

**RESPON KARAKTERISTIK MASSA AIR DI PERAIRAN SAMUDRA
HINDIA BAGIAN BARAT TERHADAP FENOMENA
*MADDEN JULIAN OSCILLATION (MJO)***

(Skripsi)

Oleh

Galih Prayogi Indra Putra Duarsa

2054221004



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RESPON KARAKTERISTIK MASSA AIR DI SAMUDRA HINDIA BAGIAN BARAT TERHADAP FENOMENA *MADDEN JULIAN OSCILLATION* (MJO)

Oleh

GALIH PRAYOGI INDRA PUTRA DUARSA

Samudra Hindia yang bersentuhan dengan Samudra Pasifik dan Samudra Atlantik memiliki karakteristik massa air yang unik. Sirkulasi termohalin dan arus lintas Indonesia yang membawa massa air yang berbeda juga mempengaruhi massa air di Samudra Hindia. Interaksi antara atmosfer dan lautan menyebabkan karakteristik massa air menjadi lebih kompleks, salah satu fenomena interaksi antara atmosfer dan lautan adalah Madden Julian Oscillation (MJO). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis interaksi MJO terhadap karakteristik massa air. Karakteristik massa air permukaan diketahui dari pola suhu permukaan laut, salinitas, dan anomali muka air laut. Karakteristik massa air vertikal dianalisis dari pola diagram T-S. Interaksi antara air permukaan dan air dalam dianalisis dengan aliran geostrofik. Sementara itu, pengaruh MJO dianalisis dengan diagram hovmoller. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pola suhu permukaan laut dan salinitas dipengaruhi oleh fenomena musonal. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan intensitas MJO berpengaruh terhadap suhu permukaan laut dan salinitas. Karakteristik massa air secara vertikal. Terdapat perbedaan karakteristik massa air yang ditunjukkan oleh massa air dengan. Suhu dan salinitasnya, juga terdapat massa air yang memiliki karakteristik suhu rendah dan salinitas tinggi. Massa air ini diperkirakan berasal dari Samudra Pasifik. Yang melewati Indonesia, yang dikenal dengan sebutan arus lintas Indonesia. Pengaruh MJO yang kuat terhadap karakteristik massa air terjadi di daerah antara 90-105 bujur timur. Hal ini menunjukkan bahwa MJO fase 3-4 sangat dominan mempengaruhi karakteristik massa air.

Kata kunci: salinitas suhu permukaan laut, anomali paras laut, geostropik, MJO, hommoller, massa air.

ABSTRACT

THE RESPONSE OF WATER MASS CHARACTERISTIC OF WESTERN INDIAN OCEAN FORWARD MADDEN JULIAN OSCILLATION (MJO)

BY

GALIH PRAYOGI INDRA PUTRA DUARSA

The Indian Ocean that connects with the Pacific Ocean and Atlantic Ocean has unique water mass characteristics. Thermohaline circulation passes from the Pacific Ocean heading to the Indian Ocean, called Indonesian throughflow, carrying different water masses, also influencing the water mass of the Indian Ocean. The interaction between atmosphere and ocean causes more complex water mass characteristics, one of the phenomena of interaction between atmosphere and ocean is the Madden-Julian Oscillation (MJO). This research was aimed to analyze the interaction of MJO on the characteristics of water mass. The characteristics of surface water masses are known from the pattern of sea surface temperature, salinity, and sea level anomaly. The vertical water mass characteristics are analyzed using the T-S diagram. The interaction between surface and deep water is analyzed using geostrophic flow. Meanwhile, the influence of MJO is analyzed using the Hovmöller diagram. The results of this research show that the pattern of sea surface temperature and salinity is influenced by monsoonal phenomena. This shows that changes in MJO intensity have an effect on sea surface temperature and salinity. Vertical water mass characteristics of water show that there are different characteristics of water mass indicated by water mass with. The characteristics of this water mass are shown by temperature and salinity, also low temperature and high salinity. This water mass is thought to originate from the Pacific Ocean, which passes through Indonesia, known as Indonesian throughflow. The strong influence of MJO on water mass characteristics occurred in the area between 90-105°E longitude. This shows that the MJO phase 3-4 is dominant and affected to water mass characteristics.

Keywords: salinity, temperature, sea level anomaly, MJO, Hovmöller, characteristic water mass.

**RESPON KARAKTERISTIK MASSA AIR DI SAMUDRA HINDIA
BAGIAN BARAT TERHADAP FENOMENA *MADDEN JULIAN*
OSCILLATION (MJO) DI PERAIRAN**

Oleh

Galih Prayogi Indra Putra Duarsa

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian
Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2024

Judul Penelitian : **RESPON KARAKTERISTIK MASSA AIR DI SAMUDRA HINDIA BAGIAN BARAT TERHADAP FENOMENA *MADDEN JULIAN OSCILLATION* (MJO)**

Nama Mahasiswa : **Galih Prayogi Indra Putra Duarsa**

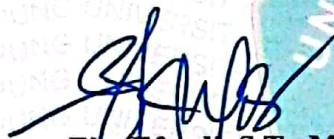
Nomor Pokok Mahasiswa : **2054221004**

Jurusan/ Program Studi : **Perikanan dan Kelautan/ S1 Ilmu Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**

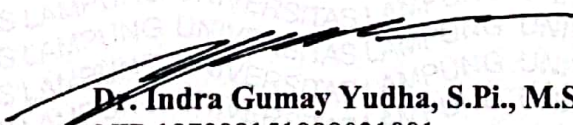


Eko Efendi, S.T., M.Si.
NIP. 197803292003121001



Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.
NIP. 199001202019031011

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**



Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP.197008151999031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

