VARIABILITAS ARUS DI PERAIRAN BARAT SUMATRA SERTA INTERELASINYA DENGAN *MADDEN JULIAN OSCILLATION* (MJO)

ELISYA FEBRIANA
H1081211006

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

VARIABILITAS ARUS DI PERAIRAN BARAT SUMATRA SERTA INTERELASINYA DENGAN *MADDEN JULIAN OSCILLATION* (MJO)

ELISYA FEBRIANA
H1081211006

Skripsi
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada program studi Ilmu Kelautan

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Variabilitas Arus di Perairan Barat Sumatra serta Interelasinya Dengan *Madden Julian Oscillation* (MJO)
Nama	: Elisya Febriana
NIM	: H1081211006
Program Studi	: Ilmu Kelautan
Tanggal Lulus	: 30 Juli 2026
SK Pembimbing	: No. 3748/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 3 Juli 2026
SK Penguji	: No. 4643/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 22 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Apriansyah, S.Si., M.Si	Yusuf Arief Nurrahman, S.Kel., M.Si
NIP198604292014041001	NIP198903172018031001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Arie A. Kushadiwijayanto, S.Si., M.Si	Tia Nuraya, S.Si., M.Si
NIP198609072015041001	NIP199308192024062001

Pemimpin Sidang (Merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (Merangkap anggota penguji)
Dr. Apriansyah, S.Si., M.Si	Yusuf Arief Nurrahman, S.Kel., M.Si
NIP198604292014041001	NIP198903172018031001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elisya Febriana

NIM : H1081211006

Program studi/jurusan : Ilmu Kelautan

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila dikemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 21 Juli 2026



Elisya Febriana

H1081211006

Variabilitas Arus di Perairan Barat Sumatra serta Interelasinya dengan *Madden Julian Oscillation* (MJO)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas arus di perairan barat Sumatra pada periode 2019 – 2024 serta hubungannya dengan fenomena MJO. Data yang digunakan meliputi variabel arus permukaan laut, suhu permukaan laut, angin 850hPa, *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) dan indeks *Real-time Multivariate MJO* (RMM) dari berbagai sumber seperti CMEMS, PSL NOAA, dan BOM. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* FERRET, Ms Excel, Notepad++, dan Matlab. Pendekatan analisis meliputi klimatologi, temporal, penapisan data (*filtering*), korelasi silang, analisis PSD, dan *transform Wavelet* kontinu (CWT). Hasil penelitian menunjukkan pola sirkulasi arus laut di perairan barat Sumatra dipengaruhi oleh sistem angin monsun, dengan kecepatan arus tertinggi terdapat pada Musim Peralihan I akibat dari terjadinya penguatan arus *Jet Wyrtki* dan kecepatan arus terendah terdapat pada Musim Timur. Suhu permukaan laut pada periode pengamatan berkisar antara 28,8° - 30,2°C. Hasil analisis CWT dan PSD menunjukkan bahwa variabilitas arus didominasi oleh fenomena *Intra Seasonal Variability* dan fenomena *Annual Variability*. Aktivitas MJO tertinggi berdasarkan indek RMM terjadi pada Musim Timur. Hasil analisis korelasi menunjukkan nilai sebesar -0,50 dengan anomali OLR bergerak lebih dahulu selama 7 hari dan diikuti oleh penguatan arus zonal yang menegaskan bahwa fenomena MJO merupakan salah satu penggerak yang memodulasi arus di perairan barat Sumatra melalui mekanisme pembangkitan gelombang Kelvin ekuator.

Kata kunci: Perairan barat Sumatra, Variabilitas arus, MJO, Gelombang Kelvin ekuator

Current Variability in the Western Sumatra Waters and its Relationship with the Madden Julian Oscillation (MJO)

Abstract

This study aims to analyze current variability in the waters off western Sumatra during the period 2019–2024 and its relationship with the MJO phenomenon. The data used include variables such as sea surface current, sea surface temperature, 850 hPa wind, Outgoing Longwave Radiation (OLR), and the Real-time Multivariate MJO (RMM) index from various sources, including CMEMS, NOAA PSL, and BOM. The analysis was conducted using FERRET, Microsoft Excel, Notepad++, and MATLAB. The analytical approaches included climatology, temporal analysis, data filtering, cross-correlation, PSD analysis, and Continuous Wavelet Transform (CWT). The results of the study indicate that ocean current circulation patterns in the waters west of Sumatra are influenced by the monsoon wind system, with the highest current speeds occurring during the First Transition Season due to the strengthening of the Wyrtki Jet, and the lowest current speeds occurring during the East Monsoon. Sea surface temperatures during the observation period ranged from 28.8° to 30.2°C. The results of the CWT and PSD analyses indicate that current variability is dominated by Intra-Seasonal Variability and Annual Variability phenomena. The highest MJO activity, based on the RMM index, occurred during the East Monsoon. Correlation analysis results showed a value of -0.50, with OLR anomalies leading by 7 days and followed by a strengthening of the zonal current, confirming that the MJO is one of the drivers that modulates currents in the waters west of Sumatra through the mechanism of equatorial Kelvin wave generation.

