

Analysis Of The Effect Of El Niño La Nina And Sea Level Temperatures On Chlorophyll-A Concentrations In The Waters Of The Maluku Sea

(Analisis Pengaruh Kejadian El Nino La Nina dan Suhu Permukaan Laut Terhadap Konsentrasi Klorofil-A di Perairan Laut Maluku)

Christianto Daniel Pesoth¹, Joice R.T. S. L. Rimper^{*2}, Veibe Warouw², Rose O.S.E. Mantiri², Deiske A. Sumilat²

¹ Staff Employee of North Sulawesi Climatology Station, Jl. Raya Kiban Paniki Atas, North Minahasa Regency, 95374, North Sulawesi, Indonesia

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

*Corresponding author: joice.rimper@unsrat.ac.id

Abstract

Global weather phenomena cannot be separated from the interaction between the ocean and the atmosphere. El Nino and La Nina are phenomena that were related to the interaction of the sea and the atmosphere which affects many aspects, including the fertility of waters. Indicators of the fertility of water could be determined from the distribution of sea surface temperature and chlorophyll-a concentration. This study aims to analyze variations in the distribution of sea surface temperature and chlorophyll-a in the Maluku Sea when the El Nino and La Nina phenomena are activated. The results showed that when the El Nino phenomenon was activated, there was a decrease in sea surface temperature and an increase in the concentration of chlorophyll-a from normal conditions. Besides, when the La Nina phenomenon was activated, there was an increase in sea surface temperature and a decrease in the concentration of chlorophyll-a from normal conditions. Spatial interpretation when El Nino and La Nina are activated showed low values with a distribution indicating the mixed proceed for the sea surface temperature parameter, and showed higher values with an even distribution for the chlorophyll-a parameter.

Keywords: Sea Surface Temperature, Chlorophyll-a, El Nino, La Nina.

Abstrak

Fenomena cuaca secara global tidak bisa lepas kaitannya dengan interaksi antara laut dan atmosfer. El Nino dan La Nina merupakan salah satu fenomena yang berkaitan dengan interaksi laut dan atmosfer yang berpengaruh terhadap banyak aspek termasuk kesuburan suatu perairan. Indikator kesuburan suatu perairan dapat ditentukan dari distribusi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa variasi distribusi suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Laut Maluku saat fenomena El Nino dan La Nina aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saat fenomena El Nino aktif terjadi penurunan suhu permukaan laut dan peningkatan konsentrasi klorofil-a dari kondisi normal. Sebaliknya saat fenomena La Nina aktif terjadi peningkatan suhu permukaan laut dan penurunan konsentrasi klorofil-a dari kondisi normal. Interpretasi spasial saat El Nino dan La Nina aktif menunjukkan nilai yang rendah dengan sebaran yang menunjukkan proses mixing untuk parameter suhu permukaan laut, dan menunjukkan nilai yang lebih tinggi dengan sebaran merata untuk parameter klorofil-a.

Kata kunci: Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a, El Nino, La Nina.

PENDAHULUAN

Fenomena cuaca secara global tidak bisa lepas kaitannya dengan interaksi antara laut dan atmosfer. Fenomena El Nino dan La Nina merupakan salah satu fenomena yang berkaitan dengan interaksi

laut dan atmosfer. Menurut Aldrian (2008), pengaruh dinamika El Nino dan La Nina terhadap iklim benua maritim menyangkut hampir semua aspek kehidupan dari perikanan, pertanian, kebakaran hutan, sumber daya air, energi dan sebagainya.

Indikator kesuburan suatu perairan dapat ditentukan dari distribusi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan. Beberapa parameter yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a adalah intensitas cahaya dan nutrisi. Interaksi yang terjadi antara suhu permukaan laut dan klorofil-a berbanding terbalik, apabila suhu naik maka nilai konsentrasi turun dan begitu sebaliknya. Pengaruh umum El Niño di perairan laut Indonesia adalah mendinginkannya suhu permukaan laut di sekitar perairan Indonesia akibat dari tertariknya seluruh masa air hangat ke bagian tengah samudera pasifik.

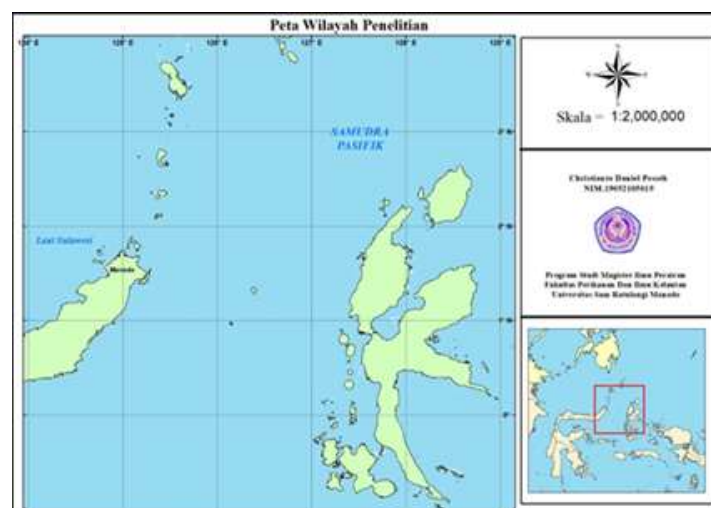
Akibat buruk dari kondisi ini adalah berkurangnya produksi awan di wilayah Indonesia yang sudah pasti efek sampingnya adalah menurunnya curah hujan, tapi segi positifnya adalah meningkatnya kandungan klorofil-a di perairan laut Indonesia. Sudah menjadi rahasia umum bahwa semakin rendah suhu permukaan laut, maka kandungan klorofil-a semakin tinggi serta akibat lainnya

