

Analisis Perubahan Suhu Permukaan Laut di Wilayah Laut Flores dan Sekitarnya Menggunakan Citra Aqua Modis

I Gusti Putu Wahyu Paramartha^a, I Dewa Nyoman Nurweda Putra^{a*}, I Wayan Gede Astawa Karang^a

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: nurweda14@unud.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 9 Agustus 2023

Received in revised form: 23 Agustus 2023

Accepted: 27 November 2023

Available online: 31 Oktober 2024

Keywords:

SST, ENSO, IOD, Flores Sea

Kata Kunci:

SST, ENSO, IOD, Laut Flores

ABSTRACT

Aqua MODIS satellite is one of the satellite methods that can measure sea surface temperature (SST) spatially and temporally. The purpose of this study is to determine changes in sea surface temperature and determine the correlation of SPL with the El Nino Southern Oscillation (ENSO) and Indian Ocean Dipole (IOD) phenomena for 20 years from 2003 to 2022 in the Flores Sea Waters and surrounding areas. The data processing consists of pre-processing, processing, and spatial and temporal analysis. The processing results will be presented temporally and spatially to observe monthly, seasonal, and annual fluctuations. The analysis used to determine the relationship between sea surface temperature with ENSO and IOD uses the Pearson correlation equation. The highest monthly average SST occurred in December at 30.63°C, while the lowest occurred in August at 27.67°C. The lowest monthly average SPL in 20 years occurred during August 2006 at 26.86°C. For seasonal SPL, the highest occurred in the west season with an average of 30°C, then the lowest occurred in the east season with an average of 28.15°C. For the annual average value of SPL, the lowest occurred in 2006 at 28.81°C, and the highest occurred in 2016 with an average value of 30.15°C. The correlation value of the relationship between SPL with ENSO and IOD correlates from very low to strong.

ABSTRAK

Satelit Aqua MODIS merupakan salah satu cara satelit yang digunakan untuk pengukuran Suhu Permukaan Laut (SPL) secara spasial dan temporal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan SPL dan mengetahui hubungan korelasi SPL dengan fenomena El Nino Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) selama 20 tahun dari tahun 2003 sampai 2022 di Perairan Laut Flores dan sekitarnya. Hasil pengolahan disajikan secara spasial untuk mengamati fluktuasi bulanan, musiman dan tahunan. Analisis hubungan antara SPL dengan ENSO dan IOD berdasarkan persamaan Pearson Correlation. Adapun rata-rata SPL tertinggi secara bulanan terjadi di bulan Desember sebesar 30.63°C, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 27.67 °C. Nilai rata-rata SPL tertinggi secara musiman terjadi pada musim barat sebesar 30 °C, kemudian nilai terendah terjadi pada musim timur dengan rata-rata sebesar 28.15°C. Nilai rata-rata SPL tertinggi secara tahunan terjadi pada tahun 2016 sebesar 30.15°C, sedangkan nilai terendah terjadi pada tahun 2006 sebesar 28.81°C. Nilai korelasi hubungan antara SPL dengan ENSO dan IOD memiliki korelasi dari sangat rendah hingga kuat.

2024 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan salah satu parameter oseanografi yang dapat mempengaruhi kondisi suatu perairan. Menurut Yuniarti, *et al.* (2013) suhu dapat mempengaruhi sistem metabolisme, perkembangan dan pertumbuhan organisme serta habitatnya pada lingkungan yang ada di laut. Suhu permukaan laut dapat mempengaruhi kondisi atmosfer, cuaca dan musim, bahkan munculnya fenomena El Nino dan La Nina dapat dipelajari melalui SPL. Selain itu curah hujan sangat dipengaruhi oleh SPL, dimana SPL akan membantu laut menyuplai uap air sehingga berpengaruh pada tinggi rendahnya curah hujan (Wulandari dan Apriansyah, 2018).

Wilayah perairan Makasar sampai Laut Flores adalah salah satu wilayah yang memiliki karakteristik kondisi

oseanografi dinamis. Menurut Ilahude & Nontji (1999), Arus Lintas Indonesia dan Angin Muson merupakan beberapa hal yang mempengaruhi massa air di wilayah perairan ini. Selain itu Laut Flores juga dipengaruhi oleh *Indian Ocean Dipole* (IOD) yang masuk dari Selat Lombok (Broecker, 1991), sehingga El-Nino Southern Oscillation (ENSO), Indian Oscillation Dipole (IOD) dan pergerakan angin muson dapat secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi SPL di wilayah tersebut (Putra *et al.*, 2017).

Salah satu cara atau metode yang bisa digunakan untuk mengukur SPL secara spasial maupun temporal adalah dengan bantuan sistem penginderaan jauh (Hamuna *et al.*, 2015). Citra MODIS dari satelit Aqua/Terra merupakan salah satu dari contoh penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk mengukur SPL karena memiliki band thermal dan resolusi yang tinggi. Selain itu

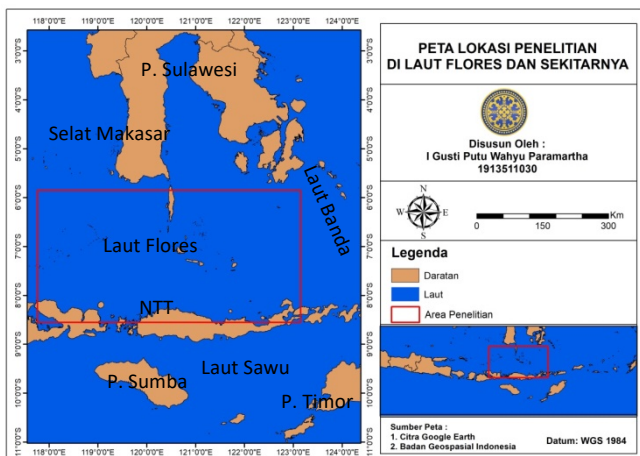
data dari satelit MODIS memiliki keunggulan dengan tersedianya data time series maka dapat digunakan untuk mengetahui perubahan SPL dengan cepat (Prima *et al.*, 2021).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk saat ini dalam mengkaji fenomena oseanografi di laut sudah banyak dilakukan. Salah satunya Hamuna *et al.* (2015) yang mengkaji tentang perubahan spasial dan temporal suhu permukaan laut di wilayah perairan Jayapura, Papua. Zahroh dan Sukojo (2016) yang menganalisa SPL dengan citra Aqua Modis level 1B untuk mendapatkan daerah potensi ikan di Selat Bali. Pemanfaatan sistem penginderaan jauh tersebut untuk mendeteksi SPL di wilayah Laut Flores belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik suhu permukaan laut di Perairan Laut Flores periode tahun 2003–2022 dengan menggunakan metode penginderaan jauh serta hubungan korelasinya terhadap peristiwa ENSO dan IOD yang berlangsung selama 20 tahun terakhir. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi pemahaman tentang karakteristik SPL di perairan Laut Flores dan sekitarnya dan dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya di bidang oseanografi dan perikanan, karena Laut Flores memiliki potensi yang besar di bidang budidaya perairan serta perikanan.