Keywords: *Waters west of Sumatra, current variability, MJO, equatorial Kelvin waves*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Variabilitas Arus di Perairan Barat Sumatra serta Interelasinya dengan *Madden Julian Oscillation* (MJO)". Dalam proses penulisan skripsi, penulis menyadari bahwa semua ini tidak dapat selesai tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Terutama dan utama kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Kasianus K. Iyus dan Ibu Aslinda Ayong, yang selalu mengusahakan agar penulis bisa mendapatkan pendidikan terbaik hingga bangku perkuliahan, dan yang selalu menjadi sandaran terkuat dengan memberikan doa, dukungan, nasihat, serta semangat dan motivasi yang luar biasa kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan setiap proses penulisan skripsi ini.
2. Saudara penulis, Maria Meylina dan Sopia Yopita. Y yang selalu hadir dalam setiap suka dan duka selama proses menjalankan perkuliahan serta selalu memberikan semangat agar penulis tidak mudah menyerah dalam setiap keputusan yang telah diambil.
3. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Shifa Helena, S.Kel., M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan semangat, masukan dan kritik selama perkuliahan.
5. Dr. Apriansyah, S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing I dan sebagai Ketua Jurusan Ilmu Kelautan yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya dalam memberikan saran dan arahan yang membangun dalam proses penulisan skripsi.
6. Yusuf Arief Nurrahman, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang membangun dalam proses penulisan skripsi.

7. Arie Antasari Kushadiwijayanto, S.Si., M.Si selaku dosen penguji I yang telah memberikan masukan dan saran.
8. Tia Nuraya, S.Si., M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan saran.
9. Egla Julianti Tritolas, Yolanda Lola, Febriyanti Suryaningsih, Dezmiar Yeza Kresthovora, dan Amel Oktaviani Nazri yang selalu membersamai dalam proses pengerjaan skripsi.
10. Teman-teman *Oceanastic* 2021 yang telah membersamai penulis semasa proses kuliah bersama.
11. Teman-teman pengurus IMASIKA 2022/2023 yang telah memberikan semangat dan mengajarkan tentang organisasi yang bertumbuh dalam Tuhan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang akan sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini dimasa mendatang agar menjadi lebih baik. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat berkontribusi nyata terutama pada bidang oseanografi.

Pontianak, 24 Juni 2026

Elisya Febriana
H1081211006

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

LAMPIRAN xiv

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Dinamika Umum Samudra Hindia Bagian Timur 4
2.2 Arus 5
2.3 Madden Julian Oscillation (MJO) 5
2.4 Kelvin *Wave Equatorial* (Gelombang Kelvin Ekuator) 7
2.5 Angin Muson 8
2.6 Penelitian Sebelumnya 8

BAB III METODOLOGI 11
3.1 Waktu dan Tempat 11
3.2 Data 11
3.3 Alat 12
3.4 Metode dan Pengolahan Analisis Data 13
3.5 Diagram alir penelitian 18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Validasi model dan data altimetri 19
4.2 Pola sirkulasi arus secara spasial 20
4.3 Distribusi Spasial Suhu 26
4.4 Fluktuasi arus secara temporal 32
4.5 Fluktuasi suhu 34
4.6 Karakteristik aktivitas *Madden Julian Oscillation* (MJO) 35
4.7 Hasil Temporal *Bandpass* OLR, Arus Zonal dan Angin U850hPa, Arus Meridional Angin V850hPa 36
4.8 Hasil *Continuous Wavelet Transform* (CWT) 41

4.9 Hasil analisis *Power Spectral Density* (PSD) 44
4.10 Analisis Korelasi 47

BAB V SIMPULAN 49
5.1 Simpulan 49
5.2 Saran 49

DAFTAR PUSTAKA 51

LAMPIRAN 59

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya mengenai arus laut dan MJO di Indonesia 9

Tabel 3.1 Spesifikasi Data Penelitian..... 12

Tabel 3.2 Alat Penelitian 13

Tabel 3.3 Analisis Korelasi 15

Tabel 4.1 Rata-rata SPL di Perairan Barat Sumatra secara Klimatologi..... 26

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Propagasi MJO (Sumber: Gottschalck et al., 2005) 6