adalah kemungkinan terjadinya proses upwelling semakin besar di sekitar perairan Indonesia. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya pasokan makanan ikan, jumlah ikan di sekitar perairan lebih banyak dari biasanya dan yang ujung-ujungnya mampu meningkatkan pendapatan para nelayan. Sebaliknya, pada saat terjadi La Niña suhu muka laut di Indonesia mengalami kenaikan sehingga konsentrasi klorofil-a di lautan mengalami penurunan (Kunarso dkk, 2011). Sehingga penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh fenomena El Nino dan La Nina terhadap kondisi suhu muka laut dan klorofil-a di perairan Laut Maluku, dengan harapan mampu menjadi bahan pertimbangan untuk edukasi nelayan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yaitu perairan Laut Maluku (Gambar 1) yang dibatasi pada posisi koordinat 1.0° LS s.d. 4.0° LU dan 124.0° BT s.d. 129.0° BT. Periode data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Januari 2011 – Desember 2020, mengikuti periode indeks Nino untuk mengetahui tahun-tahun kejadian El Nino dan La Nina aktif.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Data Penelitian

Alat yang digunakan yaitu Perangkat Keras Laptop Lenovo™ ideapad™ 310 Intel Core i5 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.

Adapun data penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Data Citra AQUA-MODIS level 4 km dengan resolusi 1,00 x 1,00. Dengan jenis data komposit bulanan untuk parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a yang diunduh dari website National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdHadISST.html>)

2. Data indeks suhu nino 3.4 didapatkan dari CPC NOAA diakses di halaman website (<https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/>)

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah diunduh dalam format *netcdf* (.nc) diekstrak menggunakan aplikasi GrADs 2.2.1 dengan menggunakan bahasa pemrograman (*script*) untuk mengolah data secara temporal. Setelah itu, data rata-rata bulanan SST yang sudah diekstrak disusun berdasarkan periode waktu pengambilan data dari tahun 2011 – 2020 untuk melakukan perhitungan rata-rata nilai normalnya di Microsoft Excel. Selanjutnya dilakukan seleksi data berdasarkan fenomena El Nino dan La Nina yang kuat untuk melihat hubungan SST dan konsentrasi klorofil-a pada saat fenomena tersebut dengan kondisi normal. Hal ini, agar rentang waktu data sesuai antara data SST dan klorofil-a dengan indeks El Niño dan La Niña yang sudah dalam bentuk nilai bulanan.

Uji korelasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk melihat hubungan antar dua variabel atau lebih tanpa mengubah variabel tersebut. Sehingga, data SST dan klorofil-a yang sudah dikumpulkan akan dikorelasikan terhadap kejadian El Niño dan La Niña untuk melihat kaitan antara pengaruh yang dapat ditimbulkan pada saat terjadi El Niño dan La Niña terhadap wilayah perairan Laut Maluku.

Pengaruh SST terhadap konsentrasi klorofil-a diperaian yang telah teramati akan dilakukan pemetaan wilayah

berdasarkan lokasi penelitian. Pemetaan ini diawali dengan analisa SST pada saat terjadi El Niño dan La Niña serta pada saat normal, kemudian dilakukan analisa klorofil-a pada saat terjadi El Niño dan La Niña serta pada saat normal, hal ini untuk mendapatkan gambaran secara spasial korelasi antara kedua parameter tersebut pada saat terjadi El Niño, La Niña dan saat normal.

Setelah didapatkan hasil korelasi dan pemetaan dari semua variabel (SST, klorofil-a dan El Niño & La Niña) maka akan dilakukan analisis menggunakan metode kuantitatif sehingga didapatkan gambaran kondisi perairan Laut Maluku pada saat terjadi El Niño, La Niña dan Normal terhadap kondisi SST dan klorofil-a.

