

Spatial And Temporal Analysis Of Sea Surface Temperature Variability And Chlorophyll-A Over Two Decades In North Sulawesi Waters

(Analisis Spasial Dan Temporal Dari Variabilitas Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil – A Selama Dua Dekade di Perairan Sulawesi Utara)

Muhammad Candra Buana^{1*}, Wilhelmina Patty², Rose O.S.E. Mantiri², Johnny Budiman²
Joice R.T.S.L. Rimper², Jety K. Rangan², Deiske A. Sumilat²

¹Master of Aquatic Science Program, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Jl. Unsrat Bahu Campus, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

²Lecturer of the Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Jl. Unsrat Bahu Campus, Manado 95370 North Sulawesi, Indonesia

*Corresponding author: mc.buana88@gmail.com

Manuscript received: 18 May 2024. Revision accepted: 25 July 2024

Abstract

Sulawesi waters are directly affected by the dynamics that occur in the Pacific Ocean. The ENSO phenomenon that occurs in the Pacific Ocean can also be felt in the waters of the Sulawesi Sea. The dynamics of oceanographic parameters can cause climate change. The extreme impact of climate change is mainly the occurrence of rising temperatures and seasonal shifts. The purpose of this study is to analyze the variability of spatial and temporal anomalous distribution of sea surface temperature and chlorophyll-a. This study used monthly AQUA Modis image data, conducted by analyzing the spatial and temporal distribution of sea surface temperatures during the two decades of the period 2003 - 2022. This analysis is based on anomalous values obtained from subtracting parameter values from historical values (the average value of all data). The results of spatial variability analysis of sea surface temperature and chlorophyll – show anomalous variations occur in the western and transitional season periods I, while in the eastern season and transition II positive abnormal values dominate the eastern waters negative anomalies dominate the western waters opposite to chlorophyll – a. This study showed that there was an increase in sea surface temperature slope by 0.000840C / year while in chlorophyll - a there was a decrease in slope by 0.00072mg / m³ / year.

Keywords: Spatial, Temporal, SPL, Chlorophyll – a, Climate Change.

Abstrak

Perairan Sulawesi mendapatkan pengaruh secara langsung dari dinamika yang terjadi di Samudera Pasifik. Fenomena ENSO yang terjadi di Samudera Pasifik juga dapat dirasakan dampaknya di perairan Laut Sulawesi. Dinamika parameter oseanografi dapat menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Dampak ekstrem dari perubahan iklim terutama adalah terjadinya kenaikan temperatur serta pergeseran musim. Tujuan penelitian ini Menganalisis Variabilitas distribusi anomali spasial dan temporal dari suhu permukaan laut dan klorofil – a, Penelitian ini menggunakan data citra AQUA Modis bulanan, dilakukan dengan menganalisis sebaran spasial dan temporal suhu permukaan laut selama dua dekade periode 2003 - 2022. Analisa ini didasarkan pada nilai anomali yang didapat dari pengurangan nilai parameter dengan nilai historis (rerata nilai seluruh data). Hasil analisis variabilitas spasial suhu permukaan laut dan klorofil – a menunjukkan variasi anomali terjadi pada periode musim barat dan peralihan I, sedangkan pada musim timur dan peralihan II nilai anomali positif mendominasi perairan sebelah timur anomali negatif mendominasi perairan sebelah barat sebaliknya dengan klorofil – a. Penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan slope suhu permukaan laut sebesar 0,000840C/ tahun sedangkan pada klorofil - a terjadi penurunan slope sebesar 0,00072mg/m³/tahun.

Kata kunci: Spasial, Temporal, SPL, Klorofil – a, Perubahan Iklim.