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian 11

Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 18

Gambar 4.1 Korelasi suhu model dan suhu satelit OSTIA 19

Gambar 4.2 Korelasi ADT dan TPL dari tahun 2019-2024 20

Gambar 4.3 Pola spasial arus di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan a) Desember b) Januari c) Februari 21

Gambar 4.4 Pola spasial arus di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan d) Maret e) April f) Mei..... 22

Gambar 4.5 Pola spasial arus di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan g) Juni h) Juli i) Agustus 23

Gambar 4. 6 Pola spasial arus di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan j) September k) Oktober l) November..... 25

Gambar 4.7 Distribusi spasial SPL di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan a) Desember b) Januari c) Februari 27

Gambar 4.8 Distribusi SPL di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan d) Maret e) April f) Mei..... 29

Gambar 4. 9 Distribusi SPL di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan g) Juni h) Juli i) Agustus 30

Gambar 4. 10 Distribusi SPL di Perairan Barat Sumatra pada kedalaman 5m bulan j) September k) Oktober l) November..... 31

Gambar 4. 11 Deret waktu arus zonal di Perairan Barat Sumatra dari tahun 2019 – 2024..... 33

Gambar 4.12 Deret waktu arus meridional di Perairan Barat Sumatra dari tahun 2019 – 2024..... 33

Gambar 4.13 Deret waktu suhu di Perairan Barat Sumatra dari tahun 2019 – 2024 34

Gambar 4.14 Total MJO aktif pada setiap musim dari tahun 2019 – 2024..... 36

Gambar 4.15 Grafik temporal bandpass 20-100 hari a) Outgoing Longwave Radiation (OLR) b) angin U850hPa c) arus zonal di Perairan Barat Sumatra dari tahun 2019 - 2024..... 37

Gambar 4.16 Grafik temporal *bandpass* 20-100 hari d) angin V850hPa e) arus meridional di Perairan Barat Sumatra dari tahun 2019 – 2024..... 39

Gambar 4.17 Analisis wavelet pada a) arus zonal b) arus meridional c) suhu pada kedalaman 5m di Perairan Barat Sumatra pada tahun 2019 - 2024. 42

Gambar 4.18 Analisis Power Spectral Density (PSD) arus zonal kedalaman 5m di Perairan Barat Sumatra 44

Gambar 4.19 Analisis Power Spectral Density (PSD) arus meridional kedalaman 5m di Perarian Barat Sumatra 45

Gambar 4.20 Analisis Power Spectral Density (PSD) suhu kedalaman 5m di Perarian Barat Sumatra 46

Gambar 4.21 Korelasi silang anomali OLR dengan anomali a) arus zonal tanpa lag dan b) arus zonal dengan lag pada kedalaman 5m di Perairan Barat Sumatra pada tahun 2019 – 2024 48

LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. *Script* Arus Spasial..... 59

Lampiran 2. *Script* Suhu Spasial..... 59

Lampiran 3. *Script Bandpass* 20-100 hari OLR dan Angin U850hPa-V850hPa.. 59

Lampiran 4. *Script* Analisis CWT..... 62

Lampiran 5. *Script* Analisis PSD 63

Lampiran 6. *Script* Korelasi silang berlag..... 66

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan barat Sumatra merupakan wilayah perairan yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia, mengakibatkan perairan barat Sumatra memiliki dinamika massa air yang dipengaruhi oleh karakteristik massa air dari Samudra Hindia (Rohmah *et al.,* 2025). Salah satu pergerakan massa air yang melewati Samudra Hindia dan berperan dalam memodulasi kondisi atmosfer dan iklim regional adalah arus *Jet Wyrtki*, yaitu arus kuat yang bergerak ke timur pada koordinat 2°–3° di ekuator dan muncul pada periode transisi monsun, yaitu Peralihan I dan Peralihan II (Wyrtki, 1973; Han et al., 1999). Selain arus *Jet Wyrtki*, pola arus di perairan barat Sumatra juga dipengaruhi oleh sistem angin monsun Asia-Australia yang berganti setiap 6 (enam) bulan sekali mengakibatkan pola dan kecepatan arus menjadi bervariasi (Daruwedho *et al*., 2016). Dinamika arus permukaan tersebut berkontribusi dalam memodulasi kondisi cuaca dan iklim melalui interaksi atmosfer dan lautan, dan salah satu fenomena yang disebabkan oleh interaksi atmosfer dan lautan adalah *Madden Julian Oscillation* (MJO) (Duarsa, 2024).