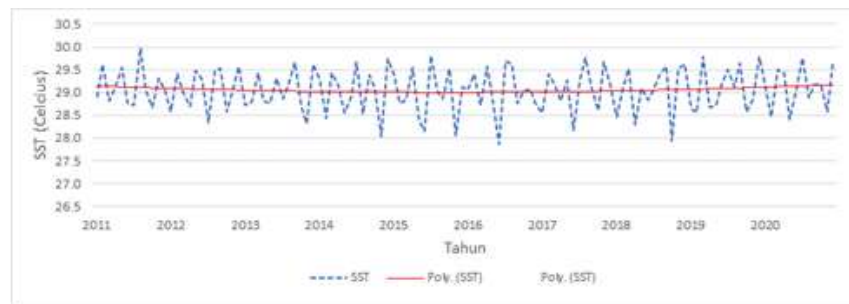
HASIL DAN PEMBAHASAN

Time Series Sea Surface Temperature (SST) di Laut Maluku

Tren SST di wilayah Laut Maluku dianalisis dari data rata-rata bulanan selama 10 tahun mulai dari tahun 2011-2020 (Gambar 2). Dari hasil analisis yang dilakukan, SST berkisar antara 27.9 – 30.0°C. Suhu terendah terjadi di tahun 2016 sedangkan suhu tertinggi terjadi di tahun 2011.

Berdasarkan hasil rata-rata (Gambar 2), nilai SST homogen selama tahun 2011-2020. Umumnya, daerah lepas pantai memiliki suhu yang hangat dan stabil, dikarenakan sinar matahari yang banyak diserap oleh permukaan. Hal ini didukung dengan pernyataan Hatta, (2001), terbentuknya pelapisan massa air di mana lapisan hangat yang homogen di permukaan disebabkan karena permukaan laut yang mendapat radiasi matahari pada siang hari. Penurunan dan peningkatan suhu muka laut (SST) di Laut Maluku tahun 2011 dan 2015 diduga ada kaitannya dengan kondisi aktifnya El Nino dan La Nina di Samudera Pasifik. Hal ini dijelaskan oleh Seprianto, dkk (2016), fenomena El Nino merupakan peningkatan Suhu Permukaan Laut (SPL) dari suhu normalnya di Pasifik Ekuator Timur. Sementara La Nina adalah fenomena SST di wilayah Ekuator Samudera Pasifik

mengalami penurunan dari suhu normalnya.



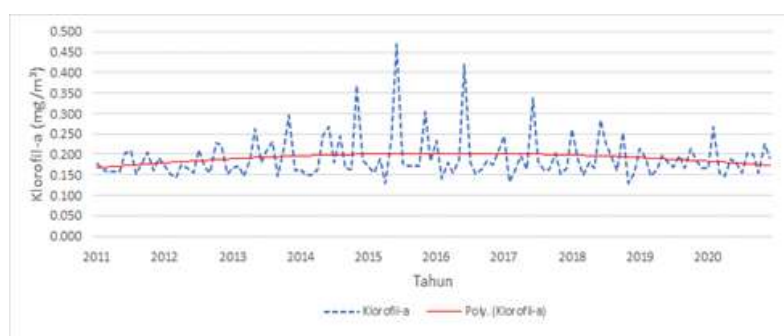
Gambar 2. Grafik time series SST selama tahun 2011-2020

Time Series Klorofil-a di Laut Maluku

Tren konsentrasi klorofil-a di wilayah Laut Maluku dianalisis dari data rata-rata bulanan selama 10 tahun mulai dari tahun 2011-2020 (Gambar 3). Berdasarkan hasil analisis, klorofil-a berkisar antara 0.131 – 0.469mg/m³. Konsentrasi klorofil-a terendah terjadi di tahun 2015 dan 2018, sedangkan klorofil-a tertinggi terjadi di tahun 2015. Peningkatan nilai konsentrasi klorofil-a di Laut Maluku tahun 2015 ada kaitannya dengan kondisi El Nino yang aktif. Hal ini berkaitan dengan hasil rata-rata SST yang rendah di tahun 2015. Menurut Semedi dan Safitri (2015), biomassa fitoplankton bisa dihitung dengan memperkirakan konsentrasi klorofil-a dan suhu perairan. Umumnya, diketahui kaitan yang dimiliki oleh konsentrasi klorofil-a dan

SST yaitu apabila suhu menurun maka nilai konsentrasi klorofil-a meningkat.

Berdasarkan hasil grafik time series parameter SST dan Klorofil-a, periode tahun 2011 menunjukkan nilai SST yang tinggi dibandingkan periode lainnya, sebaliknya tahun 2015 menunjukkan nilai SST yang rendah dengan nilai konsentrasi klorofil-a yang tinggi dibandingkan periode lainnya. Sehingga kondisi ini dikaitkan dengan fenomena El Nino aktif di tahun 2015 dan La Nina aktif di tahun 2011. El Nino memberikan pengaruh penurunan suhu muka laut (SST) yang cukup signifikan di bulan Juni dan November. Pengaruh El Nino tidak menunjukkan dampak yang signifikan melainkan peningkatan suhu muka laut terjadi pada bulan Januari, April, Juli, dan Oktober.