2. Metodologi

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi kajian dalam penelitian ini berlokasi disekitar perairan laut Flores dan sekitarnya. Letak Laut Flores berada di diantara Pulau Sulawesi dan Kepulauan Nusa Tenggara, tepatnya pada 8°4' dan 8° 58', dan terletak di antara garis bujur timur 119° 48' dan 123° 1'30" yang memiliki luas sekitar 240.000 Km² yang tersaji pada Gambar 1.



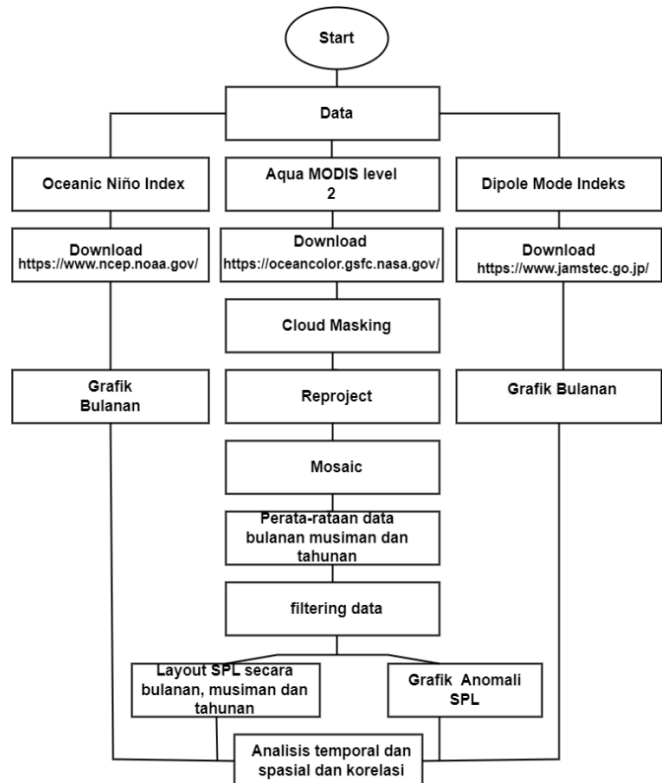
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Metode Penelitian

Proses pengolahan data citra satelit Aqua MODIS level 2 dilakukan dengan beberapa tahapan (Gambar 2). Tahapan yang pertama adalah proses pengunduhan data SPL pada satelit Aqua MODIS. indeks ENSO dan IOD diunduh pada website (<https://www.ncep.noaa.gov/> dan <https://www.jamstec.go.jp/>). Tahap pra pengolahan data kemudian data diolah menggunakan *software* Seadas untuk melakukan koreksi geometri dan penggabungan data citra. Hasil pengolahan pada *software* Microsoft Excel disajikan secara temporal untuk mengamati fluktuasi bulanan dan musiman dan tahunan. Kemudian dilakukan analisis spasial dengan *software* QGIS.

2.3 Tahap Pra Pengolahan

Tahapan yang pertama yaitu mengunduh data SPL pada satelit Aqua MODIS. indeks ENSO dan IOD didownload pada website yang tersedia pada <https://www.ncep.noaa.gov/> dan <https://www.jamstec.go.jp/>. Selanjutnya data ini kemudian diolah menggunakan *software* Seadas (Gambar 1).



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian.

2.4 Proses Cloud Masking dan Reproject

Untuk mengkoreksi nilai awan agar tidak ikut terbaca sebagai nilai SPL dan dirubah menjadi NAN dilakukan proses *cloud masking* menggunakan *software* Seadas. Proses ini dilakukan karena terkadang citra yang dihasilkan oleh Aqua MODIS tertutup oleh awan. Proses ini menggunakan nilai 0 dan 1 untuk nilai *quality level*, jika dilihat dari sudut satelit, pantulan matahari ataupun tutupan awan nilai tersebut merupakan nilai yang terbaik. Nilai kualifikasi 2 sampai 4 sebaiknya dihilangkan. Koreksi nilai awan menjadi NAN dilakukan berdasarkan persamaan 1.

$$if\ qual_sst\ then\ NaN\ else\ 1*sst..... (1)$$

Keterangan:

qual_sst : kualitas dari SPL

sst : sea surface temperature

Persamaan diatas memiliki arti bahwa jika *qual_sst* lebih dari angka 1 yaitu 2, 3 dan 4 maka nilai SST akan dirubah menjadi NAN, namun jika *qual_sst* bernilai 0 dan 1 maka nilai itu akan dirubah menjadi nilai SST sesuai dengan piksel tersebut. Dapat disingkat bahwa rumus diatas hanya akan menghasilkan SST dengan *qual_sst* bernilai 0 dan 1 saja. Langkah selanjutnya adalah melakukan koreksi geometri guna menjadikan bidang yang datar serta memberikan informasi geografis. Dengan memilih *reproject* serta memilih citra yang akan dikoreksi. Lalu dilakukan proses pengolahan data SPL seperti *Mosaic* untuk menggabungkan citra kemudian dirata-ratakan secara bulanan, tahunan dan musiman.