PENDAHULUAN

Perairan Sulawesi mendapatkan pengaruh secara langsung dari dinamika yang terjadi di Samudera Pasifik, salah satunya melalui mekanisme arus lintas Indonesia (arindo) yang membawa masa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Fenomena ENSO yang terjadi di Samudera Pasifik juga dapat dirasakan dampaknya di perairan Laut Sulawesi (Seprianto et al., 2016). ENSO merupakan fenomena yang terbentuk akibat adanya anomali suhu permukaan laut di wilayah samudera pasifik ekuator (Fadlan et al., 2017).

Suhu Permukaan Laut (SPL) adalah salah satu parameter dalam bidang oceanografi (Akhbar et al., 2018). Kecepatan angin juga mempengaruhi SPL, karena mempengaruhi arus laut dan merupakan faktor pengendali transpor panas (Bratzokat et al., 1993 dalam Santoso et al., 2021). Pada lautan, klorofil atau pigmen fotosintesis ini ditemukan pada fitoplankton, fotosintesis menyumbang sebagian besar produksi primer di ekosistem laut dan membantu aliran energi dan bahan organik yang

menopang produksi di laut (Santoso et al., 2021).

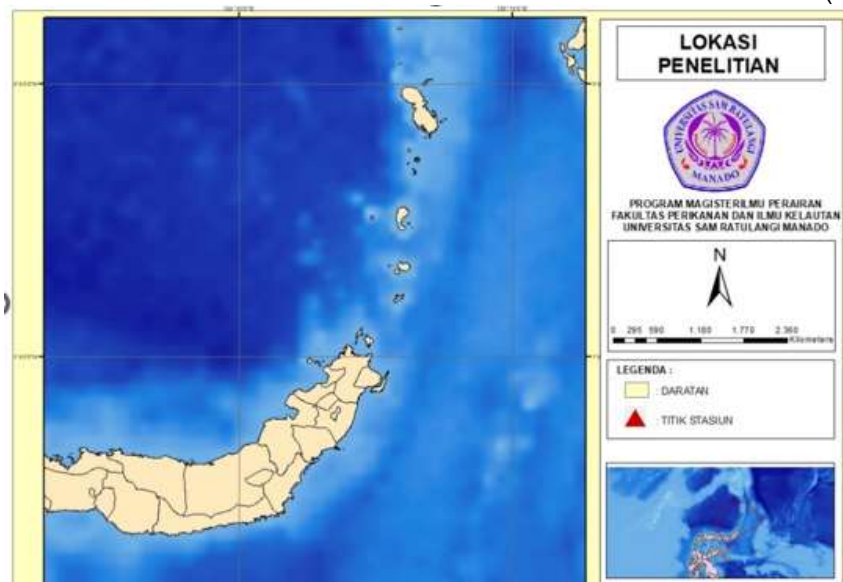
Dinamika parameter oseanografi dapat menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Dampak ekstrem dari perubahan iklim terutama adalah terjadinya kenaikan temperatur serta pergeseran musim. Kenaikan temperatur atau suhu menyebabkan es dan gletser di Kutub Utara dan Selatan mencair. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya pemuaiannya massa air laut dan kenaikan permukaan air laut. Hal ini akan mempengaruhi pola dan distribusi ikan di laut (Asia, 2017).

Anomali merupakan suatu penyimpangan atau keanehan yang sering terjadi pada suatu proses analisis data. Anomali juga sering disebut sebagai suatu kejadian yang tidak bisa diperkirakan sehingga sesuatu yang terjadi akan berubah dari kejadian biasanya (Rahmawati., 2017).

