

ANALISIS VARIASI SUHU PERAIRAN DI SELAT MADURA TAHUN 2013-2020 MENGGUNAKAN DATA DARI MARINE COPERNICUS

ANALYSIS OF WATER TEMPERATURE VARIATION IN THE MADURA STRAIT WATERS FROM 2013 TO 2020 USING DATA FROM MARINE COPERNICUS

Renita Andriani¹, Syarifah Hikmah Julinda Sari^{1,2}, Ating Yuniarti¹, Ledhyane Ika Harlyan^{1,2}, Widodo Setyo Pranowo^{3,4}, M. Arif Zainul Fuad^{1,2} dan Aida Sartimbul^{1,2*}

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jalan Veteran, Malang 65145

²Marine Resources Exploration and Management (MEXMA) Research Group, Universitas Brawijaya, Jalan Veteran, Malang 65145.

³Research Center for Climate and Atmosphere, National Research and Innovation Agency (BRIN), East Ancol, Jakarta, 14430. Indonesia

⁴Department of Hydrography, Indonesian Naval Postgraduate School (STTAL), East Ancol, Jakarta, 14430. Indonesia

*e-mail: aida@ub.ac.id

ABSTRAK

Perubahan iklim global mempengaruhi berbagai aspek lingkungan, termasuk suhu perairan laut yang berperan penting dalam proses biogeokimia. Pemantauan suhu perairan menjadi krusial untuk memahami dampak perubahan iklim terhadap habitat laut dan kegiatan ekonomi yang bergantung pada sumber daya perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi variasi suhu perairan di Selat Madura selama periode 2013-2020 untuk memahami karakteristik suhu dan pola musiman yang terjadi. Data primer suhu perairan diperoleh melalui pengukuran *in situ* menggunakan HOBO Temperature Data Logger, data suhu perairan sekunder didapatkan melalui Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) pada kedalaman 2,65 meter. Metode analisa data yang dipakai yakni pengujian normalitas, uji t serta analisa regresi linier sederhana. Hasil riset membuktikan jika suhu perairan berkisar 27-32°C. Selama musim barat, suhu perairan berkisar 27,27°C hingga 29,4°C. Suhu perairan tertinggi tercatat pada musim peralihan I yaitu antara 29,71°C hingga 31°C, sementara musim timur menunjukkan suhu yang lebih rendah, antara 27,27°C hingga 29,4°C. Pada musim peralihan II, suhu perairan berkisar 29,57°C hingga 30,89°C. Temuan ini menunjukkan adanya variasi musiman yang signifikan dalam suhu perairan, yang dapat mempengaruhi proses biogeokimia di Selat Madura. Penelitian ini juga mengidentifikasi perlunya pemantauan berkelanjutan untuk mengetahui dampak jangka panjang akibat perubahan iklim terhadap perubahan suhu perairan dan ekosistem maritim.

Kata kunci: anomali; iklim; rata-rata; selat madura; suhu perairan.

ABSTRACT

Global climate change affects various aspects of the environment, including seawater temperatures, which play a crucial role in biogeochemical processes. Monitoring water temperatures is critical in understanding the impact of climate change on marine habitats and economic activities that depend on water resources. This research aims to evaluate the variations in water temperature in the Madura Strait from 2013 to 2020 to understand the temperature characteristics and seasonal patterns. Primary water temperature data were obtained through in situ measurements using a HOBO Temperature Data Logger. In contrast, secondary water temperature data were sourced from the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) at a depth of 2.65 meters. A normality test, t-test, and simple linear regression analysis were used in this study. The research results indicate that water temperatures range from 27 to

32°C. During the western season, water temperatures range from 27.27°C to 29.4°C. The highest water temperatures were recorded during the first transitional season, ranging from 29.71°C to 31°C, while the eastern season showed lower temperatures, between 27.27°C and 29.4°C. In the second transitional season, water temperatures ranged from 29.57°C to 30.89°C. This finding indicates a significant seasonal variation in water temperature, which can affect biogeochemical processes in the Madura Strait. This research also identifies the need for continuous monitoring to understand the long-term impacts of climate change on water temperature changes and marine ecosystems.

Keywords: *anomaly; average; climate; madura strait; water temperature.*

PENDAHULUAN

Sebaran sejumlah faktor sepertihalnya suhu, salinitas, serta oksigen terlarut secara spasial dan temporal dapat digunakan untuk menentukan kondisi oseanografi suatu perairan. Kerapatan air laut dipengaruhi oleh suhu perairan dimana air yang lebih hangat memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan air yang lebih dingin. Sebaran suhu perairan pada permukaan dipengaruhi oleh lintang, sedangkan secara vertikal dipengaruhi oleh kedalaman (Stewart, 2008). Variasi suhu perairan memiliki dampak signifikan terhadap interaksi atmosfer-laut yang mempengaruhi kelimpahan, produktivitas (Sartimbul *et al.*, 2010; 2018), dan kematian organisme (Takeshige *et al.*, 2013), kebiasaan makan (Sartimbul *et al.*, 2023b), distribusi organisme (Sartimbul *et al.*, 2023a), serta dapat berpengaruh terhadap kehidupan organisme di perairan tersebut (Mann and Lazier, 2006).