Gambar 3. Grafik time series Klorofil-a selama tahun 2011-2020

Analisa kondisi Sea Surface Temperature (SST) saat kejadian El Nino Tahun 2015

Pada kejadian El Nino tahun 2015, pola suhu muka laut (SST) di Laut Maluku mengalami fluktuasi dengan kondisi rata-

rata. Ada kondisi saat suhu muka laut lebih tinggi dan lebih rendah dari kondisi rata-rata. Terdapat beberapa kejadian dimana suhu muka laut terjadi penurunan yang cukup signifikan, hal ini menunjukkan bahwa kejadian El Nino dapat

mempengaruhi suhu muka laut (Gambar 4). Dari hasil anomali suhu muka laut pada saat kejadian El Nino tahun 2015 (Gambar 5) menunjukkan bahwa anomali negatif terjadi saat suhu turun di bawah rata-rata. Pada saat El Nino aktif tahun 2015, anomali negatif signifikan terjadi di bulan Juni, dan November. Sementara anomali suhu muka laut yang bernilai positif di bulan Januari, April, Juli, dan Oktober. Berdasarkan analisis grafik SST dan anomali SST di Laut Maluku selama periode tahun 2015, menunjukkan nilai SST cenderung lebih rendah pada bulan Juni dan November dibandingkan bulan lainnya, hal ini didukung dengan nilai anomali negatif yang signifikan di periode tersebut. Ada dua penjelasan untuk kondisi ini, pertama disebabkan karena letak garis lintang Laut Maluku, karena menurut Jamili, S., dkk (2018) apabila suatu wilayah letak garis lintangnya tinggi, maka semakin rendah suhu udaranya akibat intensitas penyinaran matahari yang semakin kecil. Sebaliknya apabila semakin rendah garis lintangnya maka semakin lama daerah tersebut mendapatkan sinar matahari dan menyebabkan suhu udara yang meningkat. Selanjutnya yang kedua yaitu disebabkan karena nilai dari indeks Nino 3.4 pada periode tersebut sangat tinggi dan bernilai positif khususnya di bulan November. Interaksi anomali SST di Laut Maluku dengan indeks Nino 3.4 pada periode tersebut yaitu berbanding terbalik, dimana saat anomali suhu di pasifik timur ekuator bernilai positif dan anomali SST di Laut Maluku bernilai negatif.

Analisa kondisi Sea Surface Temperature (SST) saat kejadian La Nina Tahun 2011

Suhu muka laut (SST) di wilayah Laut Maluku saat kejadian La Nina tahun 2011 (Gambar 6) menunjukkan peningkatan suhu muka laut yang cukup signifikan di Laut Maluku terjadi di bulan Agustus. Sebaliknya pengaruh La Nina yang tidak signifikan dimana suhu muka laut yang rendah terjadi di bulan Maret, Juli, September, Oktober dan Desember.

Anomali suhu muka laut (SST) di wilayah Laut Maluku dapat menjelaskan pengaruh La Nina terhadap SST di wilayah penelitian (Gambar 7) menunjukkan bahwa kejadian La Nina tahun 2011 cukup mempengaruhi suhu muka laut di wilayah Laut Maluku, anomali suhu muka laut bernilai positif signifikan terjadi di bulan Agustus. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh La Nina terhadap suhu muka laut di Laut Maluku. Sebaliknya anomali suhu muka laut menunjukkan hasil negatif di bulan Maret, Juli, September, Oktober dan Desember. Hal ini menunjukkan kecil pengaruh La Nina di Laut Maluku saat bulan-bulan tersebut.

Kondisi ini dapat dijelaskan lewat interaksi antara anomali indeks Nino 3.4 yang bernilai negatif dan tinggi di bulan Agustus berbanding lurus, karena anomali suhu di pasifik timur ekuator bernilai negatif dan anomali SST di Laut Maluku bernilai negatif. Posisi matahari yang berada di Belahan Bumi Utara (BBU) juga dapat berkontribusi dalam peningkatan SST karena penetrasi cahaya matahari optimal diterima oleh permukaan laut (Lasut, A., 2021).

Analisa kondisi Konsentrasi Klorofil-a saat kejadian El Nino Tahun 2015

Berdasarkan (Gambar 8), ada beberapa kondisi saat konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini dapat dikatakan bahwa ada pengaruh kejadian El Nino terhadap konsentrasi klorofil-a di Laut Maluku. Pengaruh kejadian El Nino yang cukup signifikan terjadi di bulan Juni dan November yaitu pada saat nilai konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan dibandingkan dengan bulan lainnya. Hasil anomali yang ditunjukkan dalam (Gambar 9) yaitu kejadian El Nino memiliki pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi klorofil-a di Laut Maluku. Nilai anomali positif yang tinggi terjadi di bulan Juni dan November, sebaliknya nilai anomali negatif terjadi di bulan Januari, Februari, April, Juli, Agustus, dan Oktober. Pola yang ditunjukkan pada grafik klorofil-a berbanding terbalik dengan grafik SST

tampak saat terjadi penurunan SST dan peningkatan nilai konsentrasi klorofil-a di bulan Juni dan November. Kondisi ini dapat dikategorikan sebagai potensi upwelling. Menurut Putra, dkk. (2017) potensi terjadinya upwelling berdampak positif terhadap lingkungan perairan di mana nutrisi dari lapisan bawah akan naik ke lapisan permukaan, sehingga dapat menyuburkan perairan tersebut. Kondisi tersebut akan semakin baik jika permukaan perairan mendapatkan intensitas cahaya matahari yang cukup dan akan meningkatkan produktivitas primer.