2.5 Pengolahan Data

Data rata-rata tersebut kemudian diinterpolasi untuk mendapatkan sebaran spasial SST. Data SPL kemudian dibuat peta dengan software Quantum gis (QGIS). Data tersebut akan diolah pada software Microsoft Excel. Hasil pengolahan akan disajikan secara temporal untuk mengamati fluktuasi bulanan dan musiman dan tahunan.

2.6 Perhitungan Nilai Anomali SPL

Selanjutnya yaitu menghitung nilai anomali SPL dengan aara mengurangi nilai SPL aktual per piksel dari nilai SPL rata-rata 20 tahun menggunakan persamaan 2 (Wilby *et al.*, 2004).

$$AnoSPL = SPLa - SPLm \tag{2}$$

Keterangan :

AnoSPL : nilai anomali SPL pada tempat yang bersangkutan

SPLa : nilai SPL aktual (°C)

SPLm : nilai SPL rata-rata (data selama 20 tahun dari periode 2003 – 2022)

Anomali SPL bernilai positif ketika nilai SPL yang diukur melebihi nilai rata-rata, sementara negatif ketika nilai SPL yang diukur lebih rendah dari rata-rata.

2.7 Analisis Data

Selanjutnya dilakukan analisis spasial dan temporal dimana analisis temporal bertujuan untuk melihat perubahan nilai SPL serta analisis spasial untuk melihat sebarannya. Untuk mengetahui hubungan antara dua variabel dilakukan metode korelasi menggunakan persamaan *Pearson correlation* (persamaan 3) (Riduwan dan Sunarto, 2007).

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \tag{3}$$

Keterangan :

r : *Pearson correlation coefisien*

x : Variabel bebas adalah index Nino 3.4 atau DMI

y : Variabel terikat yang dimana adalah SPL

n : Jumlah sampel

Dimana Jika nilai korelasi *r* bernilai negatif maka terjadi hubungan yang berlawanan arah sementara jika nilai *r* positif maka hubungan tersebut searah. Dimana yang berarti jika bernilai negatif maka terjadi kenaikan variabel bebas sementara variabel terikat mengalami penurunan begitu juga sebaliknya. Saat bernilai positif maka kenaikan variabel bebas akan diikuti oleh kenaikan variabel terikat dan sebaliknya. Untuk melihat nilai korelasi antar dua variabel dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah yang berisi nilai koefisien korelasinya.

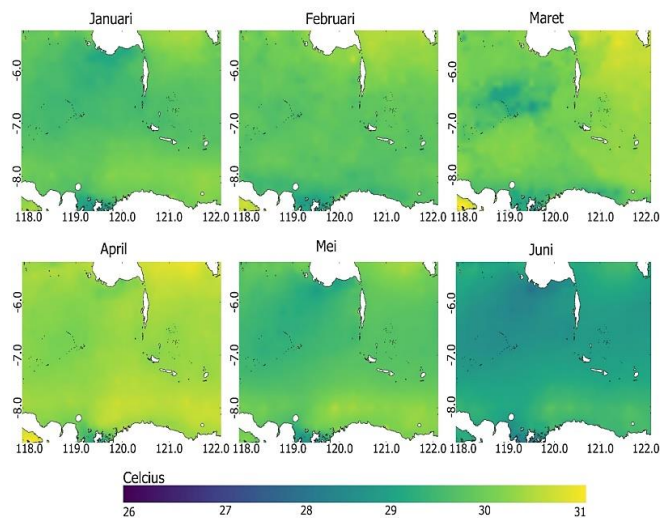
Tabel 1. Nilai hubungan korelasi hasil koefisien

Koefisien Korelasi	Interprestasi Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Cukup Kuat
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

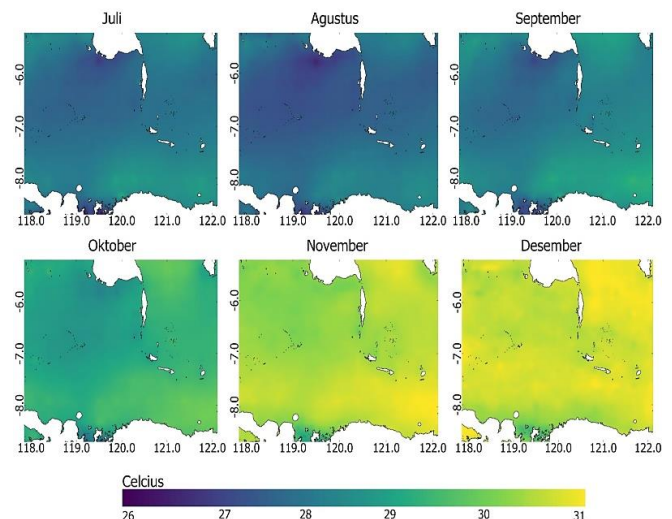
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Spasial dan Temporal Bulanan

Suhu Permukaan Laut (SPL) di perairan Laut Flores telah dianalisis didapatkan saat bulan Agustus nilai rata-rata SPL terendah dan bulan Desember SPL tertinggi. Hasil yang diperoleh dari analisis spasial secara bulanan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Bulan Desember SPL tertinggi dengan nilai 30,63 °C sedangkan terendahnya terjadi pada bulan Agustus 27,67 °C. Saat bulan November dan Desember yang merupakan akhir dari musim peralihan 2 serta bulan Desember adalah awal musim barat. Menyebabkan SPL menjadi meningkat selama peralihan antara musim peralihan 2 ke musim barat dengan rata-rata nilai SPL Bulan November adalah 30,34 °C dan Bulan Desember dengan rata-rata tertinggi sebesar 30,63 °C. Sementara saat Bulan Agustus nilai rata-rata SPL paling rendah yang berkisar antara 27,67 °C.