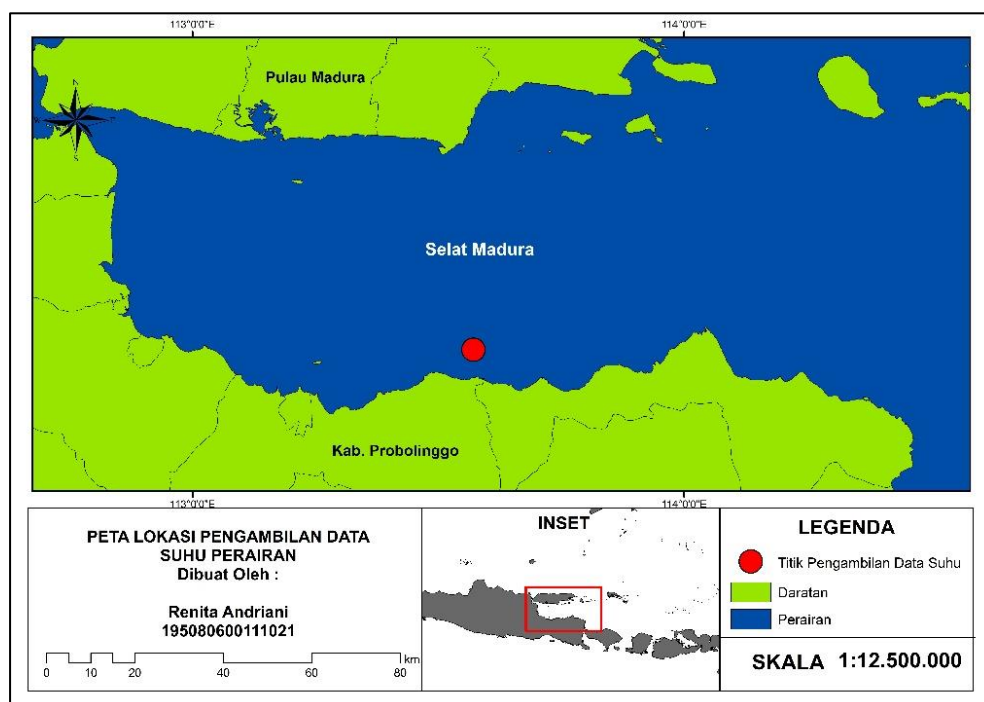
Suhu perairan juga dipengaruhi oleh variabel luar seperti cuaca, arus, kecepatan angin, kondisi atmosfer, dan tingkat penyinaran matahari (Patty, 2013). Sistem monsun dengan angin musim yang berbalik arah setiap enam bulan turut mempengaruhi dinamika atmosfer di Indonesia (Ramage, 1971), serta fenomena global sepertihalnya El-Niño, La-Niña, dan *Indian Ocean Dipole Mode* (IODM) (Sartimbul *et al.*, 2007; Sartimbul *et al.*, 2010; Kurniawan *et al.*, 2013; Sartimbul *et al.*, 2023a).

Perubahan iklim telah menjadi semakin nyata. Suhu permukaan laut di seluruh dunia telah meningkat tajam pada bulan April 2023 dan mencapai rekor tertinggi selama 45 tahun terakhir (McGrath & Poynting, 2023). Keterbatasan informasi tentang variasi suhu di perairan Selat Madura, mendorong dilaksanakannya penelitian terkait variasi suhu perairan secara *in situ* dan membandingkannya dengan data analisis ulang (*reanalysis*) untuk mengevaluasi kemampuan data tersebut dalam menggantikan pengukuran lapangan di Selat Madura. Metode analisis ulang yang ditemukan berlandaskan atas *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) telah banyak digunakan dalam pemantauan lingkungan laut dan memberikan data yang relevan untuk penelitian ini (Paruntu *et al.*, 2021; Tarek *et al.*, 2019).

METODE

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Wilayah kajian dari riset ini berlokasi dalam Perairan Selat Madura. Pengambilan data suhu perairan *in situ* dilakukan di Perairan Paiton yang merupakan salah satu bagian dari Perairan Selat Madura yang terletak pada bagian utara Kabupaten Probolinggo. Kecamatan Paiton terletak pada koordinat 113°32'32"LU – 7°43'30" LS. Peta lokasi riset mampu diamati dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Perairan Selat Madura
Figure 1. Map of Research Locations in the Waters of the Madura Strait

2. Jenis dan Metode Pengambilan Data

Data yang diperlukan pada riset ini yakni data primer serta sekunder. Data primer yakni data suhu perairan *in situ* hasil pengukuran *HOBO Temperature Data Logger*. Waktu pengambilan data suhu perairan dimulai dari bulan Maret – Juni 2019 dan Oktober 2019 – Oktober 2020 pada koordinat -7,71441667 dan -113,59441667. Data yang akan dipakai dalam riset ini merupakan bagian atas data suhu perairan hasil pengukuran dengan *HOBO Temperature Data Logger* bagian dari Hibah Penelitian Doktor Lektor Kepala Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Data sekunder yang dipakai ialah data suhu perairan yang diunduh melalui *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* atau *CMEMS*.

