuai.

3.2.3 Evaluasi Kesesuaian SPL MODIS Aqua dengan Data Lapangan

Evaluasi terhadap 12 pasangan nilai SPL MODIS Aqua dan pengamatan lapangan tahun 2025 menghasilkan RMSE yang dilaporkan sebesar 0,3°C. Nilai tersebut menggambarkan besarnya selisih berbasis kuadrat antara hasil ekstraksi satelit dan nilai suhu yang diukur pada lokasi pengamatan. RMSE tidak dengan sendirinya mengukur seluruh dimensi akurasi produk maupun menunjukkan kesesuaian untuk semua waktu dan kondisi perairan. Di pesisir, perbedaan waktu perekaman, tutupan awan, dan ukuran piksel dapat memengaruhi kecocokan hasil estimasi berbasis satelit dengan pengamatan titik. Dengan demikian, hasil ini diperlakukan sebagai evaluasi awal kesesuaian MODIS Aqua di lokasi penelitian, bukan sebagai validasi menyeluruh untuk seluruh deret 2016–2025.

Pemanfaatan MODIS Aqua bersama GEE mendukung pengolahan SPL untuk rentang waktu yang relatif panjang tanpa prosedur pengunduhan manual citra satu per satu. Pendekatan serupa juga digunakan dalam kajian SPL multitemporal oleh Rusydi et al. (2022) dan kajian Aqua MODIS oleh Rosalina et al. (2025). Kegunaan utama dari rangkaian data penelitian ini adalah tersedianya gambaran nilai tahunan yang konsisten untuk mendukung penelaahan dinamika termal perairan Kragan, dengan tetap mempertimbangkan batas resolusi produk dan representativitas sampel validasi.

3.2.4 Implikasi dan Keterbatasan

Dari sisi aplikasi, ringkasan SPL tahunan MODIS Aqua dapat digunakan sebagai informasi awal mengenai dinamika termal perairan pesisir untuk kajian oseanografi dan pengelolaan sumber daya perikanan. Pemrosesan melalui GEE membantu pengelolaan data spasial-temporal dalam jumlah besar (Tamiminia et al., 2020). Keterbatasan penelitian mencakup resolusi spasial MODIS Aqua sekitar 4,6 km, jumlah pasangan validasi yang hanya 12, ketidaksamaan waktu antara sebagian pengukuran lapangan dan citra, serta ketersediaan data validasi pada tahun 2025 saja. Penelitian berikutnya disarankan menambah titik dan waktu pengamatan lapangan, mengevaluasi pengaruh penyaringan kualitas data, dan menganalisis variabel pendukung seperti angin, arus, dan klorofil-a.

4. Kesimpulan

Berdasarkan citra MODIS Aqua L3SMI yang diolah melalui Google Earth Engine, rata-rata suhu permukaan laut tahunan di Perairan Kragan, Kabupaten Rembang, pada 2016–2025 berkisar 28,8–29,9°C, dengan nilai tertinggi pada 2016 dan terendah pada 2018. Hasil interpretasi menunjukkan kecenderungan suhu lebih tinggi di dekat pantai dibandingkan perairan lepas serta perubahan antartahun yang dapat dibahas dalam konteks variasi musiman. Nilai minimum dan maksimum yang dilaporkan adalah 26,71°C pada September 2019 dan 32,42°C pada Oktober 2020. Uji kesesuaian menggunakan 12 pasangan data lapangan tahun 2025 menghasilkan RMSE yang dilaporkan sebesar 0,3°C. Analisis ini menyediakan ringkasan spasial-temporal SPL selama satu dekade berdasarkan MODIS Aqua, sementara penilaian akurasi yang lebih menyeluruh masih memerlukan validasi lapangan yang lebih luas dan serentak dengan waktu perekaman satelit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban atas dukungan fasilitas dan bimbingan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada NASA Ocean Biology Processing Group (OB.DAAC) sebagai penyedia produk MODIS Aqua L3SMI serta pengelola Google Earth Engine sebagai penyedia platform akses dan analisis data.