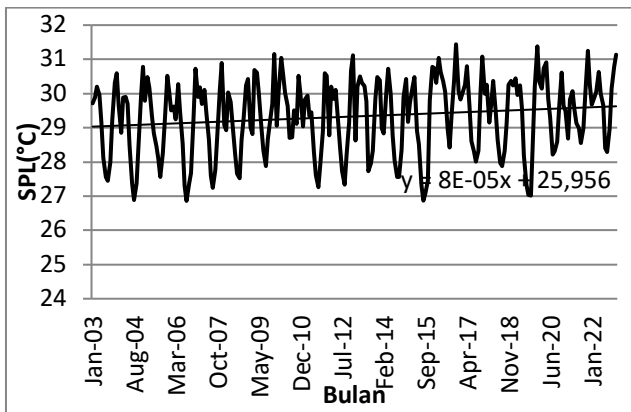
Gambar 3. Sebaran Spasial Rata-Rata SPL Bulanan Selama 20 Tahun



Gambar 4. Sebaran Spasial Rata-Rata SPL Bulanan Selama 20 Tahun.

Dapat dilihat bahwa sepanjang bulan Desember hingga Februari, Pulau-pulau di wilayah selatan Indonesia menunjukkan tingkat insolasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pulau-pulau di wilayah utara karena sudut kemiringan matahari cenderung lebih besar ke arah belahan bumi selatan. Hal ini telah diteliti oleh Swaraa *et al.* (2021) di Perairan Selatan Indonesia

bahwa bulan-bulan pada saat musim timur yaitu Juni, Juli dan Agustus nilai SPL lebih rendah dari bulan-bulan sebelumnya karena terjadi peristiwa *upwelling*. Selain itu dalam penelitian Fahrezi *et al.* (2022) pada bulan Agustus, terdapat penurunan signifikan dalam suhu rata-rata bulanan, yang disebabkan oleh pergerakan arus dingin yang berasal dari selatan, dimulai dari wilayah Selatan Samudra Hindia hingga mencapai Laut Arafura. SPL pada bulan Januari-Mei di Laut Flores menunjukkan persebaran pola yang fluktuatif, dimana SPL bulan Januari memiliki rata-rata berkisar 29 °C. Hal ini bisa terjadi karena saat bulan-bulan tersebut matahari berada di garis khatulistiwa, sehingga mengakibatkan SPL pada musim peralihan I meningkat.



Gambar 5. Grafik Rata-Rata SPL Bulanan

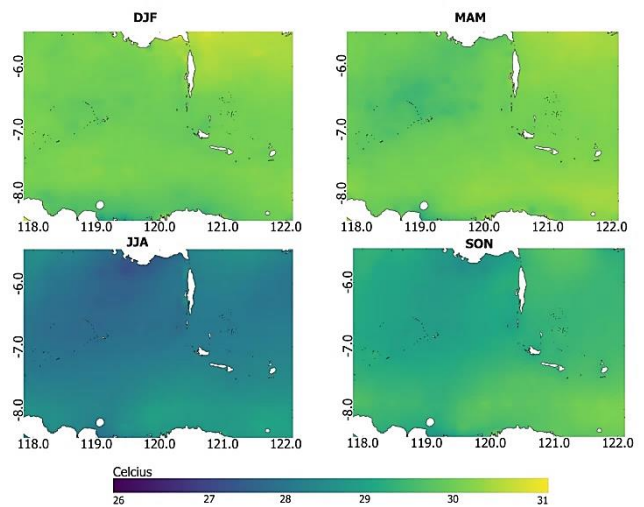
Pada Gambar 5 rata-rata suhu permukaan laut bulanan mengalami peningkatan sebesar 0,00008 °C dari tahun 2003 sampai 2022. SPL tinggi terjadi pada Bulan Maret tahun 2010 dan 2013, April tahun 2014, 2018, dan 2020, November 2005, 2011, 2016, 2017 dan 2021 dan Desember tahun 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2012, 2015, 2019 dan 2022. Sementara itu Bulan Agustus memiliki nilai rata-rata SPL yang rendah sebanyak 15 kali selama 20 tahun kecuali tahun 2010, 2013, 2014, 2019 dan 2020. Pada tahun 2010, 2013 dan 2020, karakteristik SPL yang rendah terjadi pada bulan Juli. Sedangkan pada tahun 2014 dan 2019, terjadi pada bulan September. Menurut Inaku (2011) *upwelling* yang terjadi di sekitaran Laut Flores berlangsung dari Juni sampai Agustus sehingga menyebabkan suhu menurun dan akan kembali meningkat pada awal bulan peralihan II yaitu September-Oktober. Saat bulan November dan Desember yang merupakan akhir dari musim peralihan II serta bulan Desember adalah awal musim barat, dimana SPL menjadi meningkat selama musim peralihan II ke musim barat

3.2 SPL Musiman

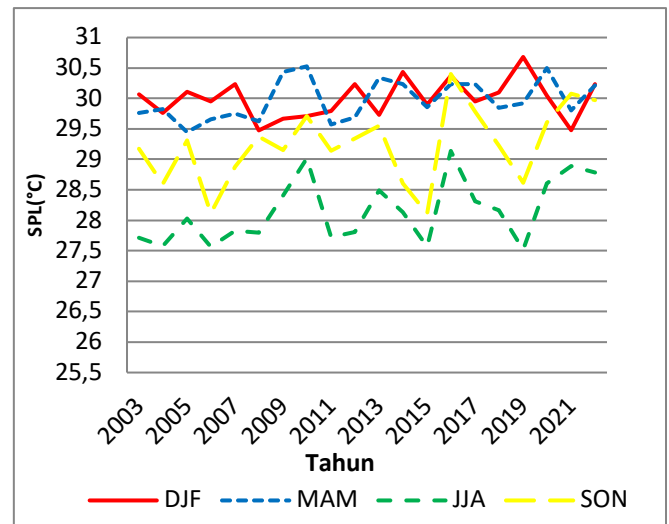
SPL musiman yang terjadi di wilayah Laut Flores dan sekitarnya pada Gambar 6 musim barat dengan rata-rata SPL tertinggi dari bulan Desember, Januari dan Februari (DJF) kemudian SPL terendah terjadi pada Juni, Juli dan Agustus (JJA) atau musim timur. Saat musim barat nilai SPL berkisar 29,48-30,68°C dengan rata-rata sebesar 30°C. Tingginya suhu pada musim barat disebabkan karena saat musim itu angin monsun bertiup menuju timur dari arah barat yang kecil dan menyebabkan massa air menjadi tenang dan sedikit bersirkulasi.