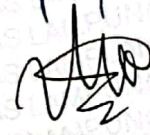
Ketua

: **Eko Efendi, S.T., M.Si.**



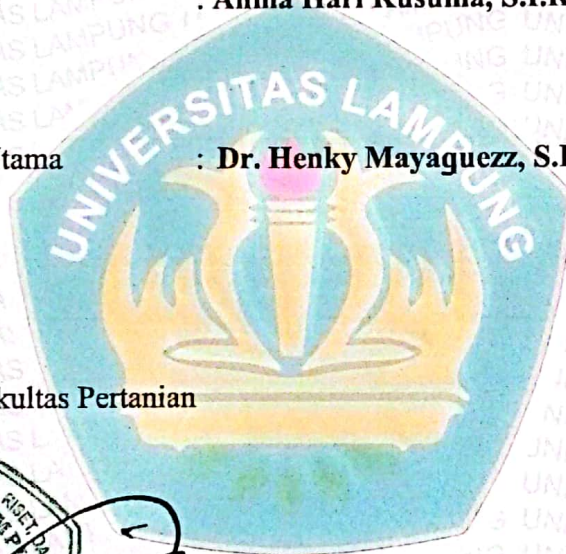
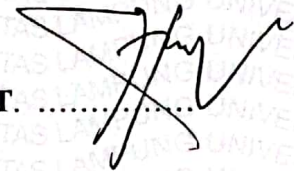
Sekretaris

: **Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.**



Penguji Utama

: **Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 1 Juli 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Galih Prayogi Indra Putra Duarsa

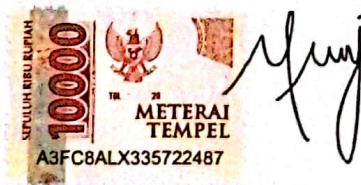
NPM : 2054221004

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 29 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Galih Prayogi Indra Putra Duarsa
NPM. 2054221004

RIWAYAT HIDUP



Galih Prayogi Indra Putra Duarsa, lahir di Metro, 01 Oktober 2002. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak A. Indra Budiman Duarsa dan Ibu Indriyani Ramlie. Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Pertiwi pada tahun 2007 dan melanjutkan pendidikan dasar di SD Muhammadiyah Kota Metro tahun 2008-2014 dan melanjutkan jenjang pendidikannya di SMP N 4 Metro dan selesai pada tahun 2017 penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di SMA N 4 Metro tahun 2017-2020.

Pada tahun 2020 penulis tercatat sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN) angkatan 2020. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Laboratorium Mikrobiologi Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM) Lampung pada Agustus 2023 yang berlokasi di Jl. Soekarno Hatta No. 91 KM 6-7 Campang Raya, Sukabumi, Bandar Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur kehadirat Allah SWT tuhan yang maha kuasa, saya persembahkan karya kecil ini dengan kesungguhan hati sebagai tanda cinta kepada:

Dua orang yang paling berharga bagi hidup saya, Bapak A. Indra Budiman Duarsa dan Ibu Indriyani Ramlie yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, serta melindungi saya dengan do'a yang ibu dan bapak panjatkan setiap saat hingga langkah saya selalu di ringankan dan dimudahkan hingga saat ini;

Dosen-dosen yang telah menjadi orang tua kedua di kampus yang tak bosan memberikan dan mengajarkan saya ilmu serta bimbingan dengan tulus dan ikhlas hingga saya berhasil mengantungi gelar sarjana;

Sahabat dan teman-teman Perikanan dan Kelautan 20 yang telah berjuang bersama dari awal menjadi mahasiswa baru, mengalami pengkaderan bersama sampai saat ini dan seterusnya yang selalu memberi mendukung serta pelajaran dalam setiap perjalanan hidup saya di bangku perkuliahan;

Almamater tercinta yang menjadi kebanggaan saya dimanapun saya berada,

Universitas Lampung

MOTTO

And be patient, for what has befalls you.

(Surah Luqman, The Holy Qur'an 31:17)

Don't ever let somebody tell you that you can't do something. You got a dream you gotta protect it. If you want somethin go get it. Period.

(Christopher Gardner, The Pursuit of Happyness)

There is no way around the hard work. Embrace it.

(Roger Federer)

The harder I push, the more I find within myself

(Aryton Senna)

The little things mean the most

(Ricky Rubio)

SANWACANA

Salam Sejahtera

Puji syukur kepada Tuhan Allah SWT atas segala berkat, karunia, dan kasih-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Respon Karakteristik Massa Air Di Samudra Hindia Bagian Barat Terhadap Fenomena *Madden Jullian Osillation* (MJO)” tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari perhatian, bimbingan, masukan, arahan, nasehat, curahan waktu, serta motivasi yang tiada henti selama dalam penelitian, penulisan, serta dalam proses menyelesaikan studi. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan dalam penyusunan skripsi, antara lain:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Henky Mayaquezz, S.Pi., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Ilmu Kelautan, Universitas Lampung;
4. Bapak Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku pembimbing I, yang telah memberi arahan dan bimbingan dalam penyusunan proses skripsi;
5. Bapak Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si. selaku pembimbing II, yang telah memberi arahan dan bimbingan dalam penyusunan proses skripsi;
6. Bapak Ibu Dosen Jurusan Ilmu Kelautan Unila yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan kepada penulis selama penulis melaksanakan studi di Jurusan Ilmu Kelautan;

7. Kedua orang tua tercinta Bapak A. Indra Budiman Duarsa dan Ibu Indriyani Ramlie yang tiada henti-hentinya mendoakan, memberikan semangat, dan dukungan pada penulis baik selama pelaksanaan maupun pembuatan skripsi serta nasihat-nasihat yang menguatkan penulis;
8. Kedua kakak ku yaitu Gilang Pratama Indra Putra Duarsa dan Giffany Azzahra Indri Putri Duarsa tersayang yang selalu mendo'akan, memberikan semangat, kasih sayang, kesabaran serta motivasi kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penelitian dan skripsi ini;
9. Teman-teman Perikanan dan Kelautan 2020 yang selalu menyemangati penulis dalam melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi;
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, yang telah ikut serta membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan penulisan di masa datang. Akhir kata, penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi banyak pihak.