3. Metode Analisis

Metode yang dipakai guna menyelidiki variasi suhu perairan pada penelitian ini yakni Uji Normalitas dan Uji T untuk validasi data suhu perairan yang diperoleh dari CMEMS dibandingkan dengan suhu perairan hasil pengukuran *in situ*. Langkah-langkah penelitian dimulai dari validasi data hingga analisis statistika sebagai berikut:

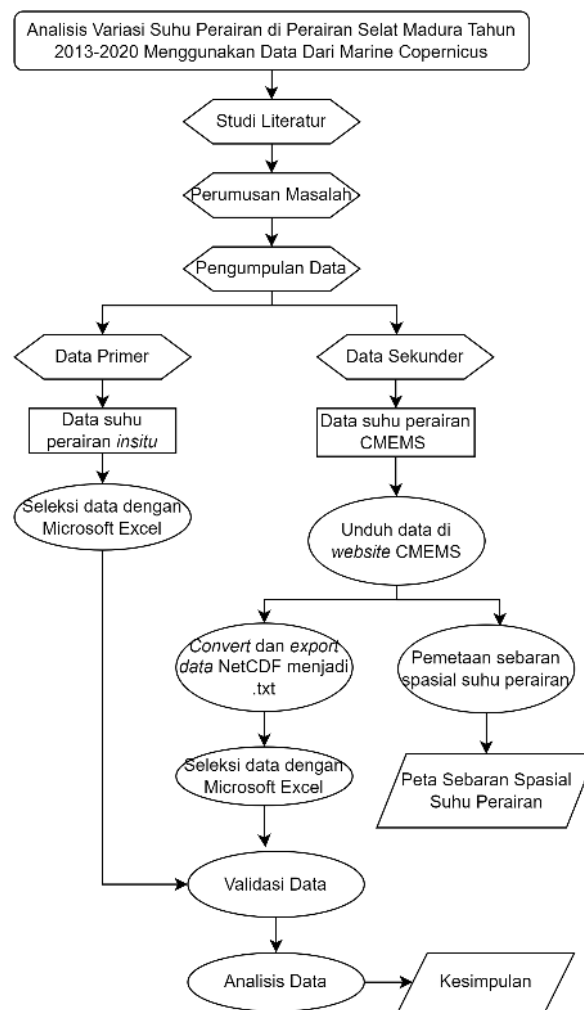
a. **Uji normalitas**, merupakan langkah pengujian suatu data untuk melihat normal atau tidaknya distribusi nilai residual. Apabila data yang diuji terdistribusi normal maka peluang terjadinya bias akan lebih kecil. Riset ini memakai metode pengujian normalitas *Kolmogorov-Smirnov Test* dengan *exact test* Monte Carlo menggunakan perangkat lunak SPSS 16. Menurut Ghozali (2011), terdapat beberapa dasar dalam pengambilan keputusan uji normalitas yakni dibawah ini:

1. Jika nilai *Asymp. Sig* dari data yang dilakukan uji melampaui 0,05, alhasil data tersebut berdistribusi normal.
2. Jika nilai *Asymp. Sig* dari data yang diuji tidak mencapai 0,05, alhasil data tersebut berdistribusi tidak normal.

b. **Uji T**, adalah langkah yang bertujuan untuk menguji rata-rata dari beberapa populasi. Riset ini memakai metode uji T dua sampel berpasangan atau *paired sample T-test*. Tujuan dari uji T dua sampel berpasangan ini adalah melihat perbandingan rata-rata satu sampel yang diberi perlakuan dengan sampel sebelum diberi perlakuan atau pengujian dua data yang mempunyai cara pengukuran berbeda (Santoso, 2010). Menurut Santoso (2010), terdapat dua dasar dalam penarikan kesimpulan berdasarkan hasil Uji T yakni sebagai berikut:

1. Apabila *Asymp. Sig* dari data yang sedang dilakukan uji bernilai melampaui 0,05 alhasil tidak ada hubungan antara suhu perairan *in situ* dengan CMEMS.
2. Apabila *Asymp. Sig* dari data yang sedang dilakukan uji bernilai tidak mencapai 0,05 alhasil terdapat hubungan antara suhu perairan *in situ* dengan CMEMS.