Menurut Inaku (2011) selama musim timur, terlihat penurunan suhu di wilayah selatan Selat Makassar sebagai indikator awal timbulnya proses *upwelling*. Kondisi *upwelling* mulai melemah pada saat musim peralihan II dengan mulai naiknya SPL dan area *upwelling* yang semakin mengecil di selatan Selat Makassar Kemudian pada musim peralihan I yaitu

pada bulan Maret, April dan Mei (MAM) kisaran SPL berada pada 29,45-30,53°C dengan rata-rata SPL 29,97°C. Saat musim timur tepatnya bulan Juni, Juli dan Agustus (JJA) nilai SPL di Laut Flores memiliki rata-rata terendah yaitu 28,15°C dengan nilai SPL berkisar antara 27,52-29,14°C. Untuk musim peralihan II yaitu pada bulan September, Oktober dan November (SON) SPL memiliki nilai berkisar antara 28,11-30,4°C dengan rata-rata SPL sebesar 29,24°C. Saat musim peralihan II suhu mulai meningkat karena akan memasuki musim barat dimana menurut penelitian Rahman (2019) peningkatan SPL terjadi akibat pergerakan Matahari menuju belahan bumi selatan selama musim peralihan II, yang menghasilkan peningkatan paparan sinar matahari pada SPL dan mengakibatkan SPL menerima tingkat sinar yang lebih tinggi dibandingkan dengan musim timur.



Gambar 6. Sebaran Spasial Rata-Rata SPL secara Musiman



Gambar 7. Grafik Rata-Rata SPL secara Musiman

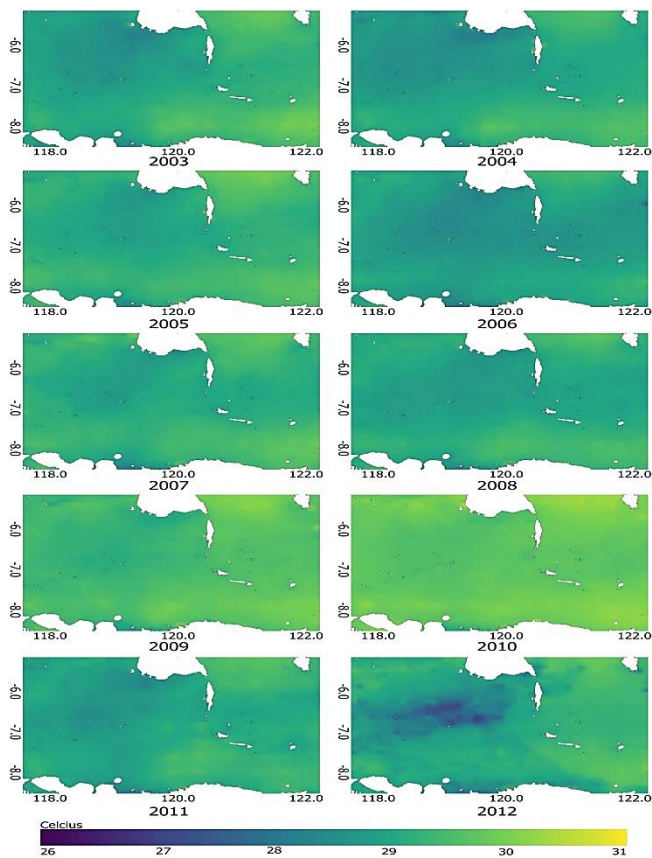
Secara temporal, SPL musiman selama 20 tahun (Gambar 7), rata-rata SPL yang tertinggi terjadi pada musim barat dan terendah pada musim timur. Pada musim barat, nilai SPL terendahnya yaitu sebesar 29,48 °C terjadi pada tahun 2021 dan tertingginya sebesar 30,68 °C pada tahun 2019. Pada musim peralihan I, rata-rata SPL sebesar 29,97°C dan rata-rata tertinggi yaitu 30,53 °C pada tahun 2010 serta terendah yaitu 29,45 °C pada tahun 2005. Selama musim timur, suhu permukaan laut (SPL) menunjukkan rata-rata sebesar 28,15 °C. Tahun 2016 SPL tertinggi sekitar 29,14 °C, sementara pada tahun 2019 mencapai SPL terendah sekitar 27,52 °C. Pada musim peralihan II, rata-

rata SPL mencapai 29,24 °C, dengan SPL maksimum tercatat pada tahun 2016 sebesar 30,4 °C dan SPL minimum pada tahun 2015 sekitar 28,11 °C.

3.3 SPL Tahunan

Rata-rata nilai SPL dari tahun 2003-2007 mengalami nilai fluktuatif dengan rentang nilai 28,82 - 29,23 °C. Nilai rerataan SPL mengalami peningkatan pada tahun 2008-2014, kemudian mengalami penurunan di tahun 2015 (Gambar 8 dan 9). Pada tahun 2016, kembali terjadi kenaikan nilai SPL dan penurunan kembali pada tahun 2017-2022 (Gambar 9). Menurut Martono (2017), suhu lebih dingin di wilayah tropis barat Samudera Hindia pada fase IOD negatif, sedangkan di wilayah timur lebih hangat dibandingkan kondisi normal.

SPL di Laut Flores memiliki pola sebaran tahunan yang sebagian terjadi kenaikan di bagian timur sedangkan di barat menurun. Kemudian sebaran SPL akan mulai menyebar kearah utara dan bagian selatan, hal ini berlangsung pada setiap tahunnya. Menurut Yusuf *et al.* (2022), perairan Indonesia memiliki perubahan nilai SPL yang kecil setiap tahunnya karena posisi Indonesia berada pada garis ekuator sehingga radiasi panas diterima sepanjang tahun sehingga suhu mengalami perubahan yang kecil dimana sesuai dengan grafik pada Gambar 10 terjadi kenaikan sebesar 0,03°C setiap tahunnya. Variabilitas suhu permukaan laut menunjukkan fluktuasi yang minor dari tahun ke tahun, tetapi tetap mengalami perubahan. Ini disebabkan oleh radiasi matahari dan arus laut yang berasal dari lintang tinggi. Letak geografis Indonesia, yang terletak di dekat garis khatulistiwa, memungkinkan penerimaan fluks panas dari radiasi matahari sepanjang tahun, sehingga suhu permukaan laut mengalami fluktuasi yang terbatas.