Bandar Lampung, 29 Juli 2024

Penulis,

Galih Prayogi Indra Putra Duarsa

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Kerangka Pemikiran.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tekanan Permukaan dan Arus Geostropik.....	5
2.2 Suhu.....	6
2.3 Salinitas.....	7
2.5 Densitas.....	8
2.6. <i>Madden Julian Oscillation</i>	9
III. METODELOGI	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2. Alat dan Bahan.....	12
3.3. Metode Perolehan Data.....	12
3.4. Metode Pengolahan Data.....	12
3.4.1. Sebaran Suhu dan Salinitas Permukaan.....	12
3.4.2 Analisis Arus Geostropik.....	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Sebaran Salinitas Permukaan.....	16
4.2 Sebaran Suhu Permukaan.....	19
4.3 Karakteristik Massa Air.....	23

4.4 <i>Geostrophic Flow</i>	24
4.5 Interaksi MJO Terhadap Karakteristik Massa Air.....	27
V. KESIMPULAN	31
5.1. Kesimpulan.....	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan bahan penelitian.....	12

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran.....	4
2. Pergerakan MJO.....	9
3. Peta lokasi peneltian	11
4. Sebaran salinitas permukaan.....	17
5. Sebaran suhu permukaan.....	20
6. Diagram T-S.....	23
7. <i>Geostrophic flow</i>	24
8. Diagram <i>Hovmöller</i> , SLA, SPL, Salinitas.....	25

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai luas perairan sebesar 5,9 km² yang dibatasi oleh dua Samudra besar, yaitu Samudra Hindia di sebelah barat dan selatan, serta samudra Pasifik di sebelah timur laut. Perbedaan massa air pada kedua Samudra tersebut menyebabkan adanya aliran massa air dari Samudra Pasifik menuju samudra Hindia. Arus (aliran massa air) memainkan peranan penting dalam memodifikasi cuaca dan iklim global (Erik, 2014). Salah satu bentuk modifikasi cuaca yang terjadi adalah fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO).

Madden Julian Oscillation (MJO) merupakan fenomena skala besar yang terjadi karena adanya pola sirkulasi atmosfer dan konveksi yang kuat. MJO berpropagasi dari bagian barat Indonesia (Samudra Hindia) ke arah timur (Samudra Pasifik) dengan kecepatan rata-rata 5 m/s (Rahmaniar *et al.*, 2016). Sirkulasi ini ditandai dengan tumbuhnya awan skala besar yang dikenal dengan *Super Cloud Clusters* (SCCs) di Samudra Hindia. MJO merupakan mode dominan dari variabilitas intra-musiman yang mempengaruhi iklim dan cuaca. Laut memiliki respon tersendiri terhadap MJO. Saat MJO aktif akan mengakibatkan cuaca ekstrem dan berpotensi gelombang tinggi serta terjadi kenaikan kecepatan angin secara signifikan. Hal ini berpengaruh terhadap pola angin permukaan, yang nantinya memodulasi beberapa parameter di laut (Intan *et al.*, 2015).

Fenomena MJO mengakibatkan adanya perubahan tinggi muka laut, salinitas dan temperatur. Hal ini telah diketahui dan dibuktikan oleh penelitian Atmadipoera (2014) menggunakan data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR). Penurunan nilai

OLR yang terjadi karena adanya perubahan tinggi permukaan laut, sehingga menyebabkan perubahan salinitas dan temperatur laut. Pande (2022) menyatakan bahwa pada saat fase MJO aktif akan meningkat maka nilai suhu permukaan laut akan menurun begitu juga sebaliknya.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, penelitian keterkaitan antara MJO, tekanan permukaan dan stratifikasi massa air di Samudra Hindia belum banyak dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini penting untuk dilakukan, untuk mengetahui karakteristik massa air akibat pengaruh MJO.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Menganalisis sebaran permukaan temperatur dan salinitas;
2. menganalisis karakteristik massa air;
3. menganalisis arus geostropik berdasarkan anomali muka laut;
4. menganalisis keterkaitan *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap anomali muka laut, temperatur dan salinitas.

1.3. Manfaat Penelitian

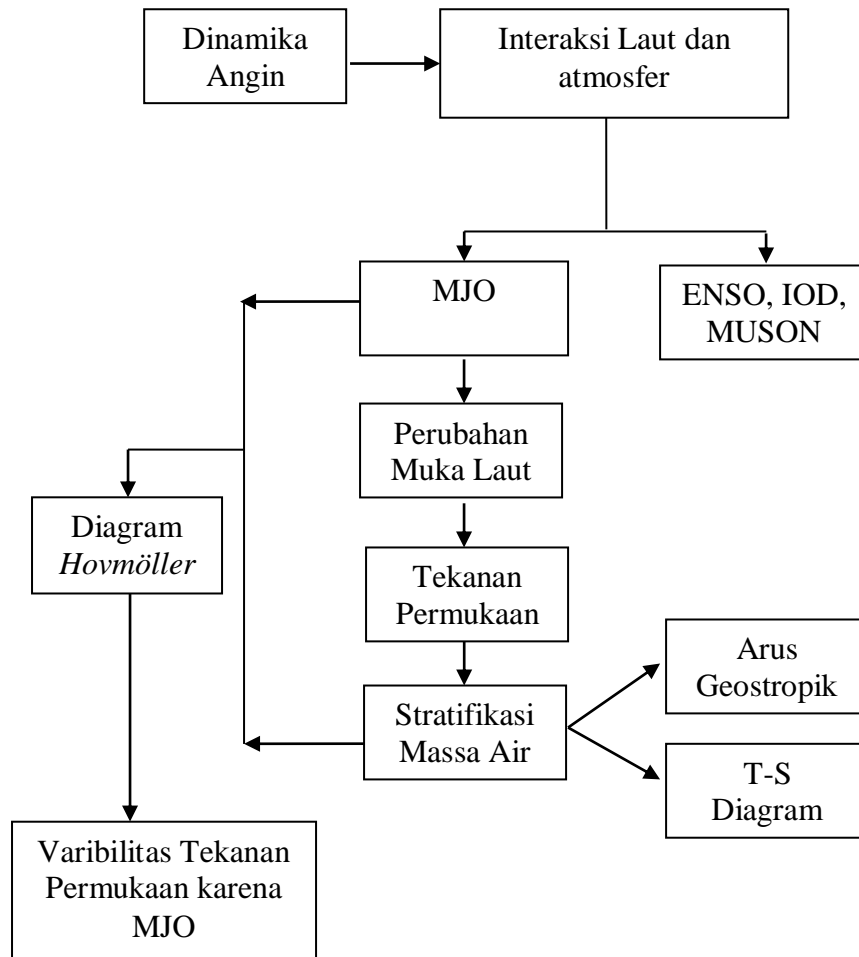
Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memberikan informasi mengenai pengaruh fenomena MJO terhadap massa air di Samudra hindia bagian barat. Secara lebih rinci manfaat dari hasil penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Mendapatkan pemahaman lebih mendalam mengenai fenomena MJO, tekanan permukaan dan stratifikasi massa air sehingga dapat mendukung aktifitas dibidang kelautan, perikanan dan iklim di perairan Samudra hindia dan sekitarnya.
2. Mengkaitkan informasi tentang proses awal terjadinya MJO dan pengaruhnya terhadap tekanan permukaan dan stratifikasi massa air.