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Untuk tempat penelitian yaitu Perairan Sulawesi Utara hingga perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe yang dibatasi wilayah pada posisi koordinat 0° - 3° LU dan 123° - 126° BT (Gambar1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Data Penelitian

Alat yang digunakan yaitu perangkat keras Laptop Hp Core i5 10TH GEN untuk

membantu dalam pengolahan data sekunder. Perangkat lunak (*software*) GrADs 2.2.1 untuk membantu mengekstrak

data komposit menggunakan bahasa pemrograman dan *Microsoft Office* untuk membantu dalam validasi data dan ArcGIS untuk memetakan data komposit yang digunakan. Data penelitian yang digunakan adalah Data Citra AQUA-MODIS level 3 km dengan resolusi 4km. Dengan jenis data komposit bulanan untuk parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a yang diunduh dari <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov> dengan periode tahun 2003-2022.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Metode yang di gunakan adalah analisis spasial dan temporal. Analisis spasial diawali dengan mengambil data yang telah di unduh dalam Format Netcdf(.nc) kemudian diekstrak menggunakan software Panoply digunakan untuk mengubah data dengan format .nc diubah menjadi format .text yang nantinya akan diolah menggunakan Microsoft Excel. Data yang telah diekstrak berupa data bulanan disusun berdasarkan periode waktu pengambilan data dari tahun 2003 – 2022, setelah data disusun kemudian dicari nilai anomali.

Nilai anomali yang didapat dari data bulanan yang dikurangi dengan nilai historis. Nilai historis adalah nilai rerata selama 20 tahun. Setelah diperoleh nilai anomali bulanan, selanjutnya dihitung nilai slope / tren / kemiringannya (Deser et al., 2010). Nilai X merupakan waktu sedangkan nilai Y merupakan nilai anomali.

Nilai Anomali : Data bulanan - Nilai Historis

Nilai Historis : Rerata Data bulanan

Setelah didapatkan nilai anomali dari lokasi penelitian, kemudian dilakukan pemetaan dengan software Arc-Gis.

Pada analisis temporal dilakukan perhitungan tren/slope atau regresi linier., menurut (Harsiti et al.,2022) Regresi linear sederhana atau sering disingkat dengan SLR (Simple Linier Regression) juga merupakan salah satu metode statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan atau pun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun kuantitas. Persamaan umum metode

regresi linier sederhana dalam penelitian ini adalah:

$$y = a + bx$$

dimana:

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

Y= Variabel dependen (variabel tak bebas)

X = Variabel independen (variabel bebas)

Apabila nilai koefisien regresi tersebut adalah positif maka mengindikasikan adanya tren kenaikan nilai parameter. Sebaliknya jika nilai koefisien regresi tersebut negatif maka mengindikasikan adanya trend penurunan nilai parameter. Semakin besar nilai koefisien regresi semakin kuat peningkatannya (Douglass et al., 2008 dalam Syaifullah, 2015)

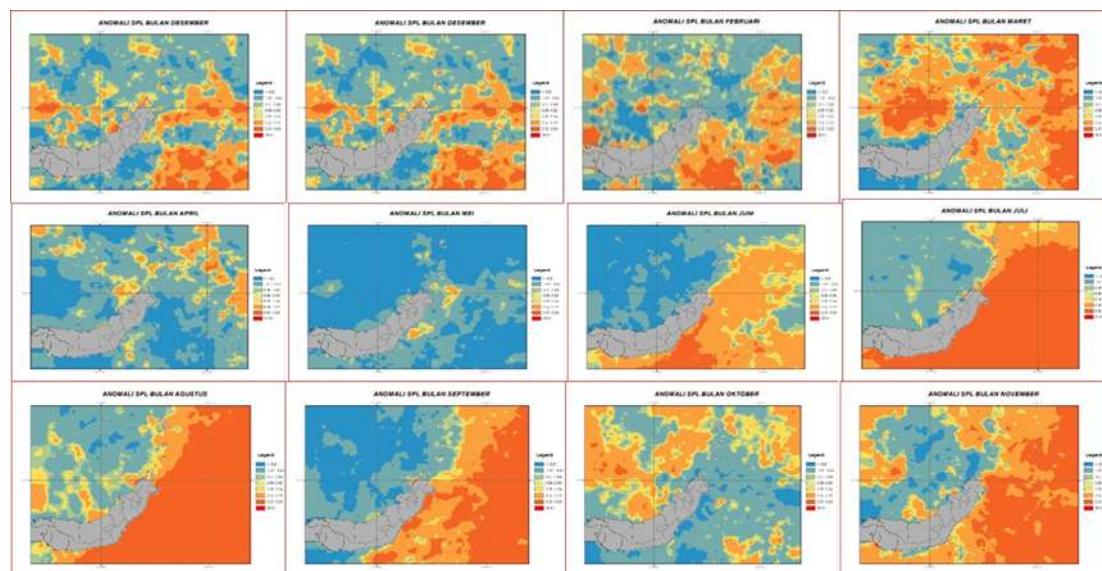
HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabilitas Spasial Anomali SPL dan Klorofil – a di Perairan Sulawesi Utara