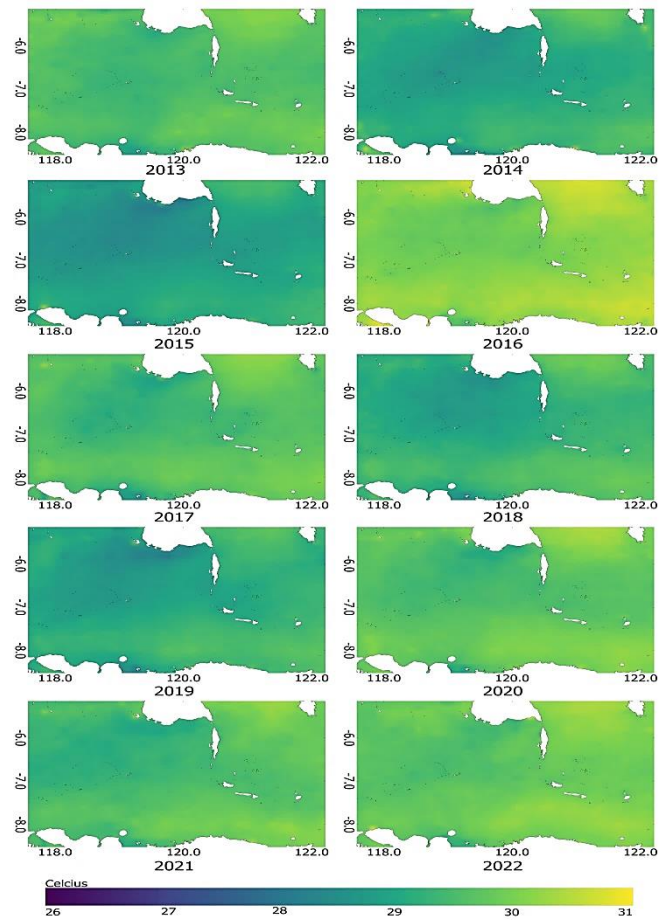


Gambar 8. Sebaran Spasial Rata-Rata SPL Tahunan

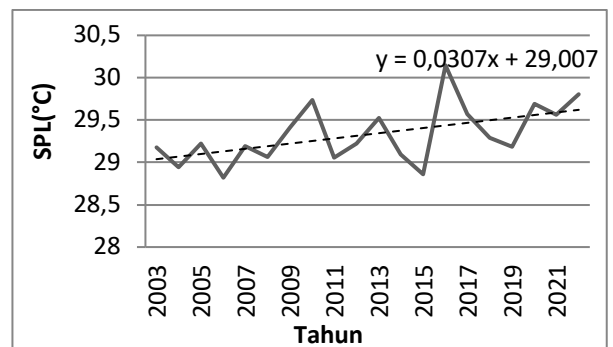
3.4 Hubungan SPL dengan ENSO dan IOD

Hubungan SPL dan ENSO di wilayah perairan Laut Flores dan Sekitarnya. Menggunakan hubungan nilai anomali

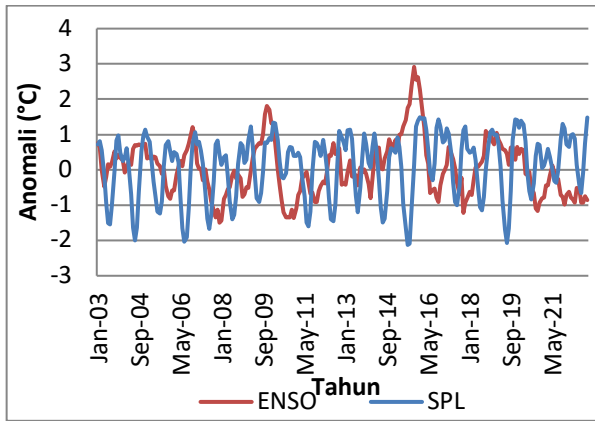
SPL dengan nilai indeks Nino 3,4 dan juga nilai indeks DMI. Variabilitas SPL dan ENSO cenderung menunjukkan sifat sefase dan antifase. Dimana saat sifat sefase terjadi SPL meningkat dan ENSO juga meningkat, sementara itu saat SPL menurun ENSO juga ada yang menurun. Saat antifase SPL meningkat tetapi ENSO menurun begitu juga sebaliknya saat SPL menurun ENSO meningkat. Fenomena *El Nino* terjadi sebanyak 10 kali dengan periode terlama berlangsung selama 19 bulan tepatnya dari bulan Oktober 2014 berakhir pada bulan April tahun 2016. Kejadian Normal terjadi sebanyak 17 kali dengan periode terlama berlangsung sekitar 15 bulan yang terjadi mulai dari bulan April 2003 sampai Juni 2004. Sementara itu Fenomena *La Nina* terjadi sebanyak 9 kali dengan periode terlama berlangsung selama 15 bulan yang dimulai pada bulan Oktober 2021 sampai Desember 2022 (Gambar 11).



