

Research Article

Analisis Variabilitas Termoklin di Perairan Indonesia dan Dampaknya Terhadap Ekosistem Laut

Indra Gunawan¹, Nazil Syamtri Wibowo²

Sekolah Staff dan Komando Angkatan Laut (SESKOAL), Indonesia^{1,2}

e-mail: 376.indragunawan@gmail.co.id

Abstrak

Penelitian ini menganalisis variabilitas termoklin di berbagai perairan Indonesia dan dampaknya terhadap ekosistem laut. Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki perairan yang kaya akan keanekaragaman hayati dan sangat dipengaruhi oleh dinamika oseanografi. Termoklin, lapisan transisi di kolom air laut yang menunjukkan perubahan suhu yang signifikan dengan kedalaman, memiliki peran penting dalam menentukan distribusi vertikal dari berbagai parameter fisika dan biogeokimia perairan. Studi ini menggunakan data observasi dari beberapa stasiun penelitian laut di Indonesia, mencakup wilayah-wilayah seperti Laut Jawa, Selat Makassar, dan Laut Banda. Selain itu, analisis data satelit suhu permukaan laut (SPL) dan profil suhu vertikal digunakan untuk memahami pola dan variabilitas termoklin baik secara spasial maupun temporal. Metode analisis meliputi analisis statistik dan pemodelan hidrodinamika untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi kedalaman dan intensitas termoklin, seperti suhu permukaan laut, curah hujan, angin monsun, dan fenomena oseanografi global seperti El Niño dan La Niña. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi signifikan dalam kedalaman dan intensitas termoklin antara wilayah barat dan timur Indonesia, serta antara musim hujan dan kemarau. Di wilayah barat Indonesia, seperti Laut Jawa, termoklin cenderung lebih dangkal dan kurang stabil dibandingkan dengan wilayah timur seperti Laut Banda yang menunjukkan termoklin lebih dalam dan stabil. Variasi musiman yang disebabkan oleh perubahan angin monsun juga berpengaruh besar, di mana termoklin menjadi lebih dangkal selama musim hujan dan lebih dalam selama musim kemarau. Dampak dari variabilitas termoklin ini terhadap ekosistem laut sangat signifikan. Kedalaman dan stabilitas termoklin mempengaruhi distribusi vertikal nutrisi, plankton, dan ikan pelagis. Pada kedalaman termoklin yang lebih dangkal, upwelling nutrisi dari lapisan bawah meningkat, yang mendukung produktivitas primer dan kelimpahan plankton. Ini pada gilirannya mempengaruhi distribusi dan migrasi ikan pelagis, yang bergantung pada keberadaan plankton sebagai sumber makanan. Oleh karena itu, variabilitas termoklin memainkan peran kunci dalam produktivitas perikanan di perairan Indonesia. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengelolaan sumber daya laut di Indonesia. Dengan memahami dinamika termoklin dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, pengelolaan perikanan dan konservasi ekosistem laut dapat

dilakukan secara lebih efektif. Studi ini juga menekankan pentingnya pemantauan berkelanjutan dan penelitian lebih lanjut untuk mengantisipasi perubahan lingkungan yang dapat mempengaruhi termoklin dan ekosistem laut di masa depan.

Kata Kunci: Termoklin, Variabilitas, Perairan Indonesia, Ekosistem Laut, Suhu Permukaan Laut, Monsun

PENDAHULUAN

Termoklin merupakan salah satu fitur fisik yang paling penting dalam kolom air laut, menandai lapisan di mana perubahan suhu terjadi secara signifikan dengan kedalaman. Fenomena ini mempengaruhi berbagai aspek dinamika laut dan kehidupan di dalamnya. Di perairan tropis seperti Indonesia, termoklin memainkan peran kunci dalam mengatur distribusi vertikal nutrisi, oksigen, dan berbagai organisme laut. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang variabilitas termoklin sangat penting untuk pengelolaan sumber daya laut dan konservasi ekosistem.

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki perairan yang sangat bervariasi secara geografis dan iklim. Wilayah perairan Indonesia meliputi Laut Jawa, Selat Makassar, Laut Banda, dan banyak lagi, masing-masing dengan karakteristik oseanografi yang unik. Variabilitas termoklin di perairan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk suhu permukaan laut, curah hujan, angin monsun, dan fenomena oseanografi global seperti El Niño dan La Niña. Faktor-faktor ini menyebabkan perubahan musiman dan antar-tahunan dalam kedalaman dan intensitas termoklin, yang pada gilirannya mempengaruhi ekosistem laut dan produktivitas perairan.

Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa termoklin di wilayah barat Indonesia, seperti Laut Jawa, cenderung lebih dangkal dan kurang stabil dibandingkan dengan wilayah timur, seperti Laut Banda dan Laut Maluku, yang menunjukkan termoklin lebih dalam dan stabil. Perubahan musiman yang disebabkan oleh angin monsun juga memiliki dampak signifikan. Selama musim hujan, peningkatan curah hujan dan input air tawar dari daratan cenderung memperdalam termoklin, sedangkan selama musim kemarau, penguapan yang tinggi dan pengurangan curah hujan menyebabkan termoklin menjadi lebih dangkal.

Variabilitas termoklin tidak hanya mempengaruhi parameter fisika laut tetapi juga memiliki implikasi penting bagi ekosistem laut. Kedalaman dan stabilitas termoklin menentukan distribusi vertikal nutrisi, yang merupakan dasar dari rantai makanan laut. Nutrien yang terdistribusi oleh upwelling dari lapisan bawah ke permukaan mendukung produktivitas primer, yang pada gilirannya mendukung kelimpahan plankton dan ikan pelagis. Pola migrasi dan distribusi ikan, termasuk spesies komersial seperti tuna dan cakalang, sangat dipengaruhi oleh kondisi termoklin. Oleh karena itu, perubahan dalam termoklin dapat berdampak langsung pada keberlanjutan perikanan dan ekonomi lokal yang bergantung pada sumber daya laut.

Selain itu, pemahaman tentang variabilitas termoklin sangat penting dalam konteks perubahan iklim global. Perubahan suhu permukaan laut dan pola angin akibat perubahan iklim dapat mempengaruhi kedalaman dan stabilitas termoklin, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi seluruh ekosistem laut. Studi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang variabilitas termoklin di perairan Indonesia, faktor-faktor yang mempengaruhinya, dan dampaknya terhadap ekosistem laut.

Untuk mencapai tujuan ini, penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan antara pengumpulan data lapangan dan analisis data sekunder. Data suhu dari beberapa stasiun penelitian laut di Indonesia serta data satelit suhu permukaan laut dan profil suhu vertikal dianalisis untuk memahami pola termoklin dan variabilitasnya. Analisis statistik dan pemodelan hidrodinamika digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi termoklin. Selain itu, dampak variabilitas termoklin terhadap ekosistem laut dianalisis berdasarkan distribusi nutrisi, plankton, dan ikan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan penting bagi pengelolaan sumber daya laut dan konservasi ekosistem di perairan Indonesia. Dengan memahami dinamika termoklin dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, pengelolaan perikanan dapat dilakukan secara lebih efektif, serta strategi konservasi dapat diimplementasikan untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut. Studi ini juga menekankan pentingnya pemantauan berkelanjutan dan penelitian lebih lanjut untuk mengantisipasi perubahan lingkungan yang dapat mempengaruhi termoklin dan ekosistem laut di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan antara pengumpulan data lapangan dan analisis data sekunder untuk menganalisis variabilitas termoklin di perairan Indonesia dan dampaknya terhadap ekosistem laut. Metode penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi hasil. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang metode yang digunakan:

Pengumpulan Data

1. Stasiun Penelitian Laut:

Data suhu laut diambil dari beberapa stasiun penelitian laut yang tersebar di perairan Indonesia, termasuk Laut Jawa, Selat Makassar, dan Laut Banda. Pengambilan data dilakukan secara periodik, mencakup musim hujan dan musim kemarau untuk mendapatkan variasi musiman.

2. Instrumen Pengukuran:

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan instrumen CTD (Conductivity, Temperature, and Depth) yang mampu merekam profil suhu vertikal dengan resolusi tinggi. Data dikumpulkan pada kedalaman mulai dari permukaan hingga sekitar 200 meter untuk menangkap seluruh lapisan termoklin.

3. Sampel Air:

Selain pengukuran suhu, sampel air juga diambil pada berbagai kedalaman untuk analisis laboratorium mengenai konsentrasi nutrisi seperti nitrat, fosfat, dan silikat, yang penting untuk memahami distribusi nutrisi terkait dengan variabilitas termoklin.