Visualisasi anomali SPL bulanan di Perairan Sulawesi Utara pada periode tahun 2003 – 2022. Anomali positif ditunjukkan dengan rentang warna kuning hingga kemerahan sedangkan anomali negatif ditunjukkan dengan warna biru. Pola sebaran spasial anomali SPL di Perairan Sulawesi Utara (Gambar 2) pada musim barat Desember – Februari (DJF) menunjukkan adanya anomali positif hampir di seluruh Perairan Sulawesi Utara dengan nilai anomali berada pada kisaran -0,1620 – 0,9858 dengan nilai anomali rata – rata 0,0477. Musim peralihan I Maret – Mei (MAM) anomali positif terjadi di bulan Maret kemudian pada bulan April dan Mei menunjukkan anomali negatif di seluruh wilayah Perairan Sulawesi Utara. Nilai anomali pada musim peralihan I berada pada kisaran -0,3427 – 0,7600 dengan nilai anomali rata – rata 0,0273. Selama musim timur Juni – Agustus (JJA) dan musim peralihan II September – November (SON) rata – rata SPL di perairan Sulawesi Utara. Pola sebaran anomali menunjukkan nilai positif pada wilayah Perairan Sulawesi Utara sebelah timur sedangkan sebelah barat cenderung memiliki nilai anomali negatif. Nilai anomali pada musim timur (JJA) berada pada

kisaran $-0,3900 - 1,0675$ dengan nilai anomali rata-rata $0,0719$, anomali pada musim peralihan II berada pada kisaran $-0,2683 - 0,8799$ dengan nilai anomali rata-rata $0,5329$. Hal ini sesuai yang ditemukan dalam studi (Santoso et al.,

2021) penelitian dilakukan dengan cakupan wilayah perairan Indonesia yang menyebutkan anomali SPL untuk wilayah perairan Indonesia secara spasial pada kisaran $(-4) - 2^{\circ}\text{C}$



Gambar 2. Sebaran umum distribusi spasial anomali suhu permukaan laut (SPL) bulanan periode 2003 – 2022 di Perairan Sulawesi Utara.

Sebaran nilai anomali klorofil - a bulanan di Perairan Sulawesi Utara pada periode tahun 2003 – 2022. Anomali positif di tunjukan dengan rentang warna hijau sedangkan anomali negatif di tunjukan dengan warna ungu. Pola sebaran spasial anomali klorofil - a di Perairan Sulawesi Utara (Gambar 3) pada musim barat (DJF) dan musim peralihan I (MAM) menunjukkan sebaran anomali positif berada pada perairan sebelah barat dan wilayah pesisir pantai utara. Nilai anomali pada musim barat menunjukkan kisaran $(-0,0754) - 0,3222$ mg/m³ dengan nilai anomali rata-rata $0,0006$ mg/m³. Pada musim peralihan I nilai anomali berada pada kisaran $(-0,0880) - 0,1041$ mg/m³ dengan nilai anomali rata-rata $0,0005$ mg/m³. Pola sebaran anomali bulanan klorofil - a pada musim timur (JJA) dan musim peralihan II (SON) di perairan Sulawesi Utara secara umum menunjukkan anomali negatif hampir di seluruh wilayah perairan kecuali pada bulan November anomali positif mendominasi perairan bagian barat.