Gambar 9. Sebaran Spasial Rata-Rata SPL Tahunan



Gambar 10. Grafik Rata-Rata SPL secara Tahunan



Gambar 11. Grafik Hubungan Anomali SPL dengan Indeks ENSO

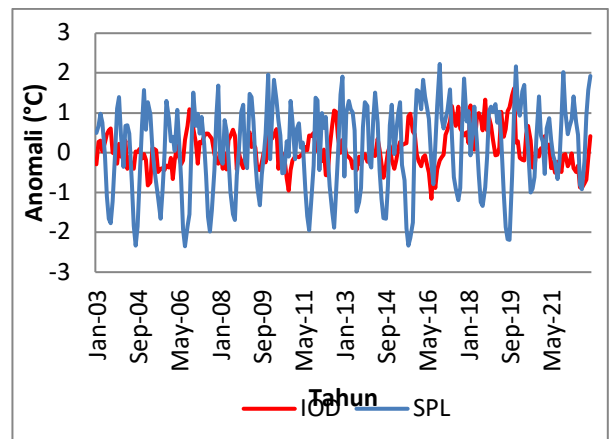
Dari Gambar diatas dimana jika indeks ENSO memiliki nilai diatas 0,5 °C maka terjadi *El Nino* serta jika nilai indeks ENSO antara +0,5 °C sampai -0,5 °C maka terjadi fase normal, sementara itu jika indeks ENSO berada dibawah -0,5 °C terjadi peristiwa *La Nina*. Pada saat terjadi peristiwa *El Nino* yang puncaknya berlangsung pada bulan Oktober tahun 2019 rata-rata SPL berkisar 28,61°C. Sementara itu saat kejadian normal rata-rata SPL sebesar 29,15 °C yang terjadi saat bulan Oktober tahun 2012, sementara itu saat *La Nina* pada bulan Oktober tahun 2017 nilai rata-rata SPL berkisar pada 29,93 °C. Dapat dilihat bahwa saat terjadi peristiwa El Nino nilai rata-rata SPL mengalami penurunan dari nilai rata-rata normal sebesar 0,54 °C dan saat La Nina rata-rata nilai SPL Meningkat dari nilai rata-rata SPL normal sebesar 0,78 °C. Menurut Swaraa *et al.* (2021) bahwa nilai SPL akan naik jika terjadi peristiwa *La Nina* namun akan turun saat terjadi *El Nino*. Selain itu pada penelitian Nurafifah *et al.* (2022) menunjukkan bahwa selama periode *El-Nino* di wilayah Laut Banda, terdapat anomali pada suhu permukaan laut yang mengalami penurunan sebesar -0,5 °C, yang kemudian diikuti oleh peningkatan suhu sebesar 0,5 °C di beberapa wilayah tertentu. Sebaliknya, selama periode La Nina, teramati peningkatan suhu sebesar 0,1°C hingga 0,5 °C.

Tabel 2. Nilai SPL saat Kejadian *El Nino*, *La Nina* dan Normal

No	Bulan	Fenomena	SPL (°C)		
			Max	Min	Rata-rata
1	Oct-19	<i>El-nino</i>	30,98	25,36	28,61
2	Oct-12	Normal	31,85	25,91	29,15
3	Oct-17	<i>La-nina</i>	31,84	25,83	29,93

Pada Gambar 12 IOD dikatakan negatif jika nilai indeks DMI dibawah -0,35 °C sementara saat IOD positif nilai indeks DMI diatas 0,35 °C, sementara saat normal suhu indeks berkisar diantara +0,35 °C sampai -0.35 °C. Untuk hubungan SPL dengan IOD dapat dilihat pada Gambar 12. dengan fenomena IOD Negatif terjadi sebanyak 9 kali dan Fenomena IOD Positif terjadi sebanyak 16 kali selama kurun waktu 2003 - 2022. Saat IOD positif terjadi dapat dilihat bahwa SPL akan naik kemudian turun saat IOD akan bernilai negatif, selanjutnya saat SPL naik akan diikuti oleh turunnya IOD dan jika SPL turun maka IOD naik. Dapat dikatakan hubungan antara IOD dengan SPL ini tidak terlalu berpengaruh terhadap naik maupun turunnya nilai SPL, Hal ini sesuai Gaol *et al.* (2014) Ketika terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) dalam kondisi positif, teramati adanya penurunan signifikan dalam nilai SPL di perairan barat Sumatra,

Selatan Jawa-Bali-Sumbawa, hingga perairan Banda dan Arafura.



Gambar 12. Grafik Hubungan Anomali SPL dengan Indeks IOD

Untuk melihat hubungan SPL dengan fenomena ENSO dan IOD dilakukan proses analisis korelasi. Dengan SPL (Y) dan Indeks Nino 3,4 dan DMI (X). Korelasi antara SPL dengan fenomena ENSO dan IOD dapat ditemukan dalam Tabel 7. Hasil korelasi positif menunjukkan adanya keterkaitan searah antara ENSO dan IOD dengan SPL, sementara korelasi negatif mengindikasikan hubungan yang berlawanan arah antara ENSO dan IOD terhadap SPL.

Tabel 3. Hubungan Korelasi Anomali SPL dengan Indeks ENSO dan IOD

Bulan	ENSO	Kategori	IOD	Kategori
Jan	0.52	Cukup Kuat	0.20	Sangat Rendah
Feb	0.55	Cukup Kuat	-0.17	Sangat Rendah
Mar	0.62	Kuat	0.26	Rendah
Apr	0.40	Rendah	0.17	Sangat Rendah
May	-0.05	Sangat Rendah	-0.15	Sangat Rendah
Jun	-0.39	Rendah	-0.55	Cukup Kuat
Jul	-0.47	Cukup Kuat	-0.47	Cukup Kuat
Aug	-0.67	Kuat	-0.56	Cukup Kuat
Sep	-0.64	Kuat	-0.59	Cukup Kuat
Oct	-0.64	Kuat	-0.62	Kuat
Nov	-0.64	Kuat	-0.33	Rendah
Dec	0.44	Cukup Kuat	0.38	Rendah

Dari Tabel 3 hubungan anomali SPL dengan indeks NINO 3,4 berada pada kategori sangat rendah hingga kuat namun tidak ada yang sempurna, dan didominasi oleh hubungan yang cukup kuat dan kuat dengan nilai korelasi tertinggi terjadi pada bulan Agustus. Sementara itu untuk hubungan anomali SPL dengan indeks IOD didominasi oleh hubungan yang rendah dan cukup kuat di beberapa bulan dan nilai korelasi tertinggi terjadi pada bulan September. Kuatnya hubungan antara anomali SPL dengan ENSO dan IOD saat bulan JJA-SON disebabkan karena saat bulan-bulan tersebut pengaruh dari pergerakan angin muson akan berpengaruh terhadap SPL dan juga pergerakan massa air dari peristiwa *upwelling* dapat menjadi faktor yang mempengaruhi tinggi-rendahnya nilai SPL di Laut Flores. Hal ini juga diteliti oleh Gaol and Ling (2014) terkait dengan perubahan nilai SPL di perairan Indonesia hal ini berkaitan dengan pengaruh angin muson, fenomena El Nino, dan Indian Ocean Dipole (IOD). Pada masa monsun timur, SPL di perairan

selatan Indonesia mengalami penurunan sehubungan dengan pergerakan massa air yang terjadi.