Selain analisis temporal, dilakukan pula analisis spasial untuk mengkaji sebaran suhu perairan baik secara tahunan maupun musiman. Analisis spasial ini melibatkan penilaian variasi suhu perairan di berbagai lokasi geografis dalam area studi untuk mengidentifikasi pola dan gradien spasial. Dengan mengevaluasi distribusi suhu sepanjang tahun dan di berbagai musim, analisis ini memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai variasi suhu secara spasial di Selat Madura. Terdapat pula alur dilaksanakannya riset ini yang mampu diamati dalam Gambar 2.

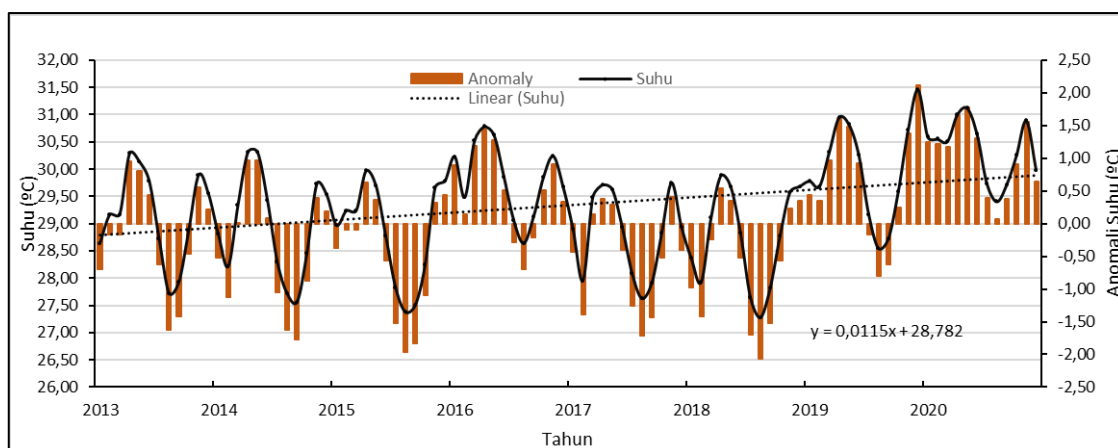


Gambar 2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian
Figure 2. Research Procedure Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tren dan Anomali Suhu Perairan di Perairan Selat Madura

Pengamatan terhadap data suhu perairan dalam penelitian ini dilakukan selama periode 2013 hingga 2020 di wilayah Perairan Selat Madura. Perhitungan anomali suhu perairan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui penyimpangan data dari keadaan rata-rata yang terjadi dalam 8 tahun tersebut. Berdasarkan analisis grafik pada Gambar 3, terlihat bahwa anomali suhu perairan selama periode 2013 hingga 2020 menunjukkan tren peningkatan yang konsisten setiap tahun, dengan rata-rata kenaikan sebesar $+0,0115\text{ }^{\circ}\text{C}$.

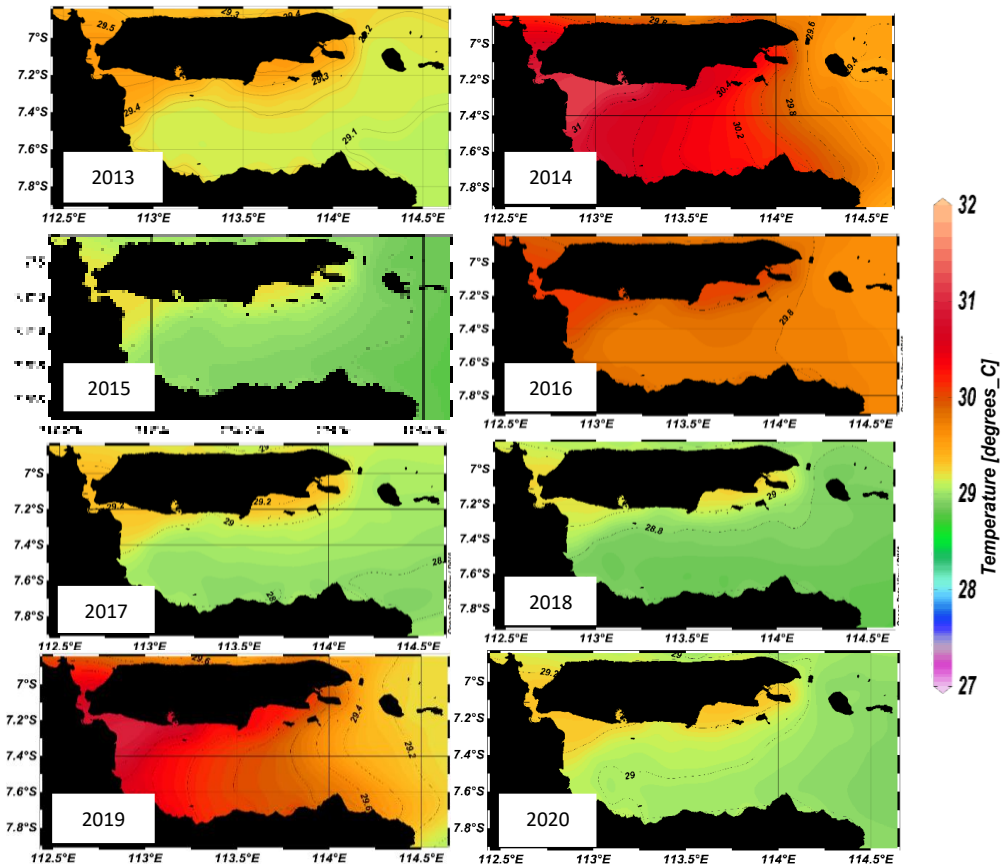


Gambar 3. Grafik Variasi dan Anomali Suhu Perairan di Selat Madura Periode Tahun 2013 – 2020.