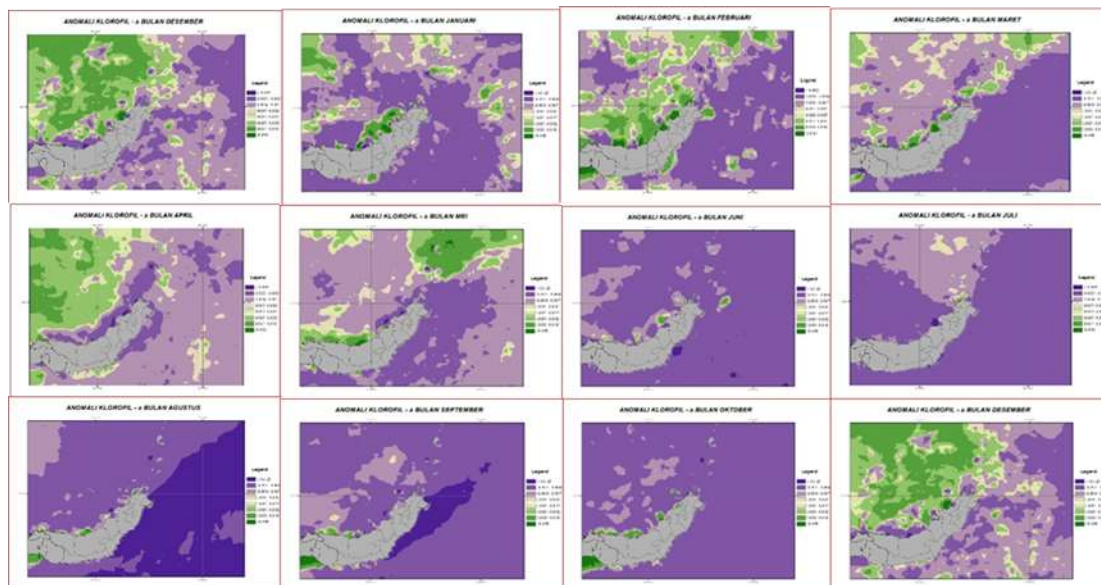
Sebaran nilai anomali klorofil - a bulanan pada musim timur menunjukkan kisaran $-0,2781 - 0,9858$ mg/m³ dengan nilai anomali rata-rata $0,0135$ mg/m³. Nilai anomali pada musim peralihan II berada pada kisaran $-0,0742 - 0,2302$ mg/m³ dengan nilai anomali rata-rata $-0,0034$ mg/m³. Hal ini sesuai dengan penelitian, Santoso (2021) yang menyebutkan bahwa konsentrasi klorofil -a di perairan Indonesia berada pada kisaran $(-0,2) - 18$ mg/m³.