1.4. Kerangka Pemikiran

MJO merupakan suatu gelombang yang dapat menghasilkan fluktuasi dalam parameter atmosfer dan perairan laut. Pada saat MJO akan aktif terjadi peningkatan kecepatan angin secara signifikan berupa muson. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kondisi permukaan laut. MJO yang terjadi secara intra seasonal yang terjadi di wilayah tropis, dapat diketahui berupa adanya peningkatan aktivitas konvektif dan akan berdampak pada tekanan permukaan. Perubahan tekanan permukaan mengakibatkan terjadinya stratifikasi massa air, stratifikasi massa air dapat dilihat dari T-S diagram (suhu dan salinitas).

Variabilitas MJO dengan tekanan permukaan dan stratifikasi massa air dapat diketahui keterkaitannya melalui diagram *Hovmöller*. Diagram *Hovmöller* menggambarkan nilai rata-rata pada satu kolom garis bujur atau lintang dengan menempatkan nilai tersebut dalam satu sumbu sedangkan sumbu yang lain menggambarkan dimensi waktu. Adapun, kerangka pemikiran pada penelitian disajikan dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tekanan Permukaan dan Arus Geostropik

Smith *et al.* (2015) menyatakan bahwa keberadaan tekanan permukaan yang naik turun dalam skala global dapat menyebabkan perubahan suhu yang berkaitan dengan curah hujan atau yang disebut dengan *South Oscillation* (SO). Osilasi selatan adalah pola telekoneksi berskala global di atmosfer, yang dapat mempengaruhi tekanan permukaan. Anomali permukaan memiliki peran yang vital dalam melakukan pengamatan fenomena kenaikan permukaan laut yang dipengaruhi oleh adanya ekspansi termal melalui suhu permukaan laut, dan penambahan masa air melalui daratan (Hartanto *et al.*, 2014).

Perubahan tekanan permukaan yang diseimbangkan dengan gaya *coriolis* membentuk arus geostropik. Gaya tersebut mengakibatkan adanya putaran arus ke kanan bagian belahan bumi utara dan pembelokan ke kiri pada belahan bumi selatan. Penentuan besaran gaya gradien tekanan persatuan massa dapat ditinjau dari kondisi laut dimana permukaannya tidak datar tetapi membentuk suatu lereng (*slope*) (Zhang *et al.*, 2015).

Pada dasarnya gerakan arus permukaan laut terutama disebabkan oleh adanya angin yang bertiup di atasnya. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi arus geostropik menurut Tandon *et al.* (2015), yaitu :

1. Bentuk topografi dasar laut dan pulau-pulau yang berada di sekitarnya;
2. gaya *coriolis* dan arus ekman;
3. perbedaan tekanan air;
4. arus musiman;
5. *upwelling* dan *downwelling*.

Perhitungan arus geostropik perlu memperhatikan ketentuan sebagai berikut :

1. Persamaan arus geostropik mengabaikan percepatan aliran air massa air. Oleh sebab itu persamaan ini tidak berlaku untuk perairan yang memiliki dimensi horizontal kurang dari 150 km;
2. Persamaan arus geostropik tidak berlaku untuk daerah di dekat ekuator hal ini disebabkan karena gaya *coriolis* nya mendekati nol;
3. Persamaan geostropik mengabaikan pengaruh gaya gesekan.

2.3. Suhu

Suhu berperan penting dalam parameter perairan laut, Pande (2022) menyatakan bahwa suhu permukaan laut dipengaruhi oleh panas matahari, arus permukaan, keadaan awan, *upwelling*, divergensi dan konvergensi terutama pada daerah muara dan sepanjang garis pantai. Adanya perbedaan penerimaan radiasi matahari setiap wilayah menyebabkan perbedaan suhu, terkait dengan perbedaan letak geografis. Selain panas dari matahari, faktor lain yang mempengaruhi suhu permukaan laut adalah arus permukaan, keadaan awan, *upwelling*, divergensi dan konvergensi terutama sekitar estuaria sepanjang garis pantai (Ali *et al.*, 2017).

Pada perairan laut sering terjadi peningkatan air (*upwelling*) dapat terjadinya penurunan suhu air permukaan sampai 25 °C dikarenakan air yang dingin di lapisan bawah terangkat ke permukaan. Suhu dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di lepas pantai. Suhu permukaan laut Indonesia secara umum berkisar antara 26 °C–29 °C, dan variasinya mengikuti sesuai dengan perubahan musim.

Pada lapisan termoklin, suhu menurun cepat terhadap kedalaman, lapisan ini merupakan daerah perlonjakan kenaikan densitas yang sangat mencolok, karena suhu menurun menyebabkan densitas air meningkat. Perubahan densitas ini bisa diperkuat lagi sebab dilapisan ini salinitas pun meningkat dan cepat, sehingga mengakibatkan air disebelah atas tidak bercampur dengan lapisan air di bawah (*discontinuity layer*). Kemudian pada lapisan dingin, makin kebawah suhunya berangsur-angsur turun hingga pada kedalaman lebih dari 1000 m suhu biasanya kurang dari 5 °C (Ali *et al.*, 2017).

2.4. Salinitas

Salinitas merupakan jumlah total garam dalam satu kg air laut, ketika semua karbonat telah dioksidasi, bromin dan iodin menjadi klor dan semua unsur organik telah teroksidasi (Sa'adah *et al.*, 2022). Sebaran salinitas di laut terpengaruh oleh beberapa faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran air sungai. Tinggi rendahnya kadar garam (salinitas) sangat bergantung pada faktor-faktor berikut :

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya;
2. Curah hujan, makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi;
3. Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Sebaran salinitas secara vertikal yaitu salinitas akan semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman karena semakin banyak zat-zat yang terlarut dalam perairan. Berdasarkan kedalaman, salinitas umumnya paling tinggi pada lapisan di atas 100 m dengan kisaran yang luas dan lebih beragam. Salinitas cenderung berada pada kisaran yang rendah cenderung homogen.