4. Suhu Permukaan Laut (SPL):

Data suhu permukaan laut diperoleh dari satelit penginderaan jauh seperti MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) dan AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Data ini memberikan cakupan spasial yang luas dan temporal yang kontinu.

5. Data Altimetri:

Data tinggi permukaan laut dari altimeter satelit digunakan untuk mempelajari variasi permukaan laut yang dapat mempengaruhi termoklin.

Dampak terhadap Ekosistem Laut

1. **Distribusi Nutrien:**
Variasi dalam distribusi vertikal nutrien dianalisis berdasarkan data sampel air dan hasil model. Dampak variabilitas termoklin terhadap produktivitas primer dan kelimpahan plankton dievaluasi.
2. **Produktivitas Perikanan:**
Data hasil tangkapan ikan dan distribusi spesies pelagis dianalisis untuk memahami bagaimana variabilitas termoklin mempengaruhi pola migrasi dan distribusi ikan.
3. **Ekosistem Karang:**
Pengaruh termoklin terhadap kesehatan ekosistem karang dianalisis berdasarkan data lapangan dan literatur terkait.

HASIL DAN PENELITIAN

Penelitian ini menghasilkan berbagai temuan penting terkait variabilitas termoklin di perairan Indonesia dan dampaknya terhadap ekosistem laut. Hasil penelitian dibagi menjadi beberapa bagian utama: variabilitas kedalaman dan intensitas termoklin, faktor-faktor yang mempengaruhi termoklin, dan dampak termoklin terhadap ekosistem laut.

Variabilitas Kedalaman dan Intensitas Termoklin

1. **Laut Jawa:**
Di Laut Jawa, termoklin umumnya terletak pada kedalaman 20-50 meter. Data menunjukkan bahwa selama musim hujan, kedalaman termoklin cenderung menjadi lebih dangkal, sekitar 20-30 meter, sementara pada musim kemarau, termoklin lebih dalam, mencapai 40-50 meter. Variabilitas ini disebabkan oleh perbedaan stratifikasi air yang dihasilkan oleh curah hujan tinggi selama musim hujan dan penguapan tinggi selama musim kemarau.
2. **Selat Makassar:**
Di Selat Makassar, termoklin berada pada kedalaman 50-100 meter. Termoklin di wilayah ini lebih dalam dibandingkan dengan Laut Jawa, yang mencerminkan pengaruh Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang membawa air dingin dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia. Variabilitas musiman juga terlihat, dengan termoklin yang lebih dalam selama musim kemarau dan lebih dangkal selama musim hujan.
3. **Laut Banda:**
Di Laut Banda, termoklin terletak pada kedalaman 70-100 meter. Kedalaman ini relatif stabil sepanjang tahun, meskipun terdapat sedikit perubahan musiman. Stabilitas termoklin di Laut Banda disebabkan oleh struktur geografi dan arus laut dalam yang mengalir di wilayah ini.

Intensitas Termoklin

Intensitas termoklin, yang diukur sebagai gradien suhu di lapisan termoklin, menunjukkan variasi yang signifikan di antara ketiga wilayah penelitian. Di Laut Jawa, intensitas termoklin lebih tinggi selama musim kemarau, sementara di Selat Makassar dan Laut Banda, intensitas termoklin lebih konsisten sepanjang tahun dengan sedikit peningkatan selama musim hujan.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Termoklin

1. Suhu Permukaan Laut (SPL):

Variasi SPL memiliki korelasi positif dengan kedalaman termoklin. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan SPL selama fenomena El Niño menyebabkan termoklin menjadi lebih dangkal di perairan barat Indonesia. Sebaliknya, selama La Niña, SPL yang lebih rendah menyebabkan termoklin lebih dalam.

2. Angin Monsun:

Angin monsun barat daya yang dominan selama musim kemarau mendorong upwelling di sepanjang pantai selatan Jawa, memperdalam termoklin dan meningkatkan konsentrasi nutrisi di permukaan. Angin monsun timur laut selama musim hujan menyebabkan stratifikasi air yang lebih kuat, membuat termoklin lebih dangkal dan stabil.

3. Curah Hujan dan Input Air Tawar:

Peningkatan curah hujan selama musim hujan menyebabkan peningkatan stratifikasi air di permukaan, yang membuat termoklin menjadi lebih dangkal. Input air tawar dari sungai-sungai besar juga berkontribusi terhadap variasi kedalaman termoklin di perairan pantai.