Variabilitas Temporal Anomali SPL dan Klorofil - a di Perairan Sulawesi Utara

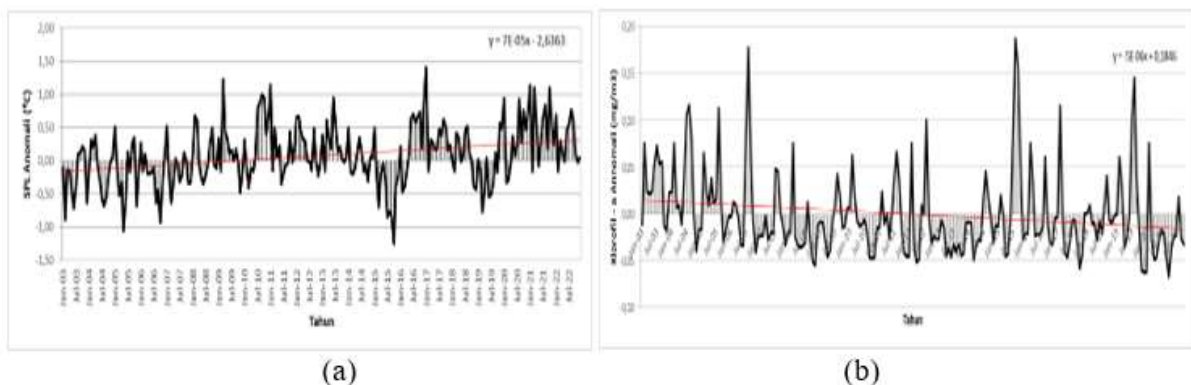
Peningkatan slope SPL yang terjadi di Perairan Sulawesi Utara (Gambar 4a) selama Dua Dekade yaitu sebesar $+0,00007$ atau $0,0008$ $^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$. Nilai anomali maksimum sebesar $1,41$ yang terjadi pada bulan Januari 2017, dan Anomali minimum sebesar $-1,25$ yang terjadi pada bulan Oktober 2015. pergerakan grafik anomali secara umum bergerak fluktuatif tetapi mengalami kecenderungan peningkatan anomali setiap tahunnya. Grafik slope klorofil - a di

Perairan Sulawesi Utara (Gambar 4b) selama dua dekade periode 2003 – 2022 terjadi penurunan sebesar – 0.00006 atau – 0.0007 mg/m³/tahun. Nilai anomali maksimum sebesar 0.1871 yang terjadi pada bulan Agustus 2015, dan anomali minimum sebesar – 0.0670 yang terjadi pada bulan Oktober 2020. pergerakan grafik anomali secara umum bergerak fluktuatif tetapi mengalami kecenderungan penurunan anomali setiap tahunnya. Hasil yang sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan Santoso (2021) dimana penelitian dengan metode menghitung nilai slope selama dua dekade, adapun wilayah yang diamati terbagi menjadi 3 lokasi yaitu laut Cina Selatan, Perairan Utara Papua,

dan Laut Jawa Bagian Selatan. Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan slope anomali SPL untuk Laut Cina Selatan sebesar 0,0009 °C/tahun, Perairan Utara Papua dengan nilai 0,0006 °C/tahun, dan Perairan Jawa Bagian Selatan menunjukkan nilai 0,0011°C/tahun. Peningkatan Slope Anomali klorofil -a tertinggi terjadi di Perairan Selatan Jawa dengan nilai 0,0267 mg/m³, Sedangkan terjadi penurunan slope di Laut Cina Selatan dan perairan Sebelah Utara Papua sebesar (-0,0132 mg/m³). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan nilai slope terhadap SPL dan penurunan nilai slope pada klorofil – a.



Gambar 3. Sebaran umum distribusi spasial anomali klorofil - a bulanan periode 2003 – 2022 di Perairan Sulawesi Utara

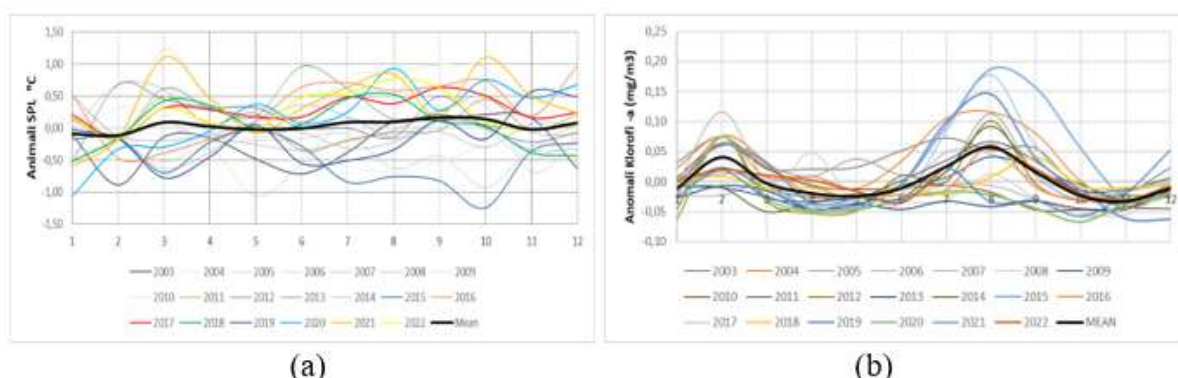


Gambar 4. Distribusi time series anomali a) SPL b) Klorofil-a selama tahun 2003–2022