Sebaran salinitas secara horizontal dari pantai ke laut yaitu cenderung membesar dan menjadi lebih homogen karena daerah pantai akan banyak menerima masukan air tawar dari daratan sedangkan diperairan terbuka cenderung dalam keadaan konstan. Dalam penelitian Apriansyah (2018) menyatakan bahwa sebaran salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu pola sirkulasi air, posisi lintang, besarnya curah hujan (presipitasi), penguapan (evaporasi), dan aliran sungai.

2.5. Densitas

Densitas gr/cm^3 berkaitan langsung dengan kedalaman laut, densitas memiliki nilai antara 1,02–1,07 dan dapat berubah karena faktor bertambahnya salinitas, kedalaman yang berbeda serta menurunnya suhu. Semakin bertambahnya kedalaman laut maka secara bersamaan nilai densitas akan bertambah. Densitas sangat bergantung pada temperatur (T), salinitas (S) dan tekanan (P). Ketergantungan tersebut dikenal sebagai persamaan keadaan air laut (Pratomo, 2020).

Salinitas pada suatu perairan berkaitan langsung dengan densitas, karena adanya sifat anomali air ketika nilai salinitas naik juga diikuti dengan bertambahnya densitas. Terdapat empat faktor yang mempengaruhi salinitas yaitu, sirkulasi air, penguapan (evaporasi), curah hujan (presipitasi), dan aliran sungai disekitar aliran (*run off*) (Andayani *et al.*, 2020).

proses evaporasi atau pemanasan yang terjadi di permukaan laut dapat menyebabkan perubahan nilai densitas. Densitas air laut lebih besar daripada densitas air murni karena adanya kandungan garam. Di permukaan laut, rata-rata densitas sekitar 1.02500 gr/cm^3 . Adanya faktor tekanan dapat menyebabkan perubahan nilai densitas secara vertikal. Pada lapisan termoklin atau haloklin, nilai densitas mengalami peningkatan yang cukup drastis.

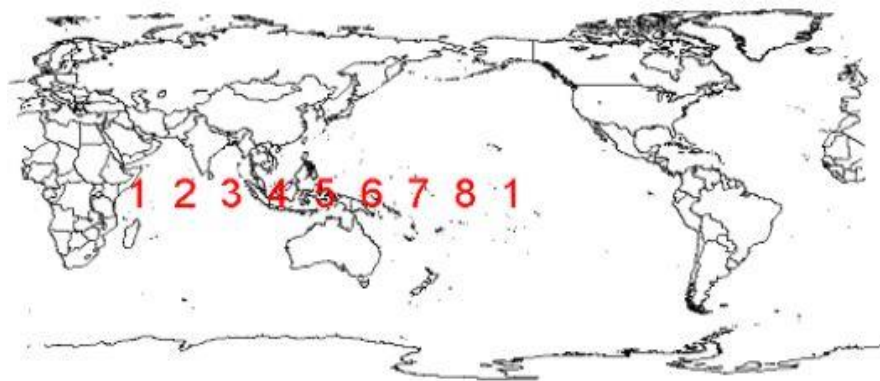
Nilai densitas air laut kerap dinyatakan dalam bentuk σ_t (sigma-t). σ_t adalah lambang yang mengekspresikan densitas sampel air laut pada tekanan atmosfer seperti yang ditentukan dari pengukuran temperatur *in situ* dan salinitasnya. Pada kedalaman kurang dari 500 m di lintang tengah dan rendah, σ_t bertambah dengan cepat terhadap kedalaman di bawah lapisan permukaan tercampur, dan kurva pada hampir horisontal. Lapisan tersebut adalah lapisan piknoklin. Lapisan pinoklin adalah zona pada densitas berubah secara drastis. Pada lintang tinggi, lapisan campur dan pinoklin tidak ada. Pinoklin bertindak sebagai batas berpori yang memungkinkan energi kinetik untuk memasuki lapisan dalam (Septiani, 2014).

Di laut terbuka, piknoklin biasanya bergabung dengan termoklin, walaupun posisi dan kemiringan tergantung pada distribusi salinitas. Piknoklin utama bertemu dengan termoklin permanen. Air dalam piknoklin harus sangat stabil yaitu diperlukan jumlah energi yang banyak untuk bergerak ke atas atau ke bawah.

2.6. Madden Julian Oscillation

Madden Julian Oscillation (MJO) adalah gelombang atau osilasi non *seasonal* yang terjadi di lapisan troposfer yang bergerak dari barat ke timur dengan periode osilasi kurang lebih 30-60 hari. Dalam penelitian ini delapan fase MJO dikelompokkan menjadi 4 bagian sesuai dengan pergerakannya yaitu fase 1 dan 8 (*Western and Africa*), fase 2 dan 3 (*Indian Ocean*), fase 4 dan 5 (*Maritime Continent*), fase 6 dan 7 (*Western Pacific*) (Pattipeilohy *et al.*, 2019).

MJO bergerak ke Timur dari Samudra Hindia menuju Samudra Pasifik sekali osilasi dalam waktu 30-60 hari dibagi dalam 8 fase. Fase 1 di Afrika (210° BB - 60° BT), fase 2 di Samudra Hindia bagian Barat (60° BT - 80° BT), fase 3 di Samudra Hindia bagian barat (80° BT - 100° BT), fase 4 dan fase 5 di benua maritim Indonesia (100° BT - 140° BT), fase 6 di kawasan Pasifik Barat (140° BT - 160° BT), fase 7 di Pasifik Tengah (160° BT - 180° BT), dan fase 8 daerah konveksi di belahan bumi bagian barat (180° BT 160° BB) (Fitriyani, 2014). Pergerakan *Madden Julian Oscillation* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pergerakan MJO.