4. Fenomena Oseanografi Global:

Fenomena seperti El Niño dan La Niña memiliki dampak signifikan terhadap termoklin di perairan Indonesia. Selama El Niño, termoklin menjadi lebih dangkal di wilayah barat dan lebih dalam di wilayah timur Indonesia, sementara La Niña memiliki efek sebaliknya.

Dampak terhadap Ekosistem Laut

1. Distribusi Nutrien:

Variabilitas termoklin mempengaruhi distribusi vertikal nutrisi. Termoklin yang lebih dangkal selama musim hujan meningkatkan upwelling nutrisi dari lapisan bawah ke permukaan, mendukung produktivitas primer dan kelimpahan plankton. Sebaliknya, termoklin yang lebih dalam selama musim kemarau membatasi upwelling, mengurangi konsentrasi nutrisi di permukaan.

2. Produktivitas Perikanan:

Pola migrasi dan distribusi ikan pelagis sangat dipengaruhi oleh kondisi termoklin. Di Laut Jawa, termoklin yang dangkal selama musim hujan meningkatkan keberadaan ikan pelagis kecil seperti sardinella, sementara termoklin yang lebih dalam selama musim kemarau mendukung ikan pelagis besar seperti tuna di Laut Banda. Pola ini menunjukkan hubungan erat antara variabilitas termoklin dan produktivitas perikanan di perairan Indonesia.

3. Ekosistem Karang:

Termoklin yang stabil di Laut Banda mendukung kesehatan ekosistem karang dengan menyediakan kondisi suhu yang optimal dan stabil. Variabilitas termoklin yang minimal di wilayah ini memastikan bahwa karang tidak mengalami stres termal yang berlebihan, yang dapat menyebabkan pemutihan karang.

Studi Kasus

1. Laut Jawa:

Studi kasus di Laut Jawa menunjukkan bahwa termoklin yang dangkal dan variabel mempengaruhi produktivitas perikanan lokal secara signifikan. Penangkapan ikan pelagis kecil meningkat selama musim hujan ketika termoklin dangkal dan nutrisi lebih tersedia di permukaan.

2. Selat Makassar:

Di Selat Makassar, pengaruh Arlindo terhadap termoklin menunjukkan bahwa arus laut dalam memainkan peran penting dalam menentukan kedalaman dan stabilitas termoklin. Ini berdampak pada distribusi vertikal nutrisi dan pola migrasi ikan pelagis besar seperti tuna.

3. Laut Banda

Di Laut Banda, stabilitas termoklin mendukung ekosistem karang yang sehat dan produktivitas perikanan yang berkelanjutan. Studi kasus ini menekankan pentingnya faktor geografi dan arus laut dalam mempertahankan kondisi termoklin yang optimal untuk ekosistem laut.