Figure 3. Graph of Variations and Anomalies in Water Temperature in the Madura Strait for the Period 2013–2020

Variasi suhu perairan cenderung mengalami kenaikan yang ditunjukkan dengan naiknya garis tren secara signifikan setiap tahunnya. Secara *time series*, nilai suhu selama 8 tahun pada lokasi penelitian berkisar antara 27-32°C dengan rata-rata 29,34°C (Gambar 3). Suhu tertinggi sebesar 31,46 °C tercatat pada bulan Desember 2019, sedangkan suhu terendah sebesar 27,27 °C terjadi pada bulan Agustus 2018. Secara umum, fase suhu tinggi berlangsung antara bulan Desember hingga April, diikuti oleh fase suhu rendah yang dimulai pada bulan Juni, yang memiliki titik paling rendah ditemukan ketika bulan Agustus hingga September. Adapun sebaran spasial suhu perairan di Perairan Selat Madura tahun 2013 – 2020 dapat dilihat pada Gambar 4.

Nilai anomali suhu perairan dihitung dari pengurangan nilai suhu perairan setiap bulan pada masing-masing tahun penelitian dengan nilai rata-rata dari keseluruhan nilai suhu perairan sehingga dihasilkan nilai anomali. Anomali yang terjadi pada lokasi penelitian mengalami fluktuasi yang signifikan, ditunjukkan dengan kenaikan garis tren setiap tahunnya. Berdasarkan grafik yang terlihat pada Gambar 3, terlihat bahwa anomali pada tahun 2017 – 2018 cenderung bernilai negatif. Namun, sebaliknya pada saat memasuki tahun 2019 nilai anomali mengalami kenaikan menuju ke fase positif hingga puncaknya yang terjadi pada Desember 2019 dan sepanjang tahun 2020 anomali suhu perairan berada pada nilai positif.



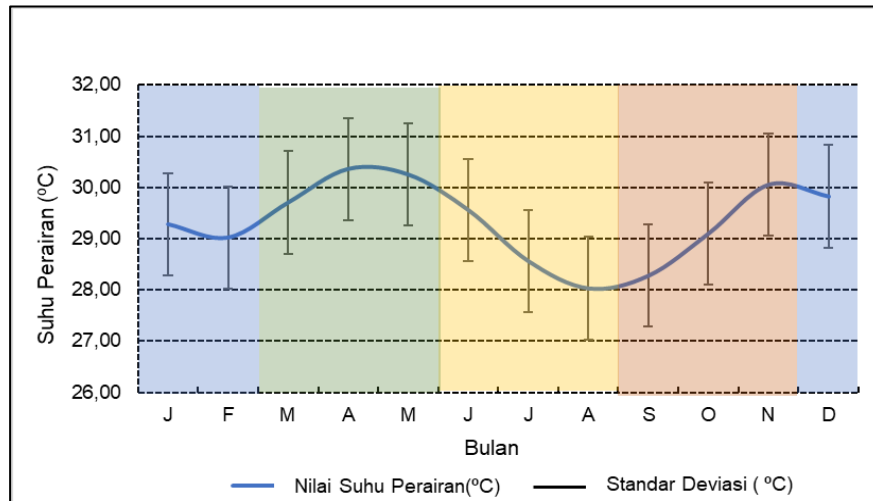
Gambar 4. Distribusi Spasial Suhu Perairan Secara Tahunan Periode 2013-2020 di Perairan Selat Madura
Figure 5. Annual Spatial Distribution of Water Temperature for the Period 2013–2020 in the Madura Strait Waters

2. Tren Musiman Suhu Perairan di Selat Madura

Analisis suhu perairan secara musiman dilakukan untuk melihat variasi musiman dari suhu perairan. Hasil analisis musiman suhu perairan secara berurutan dari musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II dipaparkan dalam Gambar 5. Secara umum, suhu perairan cenderung cukup tinggi ketika musim peralihan I (Maret-Mei) dibandingkan musim lainnya. Rata-rata tertinggi suhu perairan selama 8 tahun terjadi pada bulan April dengan rentang suhu 29,71°C hingga 31°C dengan nilai standar deviasi sebesar $\pm 0,467^\circ\text{C}$. Musim berikutnya yakni musim timur (Juni-Agustus) keadaan suhu perairan menuju ke rata-rata terendah selama sepanjang tahun khususnya pada bulan Agustus dimana rentang suhu perairan berkisar antara 27,27°C hingga 29,4°C dengan standar deviasi sebesar $\pm 0,697^\circ\text{C}$.