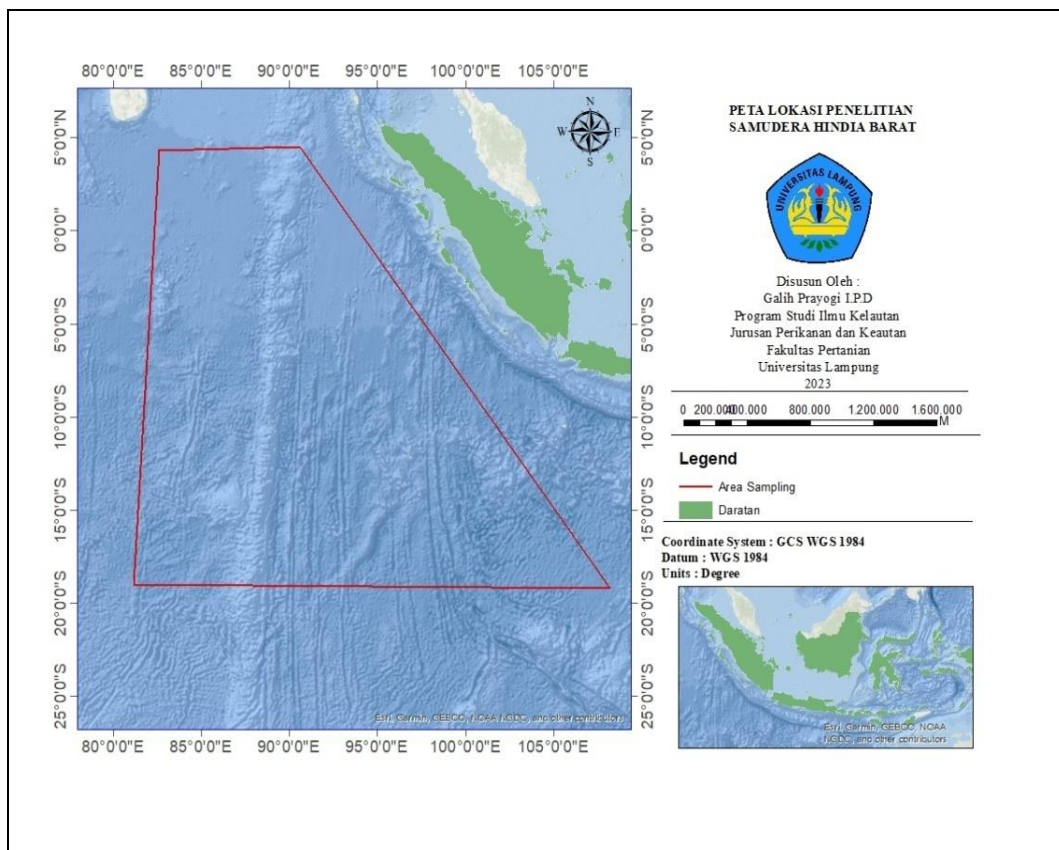
Madden Julian Oscillation terdiri dari 2 fase yaitu, fase peningkatan curah hujan (konvektif) dan fase curah hujan menurun. Pada fase konvektif terjadi dalam 8 fase. Fase ke- 8 MJO dalam menyelesaikan satu kali periode osilasi diawali dengan Samudra Hindia bagian barat dan berakhir pada bagian timur Afrika.

MJO adalah fenomena skala besar yang terjadi akibat adanya pola sirkulasi atmosfer yang kuat. Terdapat hubungan timbal balik yang erat antara atmosfer dan laut sehingga keduanya saling dipengaruhi dan mempengaruhi. Fenomena laut dan atmosfer yang memengaruhi daerah Indonesia adalah Muson, *Dipole Mode* (DM), *Madden Julian Oscillation* (MJO) dan *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), dengan beragam siklus intra-musiman, musiman hingga antar tahunan. Salah satu fenomena laut atmosfer yang terdapat di wilayah ekuatorial adalah *Madden Julian Oscillation* (MJO).

III. METODELOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – April 2024. Domain penelitian ini berada pada Samudra Hindia bagian barat Sumatera berada antara koordinat (80° BT, 5° LU – 105° BT, 30° LS). Peta domain penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	Laptop ASUS A43E	<i>Hardware</i> sarana pengolahan data
2.	<i>Software Ocean Data View (ODV)</i>	Untuk pengolahan data T-S diagram, sebaran salinitas temperatur dan <i>Geostrophic Flow</i>
3.	<i>Software Surfer 11</i>	Proses <i>Layout</i> MJO dan <i>Hovmöller</i>)
4.	<i>Software SeaDAS</i>	Untuk pengolahan hasil ekstraksi citra
5.	<i>Software Excel</i>	Pengolahan data
6.	<i>Software ArcGIS 10.3 Lisence</i>	Pengolahan citra (ekstraksi dan pencocokan koordinat)
7.	<i>Software Paint</i>	Layout hasil diagram <i>Hovmöller</i>

3.3. Metode Perolehan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data anomali tinggi muka laut, salinitas, temperatur dan data indeks MJO dengan periode 10 tahun (2010-2020). Data anomali tinggi muka laut, salinitas dan temperatur diperoleh pada laman <https://marine.copernicus.eu/>. Data *Madden Julian Oscilaton (MJO)* diunduh melalui laman <http://www.bom.gov.au/>.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Sebaran Temperatur dan Salinitas Permukaan

Data temperatur dan salinitas permukaan diolah menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View (ODV)*. Karakteristik massa air dapat dilihat melalui diagram T-S. Diagram T-S dibuat dengan cara memplotkan data suhu dan salinitas data yang dianalisis dipilih dengan membuat *section* pada stasiun pengamatan data. Data salinitas di plotkan pada sumbu X, sedangkan data temperatur terlebih dahulu di konversi menjadi potensial temperatur yang kemudian di plotkan pada sumbu Y.

3.4.2 Analisis Arus Geostropik

Arus geostropik dianalisis dari data anomali tinggi muka laut. Analisis arus geostropik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV). Data anomali tinggi muka laut akan dihitung untuk mendapatkan anomali volume spesifik dengan persamaan (1) (Awaliyah *et al.*, 2018) :

$$10^5 \delta = 10^5 (\sigma_{s,t,p} - \sigma_{35,0,p}) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- δ = Anomali volume spesifik
- $\sigma_{s,t}$ = Densitas suhu temperatur
- $\sigma_{35,0,p}$ = Densitas nilai tekanan
- 10^5 = Nilai Konstanta

Nilai $\sigma_{35,0,p}$ dihitung dengan persamaan (2) Richasari *et al.* (2021) :

$$\sigma_{0,35,p} = \frac{\sum_{n=0}^3 C_n P}{1 + 1,83E - 5p} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- p = Tekanan (dbar) $C_2 = -6,22760321E-12$
- $C_0 = 0,97264310$ $C_3 = -1,88511480E-16$
- $C_1 = -1,326963403E-5$