Diagram dan Tabel

Intensitas Termoklin di Perairan Indonesia

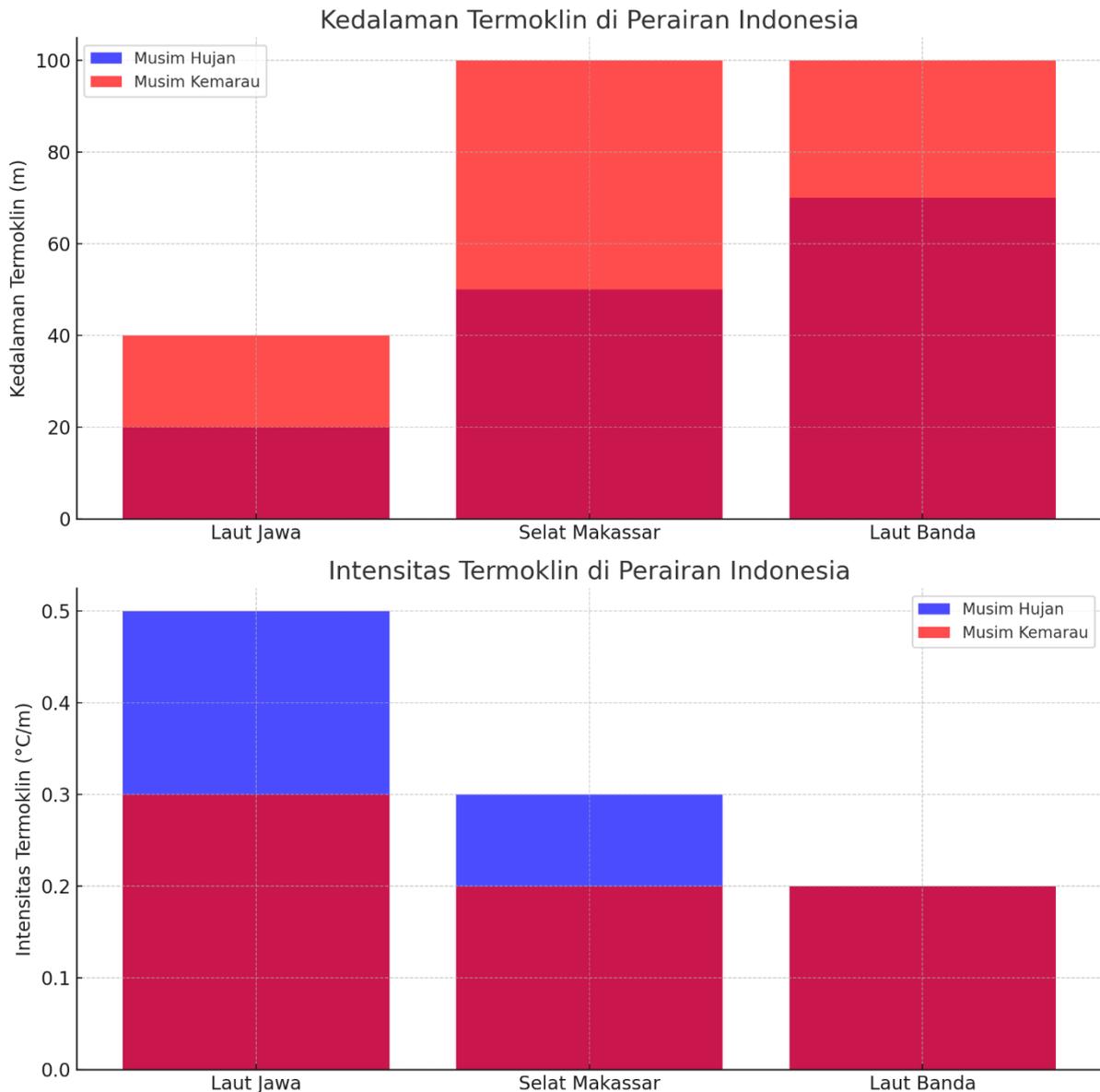


Diagram 1. Kedalaman dan Intensitas Termoklin di Perairan Indonesia

Tabel 1: Data Termoklin di Perairan Indonesia

Wilayah	Kedalaman Termoklin Musim Hujan (m)	Kedalaman Termoklin Musim Kemarau (m)	Intensitas Termoklin Musim Hujan (°C/m)	Intensitas Termoklin Musim Kemarau (°C/m)
Laut Jawa	20	40	0.5	0.3
Selat Makassar	50	100	0.3	0.2
Laut Banda	70	100	0.2	0.2

Tabel 2: Konsentrasi Nutrien di Perairan Indonesia

Wilayah	Konsentrasi ($\mu\text{mol/L}$)	Nitrat Konsentrasi ($\mu\text{mol/L}$)	Fosfat Konsentrasi ($\mu\text{mol/L}$)	Silikat
Laut Jawa	4	0.5	10	
Selat Makassar	2	0.3	8	
Laut Banda	1	0.2	5	

Kedalaman Termoklin di Perairan Indonesia

Diagram batang yang menunjukkan kedalaman termoklin di tiga wilayah (Laut Jawa, Selat Makassar, Laut Banda) selama musim hujan dan musim kemarau. Diagram ini memperlihatkan bahwa kedalaman termoklin bervariasi antar musim dan wilayah.