Siklus tahunan anomali SPL dari tahun 2003 – 2022 dapat diamati pada (Gambar 5a) Pada siklus SPL secara umum anomali tahunan berada diantara garis rata – rata klimatologisnya (garis hitam). Selama lima tahun terakhir kecenderungan nilai anomali berada diatas klimatologinya, hal ini menunjukkan ada perubahan yang signifikan atau tidak stabil khususnya di musim kering. Variabilitas suhu permukaan laut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk perubahan iklim, pola arus laut, aktivitas manusia, dan banyak lagi. Menurut Habibie et al., (2014) yang menyatakan bahwa perubahan nilai SPL ini mungkin sebagai bagian dari variasi natural, ataupun merupakan akibat pemanasan global yang di sebabkan oleh gas rumah kaca dan aerosol akibat aktivitas manusia. Siklus tahunan anomali klorofil - a dari tahun 2003 – 2022 dapat diamati pada (Gambar 5b) Pada siklus klorofil – a secara umum berada tidak jauh

dari garis rata – rata klimatologisnya, dilihat dari pola tahunannya peningkatan signifikan terjadi pada musim kering di bulan JJA. Kondisi serupa juga disampaikan dalam penelitian Ratnawati et al. (2016) bahwasannya puncak klorofil-a tertinggi terjadi pada periode Juni, Juli, dan Agustus yang mencapai 0,45 mg/m³. Hal ini didukung dengan pernyataan Sukresno et al., (2020) yang menyatakan konsentrasi klorofil pada musim timur cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan musim barat. Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan agustus musim panas terjadi di BBU termasuk wilayah Perairan Sulawesi Utara yang menyebabkan intensitas dan durasi cahaya matahari semakin panjang, dengan adanya pencahayaan yang tinggi membuat proses fotosintesis

semakin maksimal dan meningkatkan konsentrasi klorofil – a di wilayah Perairan Sulawesi Utara.



Gambar 5. Distribusi nilai anomali a) SPL b) Klorofil-a setiap bulan menurut tahun pengolahan dari tahun 2003 - 2022

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis variabilitas spasial di Perairan Sulawesi Utara SPL dan klorofil – a menunjukkan variasi anomali terjadi pada periode musim barat dan peralihan I hampir diseluruh wilayah perairan, sedangkan pada musim timur dan peralihan II nilai anomali positif mendominasi perairan sebelah timur Sulawesi Utara sedangkan anomali negatif mendominasi perairan sebelah barat sebaliknya dengan klorofil -a. Nilai anomali SPL mengalami peningkatan slope sebesar +0,00007 atau 0,000840C/

tahun, sedangkan untuk klorofil – a mengalami penurunan nilai slope sebesar - 0,00006 atau -0,00072mg/m³/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa selama dua dekade terakhir telah terjadi peningkatan nilai slope untuk parameter SPL dan penurunan nilai slope untuk klorofil – a.