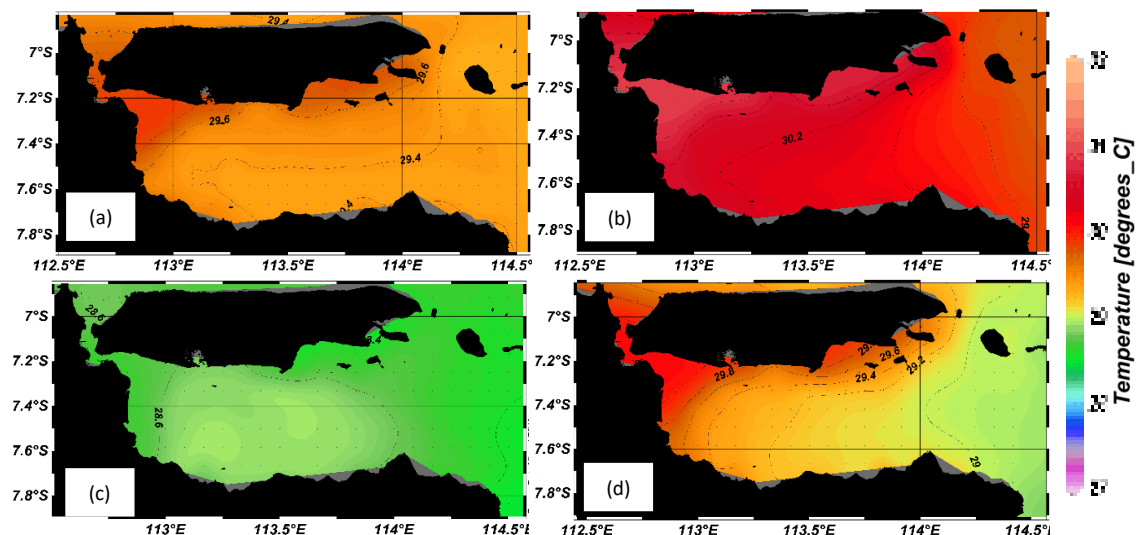
Suhu perairan kembali mengalami kenaikan pada musim peralihan II (September – November) dimana rerata suhu perairan berada pada rentang 29,57°C hingga 30,89°C dengan standar deviasi sebesar $\pm 0,471^\circ\text{C}$ pada bulan November. Kondisi suhu perairan

kembali mengalami penurunan pada musim barat (Desember – Februari) dimana nilai rata-rata suhu perairan 28,94°C hingga 31,46°C dengan standar deviasi sebesar $\pm 0,679^{\circ}\text{C}$ yang merupakan nilai paling tinggi suhu dalam musim tersebut ditemukan di bulan Desember. Adapun sebaran spasial suhu perairan secara musiman periode 2013 – 2020 di Perairan Selat Madura mampu diamati dalam Gambar 6.



Gambar 5. Variasi Musiman Suhu Perairan di Selat Madura Periode Tahun 2013 – 2020: Musim Barat (Biru); Musim Peralihan I(Hijau); Musim Timur (Kuning) dan Musim Peralihan II (Merah).

Figure 6. Seasonal Variation of Water Temperature in the Madura Strait for the Period 2013–2020: Northwest Moonsoon (Blue); Transitional Moonsoon I (Green); Southeast Moonsoon (Yellow); and Transitional Moonsoon II (Red)



Gambar 6. Distribusi Spasial Suhu Perairan Secara Musiman di Perairan Selat Madura Periode Tahun 2013 - 2020: (a) Musim Barat; (b) Musim Peralihan I; (c) Musim Timur dan (d) Musim Peralihan II.

Figure 7. Spatial Distribution of Water Temperature Seasonally in the Madura Strait Waters for the Period 2013–2020: (a) Northwest Moonsoon; (b) Transitional Moonsoon I; (c) Southeast Moonsoon; and (d) Transitional Moonsoon II

3. Analisis Tren dan Anomali Suhu Perairan Musiman dan Tahunan

Tren suhu perairan Selat Madura selama 8 tahun menunjukkan kenaikan yang dibuktikan dengan naiknya garis tren. Pernyataan ini selaras terhadap temuan Akbari *et al.* (2017), yang memberikan pernyataan jika suhu perairan, terutama di wilayah laut dalam, telah mengalami peningkatan di beberapa area sejak tahun 1990. Ditambahkan oleh Balmaseda *et al.*, (2013) yang memberikan pernyataan jika beberapa penelitian sebelumnya juga telah menunjukkan adanya pemanasan lautan dunia dan 30% pemanasan laut selama dekade terakhir ini lebih banyak terjadi pada lautan yang lebih dalam. Fenomena ini sangat berbeda karena belum pernah terjadi selama setengah abad terakhir.