Analisa kondisi Konsentrasi Klorofil-a saat kejadian La Nina Tahun 2011

Konsentrasi klorofil-a pada saat terjadi La Nina tahun 2011 jika dilihat dari grafik (Gambar 10) menunjukkan kondisi yang tidak terlalu signifikan. Diantara beberapa periode bulan yang menunjukkan penurunan nilai konsentrasi klorofil-a di Laut Maluku, bulan Agustus termasuk yang paling signifikan penurunannya. Anomali konsentrasi klorofil-a dapat dilihat pada (Gambar 11), yang memperlihatkan bagaimana pengaruh kejadian La Nina terhadap klorofil-a di Laut Maluku. Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa kejadian La Nina tahun 2011 cukup mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di Laut Maluku. Hal ini ditunjukkan dengan nilai anomali negatif yang signifikan dari konsentrasi klorofil-a di bulan Mei, Juni, Agustus dan November. Dari grafik tersebut penurunan konsentrasi klorofil-a cukup tinggi dari rata-rata. Sebaliknya nilai anomali positif terlihat signifikan di bulan Juli, September dan Desember, artinya pengaruh La Nina lemah di bulan-bulan tersebut. Pola yang ditunjukkan dalam grafik klorofil-a jika dibandingkan dengan grafik SST yaitu berbanding terbalik, karena terjadi peningkatan SST dan penurunan nilai konsentrasi klorofil-a di bulan Agustus. Akan tetapi nilai anomali SST tidak sejalan dengan hasil anomali klorofil-a yang menunjukkan pola bervariasi di periode tertentu. Tingginya nilai konsentrasi klorofil-a di periode lain diduga karena proses mixing atau pencampuran

massa air dari lapisan bawah ke lapisan permukaan. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh angin yang membuat massa air di permukaan bergerak. Menurut Hatta, (2014) klorofil-a merupakan satu dari parameter biologi yang banyak dipengaruhi oleh berbagai variabel yang saling berinteraksi di laut, karena laut memiliki kondisi yang sangat dinamis.

Analisa spasial Sea Surface Temperature (SST) di Laut Maluku yang dipengaruhi oleh kejadian El Nino dan La Nina

Berdasarkan hasil pengolahan rata-rata SST dan konsentrasi klorofil-a pada saat kejadian El Nino tahun 2015, bulan Juni dan November merupakan penurunan SST dan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang paling signifikan dibandingkan bulan lainnya. Signifikan yang dimaksud yaitu kondisi saat terjadi fenomena El Nino yang aktif sepanjang tahun 2015, pengaruhnya terhadap SST di wilayah perairan Indonesia yaitu penurunan suhu muka laut dan nilai konsentrasi klorofil-a terjadi peningkatan.

Pada bulan Juni, nilai SST di wilayah penelitian yaitu antara 28,5 – 29,5 °C dan mengalami penurunan suhu hingga ke arah Laut Maluku bagian Selatan. Sementara konsentrasi klorofil-a di wilayah penelitian berkisar pada 0,2 mg/m³ hingga >3,0 mg/m³ dan mengalami peningkatan nilai konsentrasi yang cukup merata sepanjang Laut Maluku dan nilai konsentrasi tertinggi dominan terjadi di Teluk Maluku Utara, seperti yang tampak pada (Gambar 12). Sedangkan pada bulan November, nilai SST di wilayah penelitian homogen di 29,5 °C dan sebarannya merata ke seluruh wilayah perairan. Sementara nilai konsentrasi klorofil-a berkisar antara <0,2 mg/m³ – 1,2 mg/m³ dan mengalami peningkatan konsentrasi di sebagian Laut Maluku hingga perairan Maluku Utara, seperti yang tampak pada (Gambar 13).

Kondisi rata-rata suhu muka laut (SST) yang mengalami penurunan dan nilai konsentrasi klorofil-a yang meningkat pada bulan Juni dan November, merupakan hasil nyata pengaruh yang dihasilkan oleh

fenomena El Nino yang aktif di tahun 2015. Kondisi saat El Nino aktif tahun 2015 menunjukkan hubungan yang signifikan antara suhu muka laut yang lebih rendah dari kondisi normalnya dapat meningkatkan jumlah konsentrasi klorofil-a suatu perairan seperti yang tampak pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13. Pada saat suhu permukaan laut mendingin konsentrasi klorofil-a cenderung meningkat hal ini dapat disebabkan karena suhu yang lebih dingin menciptakan ekosistem lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan konsentrasi klorofil-a di Lautan (Haryanto, dkk,2021).