Nilai anomali volume spesifik yang sudah dihitung, kemudian digunakan untuk menghitung kedalaman dinamik. menurut Alawiyah *et al.* (2018) seperti pada persamaan (3) :

$$\Delta D = \int_{p_0}^p \delta dp \dots\dots\dots(3)$$

Dengan menggunakan aturan trapezodial untuk menemukan persamaan (3), maka kedalaman dinamik di hitung menggunakan persamaan (4) :

$$\Delta D_i = \sum \frac{1}{2} (\delta_i + \delta_{i-1}) (p_i - p_{i-1}) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$$\Delta D_0 = 0$$

δ_i dan p_i = anomali volume spesifik dan tekanan pada kedalaman i

δ_{i-1} dan p_{i-1} = anomali volume spesifik dan tekanan pada kedalaman $i-1$

Setelah diketahui kedalaman dinamik, kemudian ditentukan kedalaman acuan (*reference level*), yaitu kedalaman yang tidak terjadi gerakan antara dua stasiun (*level of no motion*). Menurut Alawiyah *et al.* (2018) kedalaman acuan diketahui dari selisih antara dua kedalaman dinamik diantara dua stasiun. Kecepatan arus geostropik diperoleh dengan menghitung selisih antara kecepatan pada kedalaman acuan dengan kecepatan pada kedalaman yang akan dihitung, seperti pada persamaan (5) :

$$(V_1 - V_2) = \frac{1}{2\Omega \sin \theta L} \left[\int_{p_1}^{p_2} \delta_B dp - \int_{p_1}^{p_2} \delta_A dp \right] \dots\dots\dots(5)$$

$\int_{p_1}^{p_2} \delta_B dp - \int_{p_1}^{p_2} \delta_A dp$ adalah kedalaman dinamik pada titik B dan kedalaman dinamik

pada titik A serta $\Delta D = \int_{p_1}^{p_2} \delta dp = 10D$. Maka persamaan (5) menjadi

$$(V_1 - V_2) = \frac{10}{2\Omega \sin \theta L} [D_B - D_A] \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

$(V_1 - V_2)$ = Selisih antara kecepatan arus pada tekanan p_1 dan arus pada tekanan p_2 , kemudian diambil nilai rata-ratanya antara stasiun A dan B

$2\Omega \sin \theta L$ = Gaya *coriolis*

L = *Slope* lebih rendah

θ = Lintang dari titik tengah antara stasiun A dan B

Ω = Sudut rotasi bumi (7.29×10^{-5} rad/det).

D_B, D_A = Stasiun A dan B.

3.4.3 Keterkaitan MJO dengan *Sea level Anomaly* Temperatur dan Salinitas

Menurut Hovmöller (1949) propagasi MJO dapat diketahui dari kecepatan fase pergerakan MJO yang dihitung dengan merata-ratakan nilai bujur dan lintang, sehingga diperoleh perubahan jarak (dx) terhadap perubahan waktu (dt).

Perubahan tersebut diplotkan dalam bentuk diagram yang beda kecepatan fase dihitung dengan persamaan 7 :

$$\text{kecepatan fase} = dx/dt \quad \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

dx = Perubahan kecepatan

dt = Perubahan waktu

Selain kecepatan fase, pola yang dibentuk dari hasil analisis diagram *Hovmöller* digunakan untuk mengidentifikasi penguatan dan pelemahan variabel di titik dan waktu tertentu pada saat penjalaran *Madden Julian Oscillation* (MJO) selama MJO berlangsung. Diagram tersebut menggambarkan nilai rata-rata pada satu kolom garis bujur atau lintang dengan menempatkan nilai tersebut dalam satu sumbu sedangkan sumbu yang lain menggambarkan dimensi waktu. Diagram *Hovmöller* adalah diagram yang menggambarkan parameter cuaca dan iklim berdasarkan runtun waktu terhadap spasial tempat. Sumbu x pada diagram *Hovmöller* umumnya adalah koordinat bujur di permukaan bumi. Adapun absis atau sumbu y diagram *Hovmöller* adalah runtun waktu.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan, yaitu :

1. Pola sebaran salinitas dan suhu permukaan laut selama periode tahun 2010-2020 di pengaruhi oleh faktor musiman;
2. Karakteristik massa air bervariasi pada kedalaman lapisan termoklin;
3. Pengaruh tekanan permukaan terhadap aliran arus geostropik terjadi sangat kuat di BBS yang di tandai dengan terbentuknya *eddies*;
4. MJO berpengaruh terhadap variabilitas salinitas, suhu dan anomali paras laut pada wilayah antara 90-105⁰ BT, ketika memasuki fase 3 MJO.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini fenomena MJO yang kuat terhadap perubahan salinitas, suhu permukaan laut dan anomali paras laut perlu di kaji dampak lanjutanya terutama pada daerah pulau Sumatera. Dampak lanjut yang dapat di kaji adalah perubahan pola curah hujan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Alawiyah, E. A., Sasmito. B., & Bashit. N. 2018. Analisis pola arus geostropik di perairan Samudra hindia untuk untuk indentifikasi up welling menggunakancitra satelit. *Jurnal Geodesi*, 2(1): 190-198.
- Ali. C. 2017. *Variasi Temporal Suhu Permukaan Laut Serta Hubuganya Dengan Perairan Laut Bengkulu*. (Tesis). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. Palembang. 212 hlm.
- Andayani, Ni Komang. S, Ilahude, Delyuzar, Satriadi, Alfi, & Purwanto. 2020. Studi potensi OTEC berdasarkan distribusi suhu, salinitas dan densitas di perairan timur – utara pulau Bali. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4):386-395.
- Apriansyah. 2018. Distribusi salinitas di estuari Kapuas kecil. *Jurnal Fisika*, 4(2) : 68-74.
- Arioka. 2022. Pengaruh *Madden Julian Oscillation* terhadap variabilitas salinitas laut di Samudra Hindia dan Pasifik Barat. *Jurnal Kelautan*, 2(1): 76-81.
- Atmadipoera. 2020. Struktur vertikal dan variabilitas ARLINDO yang masuk ke tepi barat laut Banda. *Jurnal Kelautan Tropis*, 12(2): 455-469.
- Brown, D. E., & Miller, S. R. 2019. The impact of density variations on ocean circulation: A review. *Journal of Marine Research*, 77(4): 567-590.
- Dimas, R., H. Setiyono., & Helmi, M. 2015. Arus geostropik permukaan musiman berdasarkan data satelit altimetri tahun 2012-2013 di SamudraHindia bagian timur. *Jurnal Oseanografi*, 4(4): 756–764.
- Erik. V. S. 2014. Konektivitas Samudra pasifik-Samudra hindia kebocoran tasman, arus lintas Indonesia, dan peran ENSO. *Journal Science*, 19(2): 1365-1382.
- Fadika, U., Rifai. Z., & Rochaddi, B. 2014. Arah dan kecepatan angin musiman serta kaitannya dengan sebaran suhu permukaan laut di selatan Pangandaran Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 3(3):429-437.