Suhu perairan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2019 sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Agustus 2018. Berdasarkan Gambar 3, suhu perairan secara umum mengalami peningkatan selama musim peralihan I (Maret-Mei) hingga musim timur pada bulan Juni, diikuti oleh penurunan suhu pada bulan Agustus hingga Oktober. Fenomena ini sejalan dengan temuan Patty (2013), yang menunjukkan bahwa variasi suhu perairan cenderung lebih tinggi pada bulan Mei selama musim peralihan I. Penyebabnya adalah pada bulan Mei merupakan waktu dimana cuaca yang baik serta langit yang cerah dan minim akan tutupan awan sehingga hasil pengukuran suhu perairan menunjukkan suhu yang relatif lebih tinggi daripada bulan-bulan sebelumnya pada musim peralihan I. Kondisi seperti ini merupakan salah satu ciri khusus perairan iklim tropis dimana peran radiasi matahari terhadap suhu perairan lebih dominan (Baihaqi *et al.*, 2017).

Berdasarkan variasi suhu secara musiman dan tahunan, terlihat bahwa suhu perairan secara umum memiliki rata-rata terendah pada musim timur (Juni – Agustus). Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian Sartimbul *et al.* (2010; 2018; 2023a), yang menunjukkan bahwa suhu perairan pada musim timur cenderung lebih rendah dibandingkan dengan musim barat. Hal ini disebabkan oleh proses pengadukan dan pencampuran massa air dari permukaan dengan lapisan perairan di bawahnya, yang lebih dikenal dengan istilah *upwelling*. Ditambahkan oleh Wyrcki (1961), kecenderungan penurunan nilai suhu perairan ini diduga disebabkan oleh adanya fenomena adveksi. Adveksi merupakan proses pertukaran energi panas dari perairan menuju atmosfer yang dibantu oleh pergerakan angin. Kuat lemahnya proses adveksi dipengaruhi oleh intensitas angin Muson Tenggara, dimana semakin tinggi intensitas angin maka semakin besar energi panas yang dipindahkan dari perairan menuju atmosfer yang menyebabkan penurunan suhu perairan (Kunarso, 2013). Angin musim timur yang bertiup sepanjang

musim timur dengan kecepatan maksimal menyebabkan penurunan suhu perairan. Selain itu, fenomena ini juga berkontribusi pada peningkatan intensitas pemanasan, yang mengakibatkan transfer panas yang signifikan ke atmosfer (Atmadipora dan Widyastuti, 2014).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data suhu perairan di Selat Madura dari tahun 2013 hingga 2020, terdeteksi adanya peningkatan anomali suhu tahunan sebesar $+0,0115^{\circ}\text{C}$, menunjukkan tren kenaikan suhu secara signifikan. Suhu perairan bervariasi antara $27-32^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata $29,34^{\circ}\text{C}$, mengalami nilai tertinggi pada bulan Desember 2019 ($31,46^{\circ}\text{C}$) dan terendah pada bulan Agustus 2018 ($27,27^{\circ}\text{C}$). Secara musiman, suhu perairan tertinggi terjadi pada musim peralihan I (Maret-Mei), dengan nilai puncaknya di bulan April ($29,71^{\circ}\text{C}$ hingga 31°C), sedangkan suhu terendah terjadi pada musim timur (Juni-Agustus), khususnya di bulan Agustus ($27,27^{\circ}\text{C}$ hingga $29,4^{\circ}\text{C}$). Selama periode 2013-2020, suhu perairan menunjukkan pola musiman yang jelas, dengan fluktuasi suhu yang berkaitan dengan perubahan musim serta peningkatan anomali suhu yang signifikan terutama di akhir periode studi.