Analisa spasial Konsentrasi Klorofil-a di Laut Maluku yang dipengaruhi oleh kejadian El Nino dan La Nina

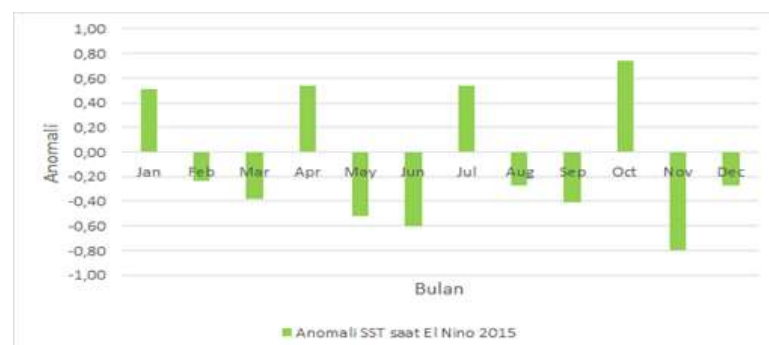
Hasil pengolahan rata-rata SST dan konsentrasi klorofil-a pada saat kejadian La Nina tahun 2011 menunjukkan bahwa bulan Agustus 2011 merupakan peningkatan SST dan penurunan

konsentrasi klorofil-a yang paling signifikan dibandingkan bulan-bulan yang lain.

Pada bulan Agustus, nilai SST di wilayah penelitian berkisar antara $<28,0 - 29,0$ °C dan mengalami penurunan suhu hingga ke arah Laut Maluku bag. Selatan. Sementara konsentrasi klorofil-a di wilayah penelitian berkisar antara $<0,2 \text{ mg/m}^3 - 1,0 \text{ mg/m}^3$ dan mengalami peningkatan konsentrasi di sekitar pesisir Timur Sulawesi Utara, seperti yang tampak di (Gambar 14). Sebaran konsentrasi klorofil-a saat periode Agustus 2011 dominan tinggi di wilayah sekitar pesisir pantai yang ditandai dengan nilai SST yang rendah di wilayah tersebut. Hal tersebut kemungkinan terjadi akibat run-off dari daratan sebagai dampak peningkatan curah hujan karena fenomena La Nina. Tingginya sebaran klorofil-a di perairan pesisir pantai disebabkan karena adanya suplai nutrisi melalui perairan sungai dalam jumlah besar yang berasal dari daratan (Marlian dkk, 2015).



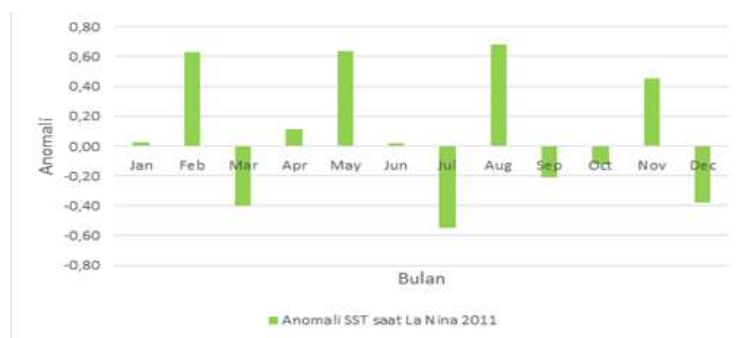
Gambar 4. Grafik SST saat El Nino tahun 2015 di Laut Maluku



Gambar 5. Grafik anomali SST saat El Nino tahun 2015 di Laut Maluku



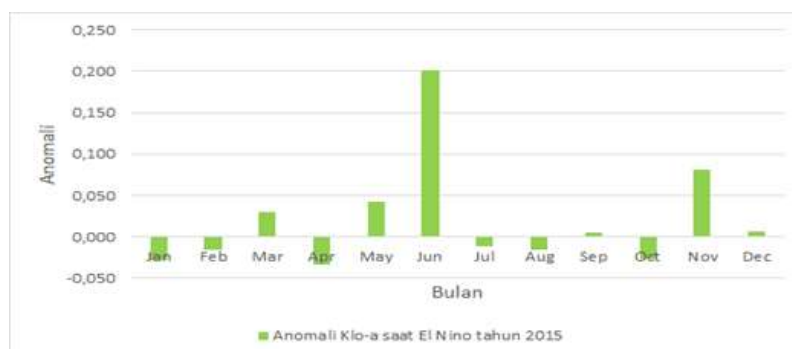
Gambar 6. Grafik SST saat La Nina tahun 2011 di Laut Maluku