Kesimpulan

1. Rata-rata tertinggi SPL di Laut Flores secara bulanan terjadi di bulan Desember (30,63 °C), sedangkan terendahnya terjadi pada bulan Agustus (27,67 °C). Adanya fluktuasi musiman juga teramati, dengan SPL mencapai puncaknya sekitar 30 °C selama musim barat dan mencapai level terendah sekitar 28,15 °C selama musim timur. Untuk SPL tahunan, nilai terendah pada tahun 2006 dengan nilai rata-rata sebesar 28,81 °C dan tahun 2016 merupakan nilai SPL tertinggi dengan rata-rata sebesar 30,15 °C.
2. Hubungan anomali SPL dengan ENSO berada pada kategori sangat rendah hingga kuat namun tidak ada yang sempurna. Hubungan kuat antara SPL dengan ENSO terjadi pada bulan Agustus. Sementara itu untuk hubungan anomali SPL dengan IOD didominasi oleh hubungan yang rendah dan cukup kuat di beberapa bulan dan nilai korelasi tertinggi terjadi pada bulan September.

Daftar Pustaka

- Alma, B., Riduwan & Sunarto. (2007). *Pengantar Statistika Untuk penelitian: Pendidikan, Sosial, Komunikasi, Ekonomi dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Arinardi, O. H., Trimaningsih dan Sudirdjo. (1994). *Pengantar tentang plankton serta kisaran kelimpahan dan plankton dominan di sekitar Pulau Jawa dan Bali*. Puslitbang Oseanologi-LIPI Jakarta. 108 hal.
- Broecker, W.S. (1991). The Great Ocean Conveyor. *Oceanography* 4: 79-89.
- Fahrezi, A. A., Wulandari, E. P., Arrafi, M., Ridwana, R., & Himayah, S. (2022). Analisis Sebaran Suhu Permukaan Laut Di Laut Banda Tahun 2017–2019 Menggunakan Data Dari Sensor Amsr-2. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(1): 81-90.
- Gaol, J. L., Arhatin, R. E., & Ling, M. M. (2014). *Pemetaan Suhu Permukaan Laut Dari Satelit di Perairan Indonesia Untuk Mendukung "One Map Policy"*. Dalam Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh. Bogor, Indonesia, 21 April 2014 (pp. 433-442).
- Hamuna, B., Paulangan, Y. P., & Dimara, L. (2015). Kajian Suhu Permukaan Laut Menggunakan Data Satelit Aqua-MODIS di Perairan Jayapura, Papua. *Jurnal Depik Unsyiah*, 4(3): 160–167.
- Ilahude, A.G. dan A. Nontji. (1999). *Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina)*. Lokakarya AIPI, Puslitbang Oseanologi-LIPI, Jakarta. 12 hlm.
- Inaku, D. F. (2011). Analisis pola sebaran dan perkembangan area upwelling di bagian selatan Selat Makassar. *Jurnal Administrasi dan Kebijakan Kesehatan Indonesia*, 25(2): 105533.
- JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology). (2022). Databases General. www.jamstec.go.jp (Diakses pada tanggal 19 Desember 2022).
- Martono. (2017). Perubahan Tinggi Muka Laut dan Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa-Sumbawa selama *Indian Ocean Dipole* 2016. *Jurnal Geomatika*, 23(2): 57-64.
- NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration). (2022). El-Nino Southern Oscillation (ENSO). www.cpc.ncep.noaa.gov (Diakses pada tanggal 19 Desember 2022).
- Nurafifah, U. O., Zainuri, M., & Wirasatriya, A. (2022). Pengaruh ENSO dan IOD Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Pada Periode Upwelling di Laut Banda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3): 74-85.
- Prima, F., Astawa Karang, I., & Hendrawan, I. (2021). *Studi Karakteristik Suhu Permukaan Laut (SPL) Di Perairan Selat Lombok Menggunakan Citra Satelit EOS Aqua*.
- Putra, D. P., Amin, T., & 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*, 4(2): 7-15.
- Rahman, M. A., Syamsudin, M. L., & Agung, M. U. K. (2019). Pengaruh musim terhadap kondisi oseanografi dalam penentuan daerah penangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di perairan selatan Jawa barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 10(1).
- Sukojo, B. M., & Zahroh, L. (2018). Analisis perubahan daerah potensi ikan menggunakan citra satelit modis level 1b (studi kasus: selat bali). *Geoid*, 13(1):55-62.
- Swaraa, I. G. M. A., Karanga, I. W. G. A., & Indrawana, G. S. (2021). Analisis Pola Sebaran Area Upwelling di Selatan Indonesia Menggunakan Citra Modis Level 2. *Journal of Marine Research and Technology*, 4(1): 56-71.
- Wilby, R. L., Charles, S. P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P., & Mearns, L. O. (2004). Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods. *Supporting material of the Intergovernmental Panel on Climate Change, available from the DDC of IPCC TG CIA*, 27.
- Wulandari, A., Muliadi, M., & Apriansyah, A. (2018). Pengaruh Sebaran Uap Air terhadap Curah Hujan di Kalimantan Barat. *Prisma Fisika*, 6(3).
- Yuniarti, A., Maslukah, L., Helmi, M. (2013). Studi Variabilitas Suhu Permukaan Laut Berdasarkan Citra Satelit Aqua MODIS Tahun 2007-2011 di Perairan Selat Bali. *Jurnal Oseanografi*, 2(4): 416-421.
- Yusuf, M. M., Malik, A., & Sukri, I. Analisis Tren dan Variabilitas Suhu Permukaan Laut di Perairan Indonesia WPPN-RI 713. *Jurnal Environmental Science*.