Referensi

- Anugrah, A. P., Hidayah, Z., As-syakur, A., & Rachman, H. A. (2023). Pemanfaatan Citra Satelit Aqua-MODIS untuk Pemantauan Dinamika Spasio-Temporal Produktivitas Primer Bersih di Perairan Laut Jawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(3), 473–484. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.18222>
- Anwar, I. P., Setiawan, A., Herho, S. H. S., & Atmojo, A. T. (2024). Analisis Parameter Laut-Atmosfer terhadap Anomali Tinggi Muka Air di Laut Jawa. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 6(4), 306–315. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i4.24645>
- Astuti, E. Y., Damar, A., & Kurniawan, F. (2023). Analisis Perubahan Garis Pantai dan Resiliensi Ekologis Pesisir Kabupaten Tangerang Provinsi Banten. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 15(3), 283–300. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v15i3.42885>
- Berliani, R., Siregar, A. A., Abrar, C. B., Rahmawati, N. S., Suhendra, & Lizalidiawati. (2025). Identifikasi Suhu Permukaan Laut pada Saat Terjadinya IOD Positif, El Nino, dan Monsun di Perairan Barat Sumatra. *Jurnal Kelautan*, 18(1), 10–21. <https://doi.org/10.21107/jk.v18i1.29100>
- Fajarendra, Y. I., & Uyun, S. (2026). Penerapan Metode Ensemble Learning dalam Klasifikasi Risiko Abrasi Menggunakan Citra Satelit Google Earth Engine. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 13(1), 131–141. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2026131>
- Google Earth Engine. (n.d.). Ocean Color SMI: Standard Mapped Image MODIS Aqua Data [Dataset]. Google for Developers. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_OCEANDATA_MODIS-Aqua_L3SMI
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.
- Insanu, R. K., & Prasetya, F. V. A. S. (2021). Pemetaan Sebaran Suhu Permukaan Laut (SPL) sebagai Parameter Penentuan Potensi Perikanan dan Budidaya di Pesisir Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur. *Jurnal Elipsoida*, 4(1). <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2021.10050>
- Iswanto, D. (2024). Dampak Kebijakan Pembangunan Plaza Ikan dalam Upaya Pemberdayaan Masyarakat Pesisir di Kabupaten Tuban. *Jurnal Transformasi Administrasi*, 14, 220–240.
- Kurniawan, M. W., Rifai, A., & Ismunarti, D. H. (2025). Variabilitas Suhu Permukaan Laut Dipengaruhi oleh ENSO dan IOD di Laut Jawa, Tahun 2007–2021. *Journal of Marine Research*, 14(4), 706–715. <https://doi.org/10.14710/jmr.v14i4.46498>
- Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2024). Spatial–Temporal Analysis of Land Surface Temperature Changes on Ambon Island Using Landsat 8 Image Data with Google Earth Engine. *Journal of Data Analytics, Information, and Computer Science (JDAICS)*, 1(3), 134–142. <https://doi.org/10.59407/jdaics.v1i3.751>

- Mulyani, A. S. (2021). Antisipasi Terjadinya Pemanasan Global dengan Deteksi Dini Suhu Permukaan Air Menggunakan Data Satelit. *E-Journal CENTECH*, 2(1), 22–29.
- Putri, R., Hastuti, W., Azizah, R., & Nuraini, T. (2024). Kondisi Meteorologi Laut terhadap Suhu Permukaan Laut di Perairan Kota Surabaya Tahun 2019–2021. *Journal of Marine Research*, 13(4), 701–712. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i4.43227>
- Rachman, H. A., Hidayah, Z., & Yuliardi, A. Y. (2025). Dinamika Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Laut Flores Hubungannya dengan Fenomena ENSO dan IOD. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(1), 53–62. <https://doi.org/10.14710/jkt.v28i1.25779>
- Ramadani, A., Suhana, M. P., & Febrianto, T. (2022). Karakteristik Spasial Suhu Permukaan Laut Perairan Kota Tanjungpinang pada Empat Musim Berbeda. *Jurnal Kelautan*, 15(1), 39–59. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i1.10832>
- Rosalina, D., Rizkiah, R., Handayani, E., Wardono, S., Sutrisno, B. O., Ismail, R. M., Sabilah, A. A., Leilani, A., & Alfira. (2025). Pemetaan Sebaran Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Menggunakan Data Citra Satelit Aqua MODIS di Perairan Selat Makassar. *Jurnal Kelautan*, 18(1), 31–39. <https://doi.org/10.21107/jk.v18i1.29370>
- Rusydi, A. N., Masitoh, F., & Adzkiya, T. S. (2022). Multitemporal Analysis of Sea Surface Temperature (SST) Using Google Earth Engine (GEE) in Southern Malang Sea. *Prosiding Seminar Nasional Geografi*, 59–69.
- Swandiko, M., Wirasatriya, A., Marwoto, J., Indrayanti, E., Subardjo, P., & Ismunarti, D. H. (2021). Studi Persistensi Suhu Permukaan Laut Tinggi (>30°C) di Perairan Selat Malaka. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(2), 162–170. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i2.31554>
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152–170. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- Tezar, M., Irmayunita, M., Mualim, A., Faruq, F., & Prayogo, L. M. (2023). Karakteristik Multitemporal Arus Permukaan Laut di Perairan Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research)(J-Tropimar)*, 5(1), 1-8.
- Wangdiarta, F. P., Wirasatriya, A., & Harsono, G. (2024). Respon Suhu Permukaan Laut (SPL) terhadap ENSO di Perairan Masalemba Periode 2010–2019. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 6(1), 57–71. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i1.17944>
- Yuliardi, A. Y., Rachman, H. A., Sari, R. J., Rahmalia, D. A., & Nugroho, A. T. (2024). Analisis Variasi Musiman Suhu, Salinitas, dan Arus Permukaan di Perairan Madura. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 6(4). <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i4.24477>
- Zibar, Z., et al. (2023). *Dinamika Perairan Laut Dangkal*. Widina Media Utama.