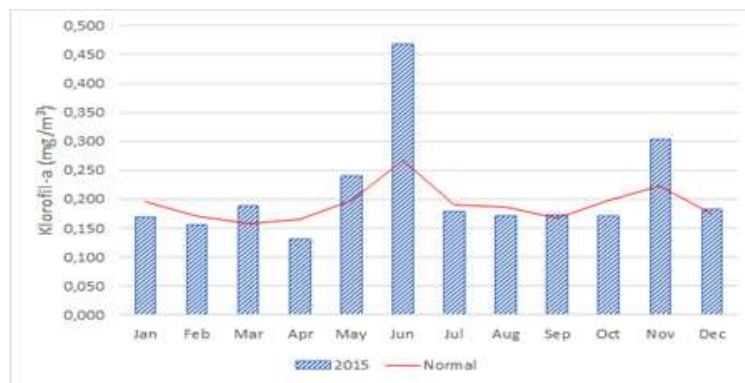
Gambar 7. Grafik anomali SST saat La Nina tahun 2011 di Laut Maluku



Gambar 8. Grafik klorofil-a saat El Nino tahun 2015 di Laut Maluku



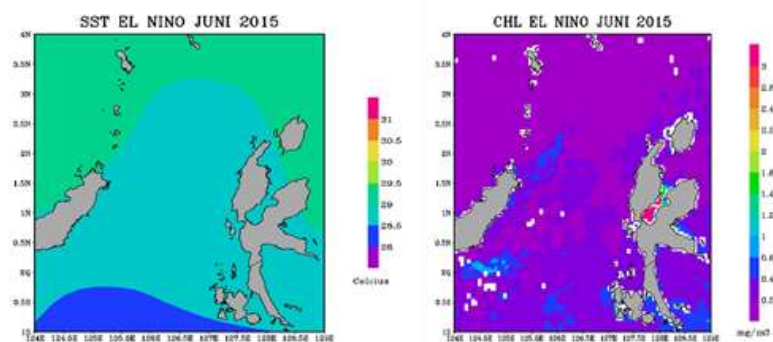
Gambar 9. Grafik anomali klorofil-a saat El Nino tahun 2015 di Laut Maluku



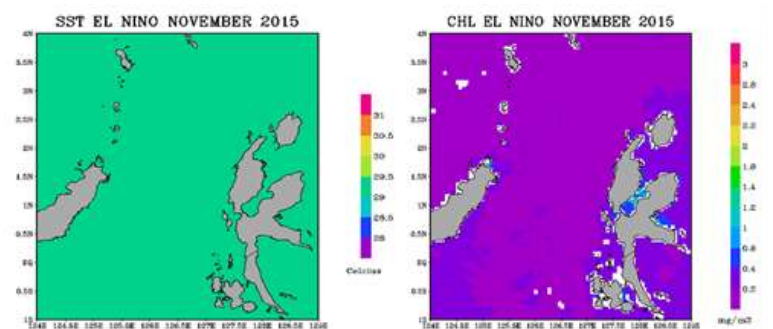
Gambar 10. Grafik klorofil-a saat La Nina tahun 2011 di Laut Maluku



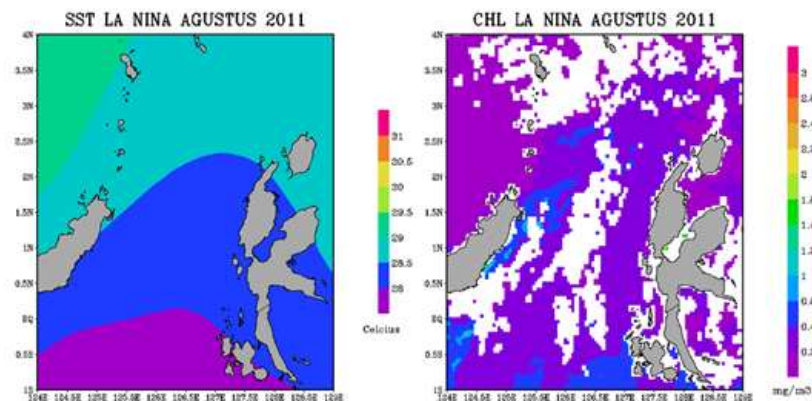
Gambar 11. Grafik anomali klorofil-a saat La Nina tahun 2011 di Laut Maluku



Gambar 12. Peta Spasial rata-rata SST dan Klorofil-a di Bulan Juni 2015



Gambar 13. Peta Spasial rata-rata SST dan Klorofil-a di Bulan November 2015



Gambar 14. Peta Spasial rata-rata SST dan Klorofil-a di Bulan Agustus 2011

KESIMPULAN

Fenomena El Nino aktif bulan Juni dan November 2015, menyebabkan variabilitas nilai SST mengalami penurunan suhu dibawah rata-rata dan nilai konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan konsentrasi di atas rata-rata kondisi normalnya, sedangkan fenomena La Nina aktif bulan Agustus 2011, menyebabkan variabilitas nilai SST mengalami peningkatan suhu di atas rata-rata dan penurunan nilai konsentrasi klorofil-a di bawah rata-rata kondisi normalnya. Hasil interpretasi spasial SST saat fenomena El Nino tahun 2015 dan La Nina tahun 2011, menunjukkan nilai suhu yang lebih rendah dengan sebaran suhu mengalami proses mixing. Selanjutnya interpretasi spasial nilai konsentrasi klorofil-a saat fenomena El Nino tahun 2015, menunjukkan nilai yang lebih tinggi dengan sebaran merata di sepanjang Laut Maluku, sedangkan saat fenomena La Nina tahun 2011, nilai konsentrasi lebih tinggi di sekitar pesisir timur Sulawesi Utara.