- Fahrezi, A. A., Wulandari, E. V., Arrafi, M., Ridwana, R., & Himayah, R. 2022. Analisis sebaran suhu permukaan laut di laut Banda tahun 2017-2019 menggunakan data dari sensor AMSR-2. *Jurnal Kelautan*, 15(1):81-90.
- Fitriyani. 2014. *Prediksi Peluang Banjir Tahunan di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah*. (Skripsi). Fakultas Geografi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. 140 hlm.
- Flavien, M. 2018. Satellite radar altimetry principle accuracy and precision. *Journal of Geodesy and Geomatics*, 16(1): 244-399.
- Hartanto, P., Prijatna, K., & Nurmaulita, S. L. 2014. Perubahan muka air laut berdasarkan data satelit altimetri dan data argo pada rentang 1992-2012 di wilayah Samudra Pasifik bagian barat. *Jurnal Ilmiah Globe*, 16(1): 17-24.
- Hidayat, R. 2016. Modulation of Indonesian rainfall variability by the Madden Julian Oscillation. *Journal Sciences*, 33(2): 167-177.
- Hovmöller, E. 1949. The trough-and-ridge diagram. *Journal Oceanography*, 1(3): 62-66.
- Hughes, C. W., & Meredith, M. P. 2018. The impact of bathymetry on the circulation of the southern ocean. *Journal of Geophysical Oceans*, 123(9): 6852-6869.
- Intan. P., Nasrul. I., & Muhammad A. 2015. Analisis fenomena perubahan iklim dan karakteristik curah hujan ekstrim di kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 11(1): 88-92.
- Kurnia, D., & Andri. S. 2015. Analisis tingkat kerawanan banjir di kabupaten Sampang menggunakan metode *overlay* dengan *scoring* berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1): 42.
- Kusuma, A. H., Hasani, Q., Budiarto, A., Priyadi, H., Amri, K., Ma'mun, A., & Wahyuni, E. 2024. Hubungan hasil tangkapan rajungan (*Portunus pelagicus*, *linnaeus* 1758) dengan kondisi hidro- oseanografi perairan Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. *Journal perikanan*, 14(1): 365-379.
- Lowe, A. T., & Wu, W. 2021. Climate change impacts on coastal salinity. *Journal of Coastal Research*, 37(1): 100-115.
- Madden, R. A., & Julian, P. R. 1994. Observation of the 40-50 day tropical oscillation a review. *Journal Monthly Weather Review*, 12(2): 814-837.
- Nababan, B., Sihombing. E.G., & Panjaitan, J. P. 2021. Variabilitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di Samudra Hindia timur laut, barat Sumatra. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 2(12): 143-159.

- Najid, A., Pariwono, J.I., Bengen, D.G., Nurhakim, S.& Atmadipoera, A.S. 2012. Pola musiman dan antar tahunan salinitas permukaan laut di perairan utara Jawa-Madura. *Maspari*, 4 (2), 168-177.
- Pattipeilohy, W. J., & Asri, D. P. 2019. Analisis pengaruh *Madden Julian Oscillation* terhadap anomali curah hujan di wilayah Ngurah Rai. *Jurnal Klimatologi dan Geofisika*, 6(2): 49–56.
- Patty, S. I., Huwae. R., & Kainama. F. 2020. Variasi musiman suhu salinitas dan kekeruhan air laut di perairan selat Lembeh Sulawesi Utara. *Jurnal Platax*, 8(1): 110-117.
- Rahmaniar. J., Arsyad. M., & Vistarani. A. T. 2016. Pengaruh *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap tinggi gelombang laut di selat Makassar. *Jurnal Nasional Fisika*, 2(1): 52-55.
- Richasari, D. S., & Handoko, E. Y. 2021. Analisis pemodelan arus geostropik di perairan Indonesia menggunakan data satelit altimetri. *Jurnal Geoid*, 16(1) : 70-76.
- Sa'adah, H. V., & Widagdo, S. 2020. Sebaran salinitas dan temperatur permukaan pada saat *Spring Tide* dan *Neap Tide* di estuaria sungai porong, Sidoarjo. *Jurnal Tropimar*, 2(1): 48-57.
- Schaefer, V.J. & Mayfield, C.E. 2017. *Physical chemistry principles and applications*. CRC Press. Manchester. 370 hlm.
- Siregar, S.N., Sari, L.P., Purba, N.P., Pranowo, W.S. & Syamsuddin, M.L. 2017. Pertukaran massa air di Laut Jawa terhadap periodisitas monsun dan Arlindo pada tahun 2015. *Depik*, 6 (1), 44-59.
- Septiani, W. D., Kalangi, P .N .I ., & Luasunaung, A. 2014. Dinamika salinitas daerah penangkapan ikan di sekitar muara sungai Malalayang teluk Manado pada saat Spring Tide. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 1(6): 215-220.
- Suhana, M. P., Utama, F. G, Putra. A.P., Zibar. Z, M., Sumiran., Erawan. T. F., & Kolibongso, D. 2018. Pola dan karakteristik sebaran medan massa, medan tekanan dan arus geostropik perairan selatan Jawa. *Jurnal Dinamika Maritim*,6(2): 1-6.
- Suhanda, D., & Putra. M. G. A. 2021. Pengaruh musim terhadap distribusi temperatur, salinitas dan densitas di laut Halmahera. *Jurnal Tropimar*,3(1): 1-11.
- Smith, D. J., & Jones, M. A. 2015. Variability in surface pressure and impact on local weather patterns. *Journal of Climate Studies*, 28(4): 123-135.

Zhang, Y., & Ma, C. 2015. Influence of coriolis force on the formation of tropical cyclones. *Journal of Climate*, 28(23): 9215-9228.