Rekomendasi Kebijakan

Dinamika suhu perairan di Selat Madura dengan kecenderungan terjadi peningkatan suhu pada beberapa tahun terakhir ini, maka direkomendasikan suatu kebijakan berupa monitoring secara berkelanjutan pada suhu perairan terutama pada kondisi ekstrem akibat intensitas perubahan iklim global dalam upaya pengelolaan sumber daya laut perikanan secara berkelanjutan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/ SDGs), utamanya SDGs 14. Pemerintah perlu mengembangkan strategi adaptasi untuk komunitas pesisir agar mereka dapat menghadapi perubahan suhu yang mempengaruhi sektor perikanan dan pariwisata. Selain itu, kebijakan iklim lokal harus mencakup penyesuaian berbasis data suhu perairan, dan upaya edukasi masyarakat pesisir mengenai dampak perubahan iklim harus diperkuat. Langkah-langkah ini akan mendukung keberlanjutan ekosistem laut dan kesejahteraan komunitas pesisir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan Bapak Arif Wahyudi, S.Pi. (Syah Bandar Pelabuhan Besar Probolinggo) atas supportnya dalam penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada tim riset Selat Madura yang solid (Victor, Agita, Rasya-Joyo, Ramadhani-Pepe, Achmadika-Avis, Dewa, Tessa, Lita) dan tim UINSA (mbak Ruly dan tim) dukungan lapangannya. Penelitian ini didanai dengan hibah Dosen Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Brawijaya tahun anggaran 2024 dengan nomor kontrak: 37/UN10.F06/KS/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, E., Alavipanah, S.K., Jaihouni, M., Hajeb. M., Haase, D., dan Alavipanah, S. (2017). A Review of Ocean/Sea Subsurface Water Temperature Studies From Remote Sensing And Non-Remote Sensing Methods. *Water*. 9, 1-25.
- Atmadipoera, A. S dan Widyastuti, P. (2014). A Numerical Modeling Study on Upwelling Mechanism in Southern Makassar Strait. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 6(2),355-371.
- Baihaqi, A., Andi, A., Kurniawan, Y., & Santoso, E. (2017). Variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A di Laut Arafura. *Journal of Marine Research*. 12(1), 45-60. <https://doi.org/10.1234/jmr.v12i1.4567>.
- Balmaseda, M. A., K. E Tenberth, dan E. Kallen. (2013). Distinctive Climate Signals In Reanalysis Of Global Ocean Heat Content. *Geophys. Res Letts*, 40, 1754-1759,10.1002/grl.50382
- Ghozali, I. (2011). Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS19. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kunarso, K. (2013). Variabilitas Suhu dan Klorofil-A di Daerah Upwelling Pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa Sampai Timor. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 16(3), 171-180.
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Permana, D. S. (2013). Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi Di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 13(3), 201-212.
- Mann, K.H. & Lazier J N. (2006). *Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interaction in The Oceans*. Third. Canada: Blackwell Publishing Ltd
- McGrath, M. & Poynting, M. (2023). Recent, rapid ocean warming ahead of El Niño alarm scientists. <https://www.bbc.com/news/science-environment-65339934>. (accessed 28 April, 2023)
- Paruntu, K. P., Rampengan, R. M., Manengkey, H. W., Mamuaya, J. M., Windarto, A. B., & Moningkey, R. D. (2021). Sea Surface Temperature of Manado Bay and Its Surroundings. *Jurnal Ilmiah PLATAX*. 9(2), 167-177.
- Patty, S. I. (2013). Distribusi Suhu, Salinitas Dan Oksigen Terlarut Di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 1(3).
- Ramage, C. S. (1971). *Monsoon Meteorology*. Academic Press, San Diego.

- Santoso, S. (2010). *Statistik Multivariat Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Hayashi, I. (2007). Recent Change in Water Temperature and Its Effect on Fisheries Catch of Bottom Gill Nets in A Coastal Region of The Tsushima Warm Current. *La Mer*. 45,1-13.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B., & Kadarisman, H. P. (2010). Variations in chlorophyll-a concentration and the impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait, Indonesia. *Progress in Oceanography*. 87(1–4), 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.09.002>
- Sartimbul, A., Rohadi, E., Yona, D., Yuli, HE., Sambah A.B., Arleston, J. (2018). Change in species composition and its implication on climate variation in Bali Strait: Case study in 2006 and 2010. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 4(2) 38-46. <https://doi.org/10.17762/sfs.v4i2.150>
- Sartimbul, A., H. Nakata, E.Y. Herawati, E. Rohadi, D. Yona, L.I. Harlyan, A.D.R. Putri., V.A. Winata, R.D. Susanto, F.M. Lauro. (2023a). Monsoonal variation and its impact on the feeding habit of Bali *Sardinella* (*S. lemuru* Bleeker, 1853) in Bali Strait. *Deep-Sea Research Part II*. 210, 105317. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2023.105317>
- Sartimbul, A., V.A. Winata, R. D. Kasitowati, F. Iranawati, E. Rohadi, D. Yona, U.G. Anjeli, W.S. Pranowo, F.M. Lauro. (2023b). Seasonal Indonesian Throughflow (ITF) across southern Java determines genetic connectivity of *Sardinella lemuru* (Bleeker, 1835). *Deep-Sea Research Part II*. 209, 105295. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2023.105295>.
- Stewart, R. (2008). *Introduction To Physical Oceanography*. Dept Of Oceanography, Texas A and M University.
- Takeshige, A., Takahashi, T., Nakata, H., & Kimura, S. (2013). Long-Term Trends In Sea Surface Temperature In Coastal Water In Relation To Large-Scale Climate Change: A Case Study In Omura Bay. *Japan Cont Shelf Res*. 66, 73-82.
- Tarek, M., Brissette, F. P., & Arsenault, R. (2020). Evaluation Of the ERA5 Reanalysis As a Potential Reference Dataset For Hydrological Modelling Over North America. *Hydrology and Earth System Sciences*. 24(5), 2527–2544. <https://doi.org/10.5194/hess-24-2527-2020>.
- Wyrski, K. (1961). *Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters (Vol. 2)*. University of California, Scripps Institution of Oceanography.