SARAN

Penelitian ini hanya menggunakan dua parameter yaitu Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a untuk menganalisa pengaruh fenomena El Nino dan La Nina di Laut Maluku, disarankan untuk dapat menambahkan parameter seperti Angin Permukaan, Kecepatan Arus, dan Data Tangkapan agar penelitian ini lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Barata A, Novianto D, dan Bahtiar A. 2011. Sebaran Ikan Tuna Berdasarkan Suhu dan Kedalaman di Samudera Hindia. Bali: Ilmu Kelautan.
- Hatta, M., 2001. Sebaran Klorofil-a dan Ikan Pelagis: Hubungannya Dengan Kondisi Oseanografi di Perairan Utara Irian Jaya [TESIS]. Unpublished Paper. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Haryanto Y. D., Hadiman, Agdialta R., dan Riama N. F. 2021. Pengaruh El Nino Terhadap Pola Distribusi Klorofil-a dan Pola Arus di Wilayah Perairan Selatan Maluku. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3), Hal. 364-374.
- Hatta, M. 2014. Hubungan Antara Parameter Oseanografi Dengan Kandungan Klorofil-a Pada Musim Timur di Perairan Utara Papua. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 24(3), Hal. 29-39.
- Jamili, S., Sudiarta I. W., dan Angraini L. M. 2018. Analisis Anomali Suhu Permukaan Laut dan Pengaruh Fenomena El-Nino dan La-Nina Terhadap Perubahan Nilai Anomali Suhu Permukaan Laut di Perairan Nusa Tenggara Barat Tahun 2008-2017. *Indonesian Physical Review*, 1(1), Hal. 17-31.
- Kunarso, Safwan Hadi, Nining S.N, dan multono S.B. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai

- Timor.
- Kurniawan, Andri, Yurika Permanasari, dan Ichi S. 2015. Pemanfaatan Data Suhu Permukaan Laut Citra Penginderaan Jauh Modis Terra/Aqua untuk Identifikasi Wilayah Berpotensi Ikan. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Marlian N., Damar A., dan Effendi H., 2015. Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, Vol. 20, No. 03, Hal. 272-279.
- Masrokhah dan Dwi. 2012. Perbandingan Metode Interpolasi Spasial Ordinary Cokring Dan Regresi Kriging Pada Tingkat Kepadatan Vegetasi Kota Surabaya. Thesis, Universitas Brawijaya.
- Neolaka, Amos. 2014. Metode Penelitian dan Statistik. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Nontji, Anugerah. 2008. Plankton Laut. Jakarta: LIPI Press.
- Putra D., P., Amin T., dan Asri D., P., 2017. Analisis Pengaruh IOD dan ENSO Terhadap Distribusi Klorofil-a Pada Periode Upwelling di Perairan Sumbawa Selatan. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* Vol. 4, No. 2, Hal. 7-16.
- Rasyad R. 2003. Metode Statistik Deskriptif Untuk Umum. Buku: PT Grasindo. Hal 34.
- Rohim, Abdul., Ari R.R, Deti N.H, dan Hafidh M.K. 2014. Peristiwa EL NIÑO dan LA NIÑA. Bandung: Jurusan Agroklimatologi, Fakultas Sains dan Teknologi, universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Semedi, B., dan Safitri, N., M., 2015. Estimasi Distribusi Klorofil-a di Perairan Selat Madura Menggunakan Data Citra Satelit Modis dan Pengukuran In Situ Pada Musim Timur. *Research Journal Of Life Science*, 2(1), Hal. 40-49.
- Seprianto A, Kunarso, Wirasatriya W. 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), Hal. 452-461.
- Sihombing Rina F, Aryawati R, dan Hartoni. 2013. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin provinsi Sumatera Selatan. FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Sugihartanto dan M. Fadly Yahya. 2019. Teknik Pengoperasian Pukat Cincin Mini Di Toli-toli Laut Sulawesi Laut Maluku. Bogor: Buletin Teknik Litkayasa.
- Sugiyono. 2010. Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan RD, Alfabeta Bandung.
- Sunarto. 2008. Peranan Upwelling Terhadap Pembentukan Daerah Penangkapan Ikan. Bandung: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran.
- Suwargana, Nana., dan Muchlisin Ariel. 2004. Penentuan Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil untuk Pengembangan Model Prediksi SST/Fishing Ground dengan menggunakan data Modis.
- Suyitno, 2008. Modul Pengayaan Materi Projek Pendampingan SMA. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yuliana dan Mutmainnah, 2013. Kandungan Klorofil-a Dalam Kaitannya Dengan Parameter Fisika-Kimia Perairan di Teluk Jakarta. Ternate: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Khairun.