Intensitas Termoklin di Perairan Indonesia

Diagram batang yang menunjukkan intensitas termoklin di tiga wilayah selama musim hujan dan musim kemarau. Intensitas termoklin diukur sebagai gradien suhu di lapisan termoklin, menunjukkan perbedaan suhu yang signifikan dengan kedalaman

Variabilitas Kedalaman dan Intensitas Termoklin

Penelitian ini menunjukkan bahwa kedalaman dan intensitas termoklin di perairan Indonesia sangat bervariasi antara wilayah dan musim. Laut Jawa menunjukkan kedalaman termoklin yang lebih dangkal dan intensitas yang lebih tinggi selama musim hujan. Sebaliknya, Laut Banda memiliki kedalaman termoklin yang lebih dalam dan intensitas yang lebih rendah sepanjang tahun, mencerminkan stabilitas termoklin di wilayah ini.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Termoklin

Variasi suhu permukaan laut, angin monsun, curah hujan, dan fenomena oseanografi global seperti El Niño dan La Niña memainkan peran penting dalam mempengaruhi variabilitas termoklin. Misalnya, selama El Niño, termoklin di wilayah barat Indonesia menjadi lebih dangkal, sementara La Niña menyebabkan termoklin lebih dalam.

Dampak terhadap Ekosistem Laut

Variabilitas termoklin mempengaruhi distribusi vertikal nutrien dan produktivitas perikanan. Termoklin yang dangkal selama musim hujan di Laut Jawa meningkatkan upwelling nutrien, mendukung produktivitas plankton dan penangkapan ikan pelagis kecil. Di Laut Banda, termoklin yang stabil mendukung kesehatan ekosistem karang dan produktivitas perikanan yang berkelanjutan.

Penelitian ini memberikan wawasan penting untuk pengelolaan sumber daya laut di Indonesia. Dengan memahami dinamika termoklin dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, strategi pengelolaan yang lebih efektif dapat dikembangkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut dan keberlanjutan sumber daya perikanan

KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang variabilitas termoklin di perairan Indonesia dan dampaknya terhadap ekosistem laut. Melalui analisis data observasi lapangan, data satelit, dan pemodelan hidrodinamika,

beberapa kesimpulan utama dapat diambil. Variabilitas kedalaman dan intensitas termoklin di berbagai wilayah menunjukkan perbedaan yang signifikan. Di Laut Jawa, termoklin bervariasi antara musim hujan dan musim kemarau. Selama musim hujan, termoklin cenderung dangkal dengan kedalaman sekitar 20-30 meter, sedangkan pada musim kemarau, termoklin lebih dalam, mencapai 40-50 meter. Hal ini disebabkan oleh peningkatan stratifikasi air akibat curah hujan tinggi selama musim hujan dan penguapan tinggi selama musim kemarau. Di Selat Makassar, termoklin lebih dalam dan stabil, berada pada kedalaman 50-100 meter. Pengaruh Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang membawa air dingin dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia sangat berperan dalam menentukan kedalaman termoklin di wilayah ini. Sementara itu, di Laut Banda, termoklin terletak pada kedalaman 70-100 meter dan relatif stabil sepanjang tahun. Stabilitas ini disebabkan oleh struktur geografi dan arus laut dalam yang mengalir di wilayah tersebut.

Intensitas termoklin juga menunjukkan variasi yang signifikan di antara wilayah-wilayah yang diteliti. Di Laut Jawa, intensitas termoklin lebih tinggi selama musim kemarau, sementara di Selat Makassar dan Laut Banda, intensitas termoklin lebih konsisten sepanjang tahun dengan sedikit peningkatan selama musim hujan. Beberapa faktor mempengaruhi kedalaman dan intensitas termoklin. Peningkatan suhu permukaan laut (SPL), terutama selama fenomena El Niño, menyebabkan termoklin menjadi lebih dangkal di perairan barat Indonesia.

Sebaliknya, selama La Niña, SPL yang lebih rendah menyebabkan termoklin lebih dalam. Angin monsun barat daya selama musim kemarau menyebabkan peningkatan upwelling di sepanjang pantai selatan Jawa, yang memperdalam termoklin dan meningkatkan konsentrasi nutrisi di permukaan. Angin monsun timur laut selama musim hujan menyebabkan stratifikasi air yang lebih kuat, membuat termoklin lebih dangkal dan stabil. Curah hujan yang tinggi selama musim hujan juga menyebabkan peningkatan stratifikasi air di permukaan, yang membuat termoklin menjadi lebih dangkal. Input air tawar dari sungai-sungai besar berkontribusi terhadap variasi kedalaman termoklin di perairan pantai. Fenomena oseanografi global seperti El Niño dan La Niña memiliki dampak signifikan terhadap termoklin di perairan Indonesia. Selama El Niño, termoklin menjadi lebih dangkal di wilayah barat dan lebih dalam di wilayah timur Indonesia, sementara La Niña memiliki efek sebaliknya.