Saran

Penelitian ini hanya menggunakan area di Perairan Sulawesi Utara, untuk penelitian selanjutnya dibutuhkan 2 area yang berbeda seperti wilayah di belahan bumi utara dan selatan indonesia sehingga dapat terlihat jelas perbedaan variasi nilai

anoamli. Perlu ditambahkan parameter oceanografi lainnya untuk mendukung kenaikan Slope yang terjadi selama dua dekade terakhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhbar, A. I., Jaya.Y. V, & T. Febrianto. (2018). Dinamika Maritim Kajian Suhu Permukaan Laut Berdasarkan Data Citra Satelit NOAA-AVHRR Dan Data Argo Float di Perairan Selatan Jawa, Coastal & Marine Resources Research Center, Raja Ali Haji Maritime University Tanjungpinang-Indonesia p-ISSN: 2086-809 7(1):27–32.
- Asia, M. J, Simanjuntak, R. Santoso. H. (2017) Analisis Hubungan Hasil Tangkapan Ikan Cakalang (Katsuwonus Pelamis) Dengan Kondisi Suhu Permukaan Laut Pada Tiga Wpp (Wpp714, 715, Dan 716) Sebagai Fishing Ground Nelayan Di Bitung. Buletin Matric Vol. 14 No. 1 Juni 2017.
- Bartzokas, A., D. Metaxas A, & Ganas. I. S. (1993). *Spatial And Temporal Seasurface Temperature Covariances in The Mediterranean*. Int. J. Climatol., 41:201–213.
- Deser, C., A. Phillips.S, & Alexander. M. A. (2010). Twentieth Century Tropical Sea Surface Temperature Trends Revisited. Geophys. Res. Lett., 37:1–6. L10701, doi:10.1029/2010GL043321, 2010.
- Douglass, D. H., Christy J. R, Pearson. B. D, & S. (2008). A Comparison of Tropical Temperature Trends with Model Predictions. Int. J. Climatol., 28:1693–1701.
- Fadlan A., Sugianto D., N., K, & Zainuri M., (2017). Pengaruh Fenomena Monsun, El Nino Soithern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) Terhadap Anomali Tinggi Muka Laut di Utara dan Selatan Pulau Jawa. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Ke-VI, Hal. 205-217.
- Habibie, M.N & Nuraini T. A. (2014), Karakteristik Dan Trend Perubahan Suhu Permukaan Laut di Indonesia Periode 1982-2009. J Meteor, geofis, 15(1):37-49.
- Harsiti, Muttaqin, Z, Srihartini E. (2022), Penerapan Metode Regresi Linier Sederhana Untuk Prediksi Persediaan Obat Jenis Tablet. Jurnal Sistem Informasi | Vol. 9 | No. 1 | Maret 2022 | 12-16
- Rahmawati. D (2017). Deteksi Anomali menggunakan Control Flow Patterns dan Fuzzy Regression di Terminal Petikemas. Tesis Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Informasi Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Dan Komunikasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017.
- Ratnawati, H., Hidayat R, Bey A, & June.T. (2016). Upwelling di Laut Banda dan Pesisir Selatan Jawa serta Hubungannya dengan ENSO dan IOD. Omni-Akuatika, 12(3), 119–130. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.3.134>
- Santoso T W, Kunarso & Marwoto. J, (2021). Analisa Spasial dan Temporal suhu permukaan laut dan klorofil-a selama dua dekade di Perairan Indonesia, Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE) [November] [2021] Vol 03 No 04 : 39 - 50 ISSN:2714-8726.
- Seprianto, A., Kunarso, K., & Wirasatriya, A. (2016). Studi Pengaruh *El Nino* Southern Oscillation (Enso) Dan Indian Ocean Dipole (Iod) Terhadap Variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-A di Perairan Karimunjawa. Jurnal Oseanografi, 5(4), 452-461.
- Sukresno. B., D. Jatisworo., dan F. Islamy. (2020). Kondisi Oseanografi Perairan Selat Bali. Sumber Daya Laut dan PesisirPerairan Selat Bali. Balai Riset dan Observasi Laut Hal. 27-37
- Syaifullah, M. D. (2015), Suhu Permukaan Laut Perairan Indonesia Dan Hubungannya Dengan Pemanasan Global. J. Segara, 11(1):37–47.