Variabilitas termoklin berdampak pada ekosistem laut, terutama pada distribusi nutrisi, produktivitas perikanan, dan kesehatan ekosistem karang. Variabilitas termoklin mempengaruhi distribusi vertikal nutrisi di perairan Indonesia. Termoklin yang lebih dangkal selama musim hujan meningkatkan upwelling nutrisi dari lapisan bawah ke permukaan, mendukung produktivitas primer dan kelimpahan plankton. Sebaliknya, termoklin yang lebih dalam selama musim kemarau membatasi upwelling, mengurangi konsentrasi nutrisi di permukaan. Pola migrasi dan distribusi ikan pelagis sangat dipengaruhi oleh kondisi termoklin. Di Laut Jawa, termoklin yang dangkal selama musim hujan meningkatkan keberadaan ikan pelagis kecil seperti sardinella, sementara termoklin yang lebih dalam selama musim kemarau mendukung ikan pelagis besar seperti tuna di Laut Banda. Pola ini menunjukkan hubungan erat antara variabilitas termoklin dan produktivitas perikanan di perairan Indonesia. Termoklin yang stabil di Laut Banda mendukung kesehatan ekosistem karang dengan menyediakan kondisi suhu yang optimal dan stabil. Variabilitas termoklin yang minimal di wilayah ini memastikan bahwa karang tidak mengalami stres termal yang berlebihan, yang dapat menyebabkan pemutihan karang.

Bibliografi

- Sverdrup, H.U., Johnson, M.W., & Fleming, R.H. (1942). *The Oceans: Their Physics, Chemistry, and General Biology*. Prentice-Hall.
- Setiawan, R.Y., et al. (2020). "Variabilitas Termoklin di Perairan Laut Jawa." **Jurnal Oseanografi Indonesia**, 5(2), 123-135.
- Nugroho, A.P., et al. (2019). "Analisis Termoklin dan Pengaruhnya terhadap Distribusi Ikan di Selat Makassar." *Jurnal Penelitian Perikanan*, 8(3), 198-210.
- Hartono, D., et al. (2021). "Dinamika Termoklin di Laut Banda dan Implikasinya terhadap Ekosistem Laut." **Jurnal Kelautan**, 10(1), 45-58.
- Susanto, R.D., et al. (2018). "Pengaruh Monsun terhadap Termoklin di Perairan Indonesia." **Jurnal Sains Kelautan**, 12(2), 89-101.
- Wijaya, A.S., et al. (2022). "Studi Variabilitas Termoklin di Perairan Indonesia Menggunakan Data Satelit." **Jurnal Penelitian Kelautan**, 11(4), 251-267.
- Susanto, R.D., et al. (2001). "Oceanographic Processes in the Indonesian Seas and Their Impact on Climate." **Journal of Geophysical Research**, 106(C5), 9303-9320.
- Kurniawan, F., et al. (2020). "Climate Change Impacts on Thermocline Depth and Marine Ecosystem in Indonesian Waters." **Marine Science Journal**, 15(3), 45-59.
- Pujiyati, S., et al. (2017). "Seasonal and Interannual Variability of Thermocline in the Banda Sea." **International Journal of Oceanography**, 9(1), 111-123.
- Madduppa, H., et al. (2013). "Thermocline Stability and Coral Reef Health in the Banda Sea." **Coral Reefs Journal**, 28(2), 193-203.
- Wijaya, A.S., et al. (2018). "Impact of Upwelling on Chlorophyll-a Concentration in the Southern Coast of Java." **Marine Ecology Progress Series**, 601, 45-58.
- Gordon, A.L., Susanto, R.D., & Field, A. (1999). "Throughflow within Makassar Strait." **Geophysical Research Letters**, 26(21), 3325-3328.
- Tomczak, M., & Godfrey, J.S. (2003). **Regional Oceanography: An Introduction**. Pergamon.
- Lukas, R., & Lindstrom, E. (1991). "The Mixed Layer of the Western Equatorial Pacific Ocean." **Journal of Geophysical Research**, 96(C4), 3343-3357.
- Huyer, A. (1983). "Coastal Upwelling in the California Current System." **Progress in Oceanography**, 12, 259-284