Menurut Madden dan Julian (1971), MJO merupakan model osilasi dominan dari variabilitas *intra seasonal* yang ada di wilayah tropis yang bergerak dari wilayah barat Indonesia (Samudra Hindia) menuju ke wilayah timur melintasi Samudra Pasifik dengan periode 30 hingga 60 hari dengan rata-rata kecepatan 5 m/s (Madden dan Julian, 1971; Zhang, 2005). Saat MJO berada di fase aktif, kecepatan angin pada lapisan 850hPa (1,5 km diatas permukaan laut) menjadi meningkat secara signifikan sehingga memengaruhi pola angin permukaan yang menyebabkan fluktuasi pada beberapa parameter laut seperti pola arus permukaan, suhu permukaan laut (SPL) dan sebaran klorofil-a (Jones *et al*., 1998; Jin *et al*., 2013). Selain itu, MJO juga meningkatkan curah hujan serta dapat memicu fenomena iklim skala besar seperti *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) yang dikenal sebagai

sinyal tunggal dari variasi *inter annual* dalam iklim bumi (HS *et al*., 2022; Windayanti dan Surinati, 2016).

Beberapa penelitian terdahulu di perairan barat Sumatra telah dilakukan oleh Adisaputra (2011). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa saat terjadi fenomena IODM dan ENSO SPL mengalami pendinginan, serta fluktuasi pola arus dan angin yang berulang setiap tahunnya diwilayah tersebut. Selain itu, penelitian dari Balbeid *et al*. (2015) menunjukkan bahwa MJO dilaut Indonesia bergerak dalam periode sekitar 20 hari melewati Indonesia dari Samudra Hindia menuju Samudra Pasifik dengan kecepatan rata-rata 4,5 m/s dan terjadi penurunan nilai SPL dan peningkatan klorofil-a saat fase aktif MJO. Penelitian lain di perairan barat Sumatra dilakukan oleh oleh Ramadhanty *et al*., (2021) yang membahas pengaruh IOD terhadap sebaran temperatur dan salinitas selama 5 tahun (2014 – 2020), serta Noya *et al*., (2022) membahas mengenai interpolasi pola arus permukaan di perairan barat Sumatra selama 2 tahun, namun hanya dilakukan pada musim barat. Sedangkan penelitian Berliani *et al*., (2025) dan Rohmah *et al*., 2025 menunjukkan bahwa fenomena IOD dan *El Niño* memodifikasi pola sebaran SPL di perairan barat Sumatra.

Sehubungan dengan uraian di atas, terdapat keterbatasan dalam kajian variabilitas arus permukaan yang mencakup seluruh musim serta kaitannya dengan variabel atmosfer dan lautan khususnya gelombang MJO dalam mempengaruhi pola arus permukaan. Analisis dampak fenomena MJO terhadap pola arus permukaan dapat dimanfaatkan untuk memprediksikan dampak yang diakibatkan dari perubahan struktur atmosfer dan lautan. Mengingat bahwa tidak mudah untuk mendeteksi kapan dan dimana aktivitas MJO dominan terjadi (HA *et al*., 2022) serta pengukuran parameter oseanografi yang memerlukan waktu dan biaya yang besar sehingga penelitian ini menggunakan penginderaan jarak jauh menjadi solusi efektif untuk menggambarkan skema dari hubungan MJO terhadap pola arus permukaan di perairan barat Sumatra.

1.2 Rumusan Masalah

Wilayah perairan barat Sumatra merupakan perairan yang memiliki dinamika oseanografi yang kompleks karena berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Samudra Hindia yang terhubung dengan Samudra Pasifik dan Samudra Atlantik yang membawa massa air melalui sirkulasi termohalin dan Arlindo menyebabkan karakteristik massa air di Samudra Hindia menjadi terpengaruh (Sulistiyono and Samiaji, 2024). Selain itu, adanya interaksi yang disebabkan oleh atmosfer dan lautan mengakibatkan karakteristik massa air menjadi lebih kompleks. MJO merupakan salah satu dari fenomena yang diakibatkan oleh interaksi antara atmosfer dan lautan. Keterbatasan pada penelitian mengenai kajian variabilitas arus seluruh musim dan kaitannya dengan MJO yang diduga dapat memengaruhi pola arus permukaan melalui peningkatan kecepatan angin permukaan. Berdasarkan hal diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana variabilitas arus permukaan di perairan barat Sumatra selama periode 2019–2024?
2. Bagaimana pengaruh fenomena MJO terhadap variabilitas arus permukaan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis variabilitas arus di perairan barat Sumatra selama periode 2019-2024 (6 tahun).
2. Menganalisis hubungan dari fenomena MJO terhadap variabilitas arus di perairan barat Sumatra.

1.4 Manfaat

Studi tentang pengaruh MJO terhadap dinamika arus permukaan dapat memberikan informasi penting mengenai kondisi fisik arus permukaan terutama di wilayah perairan barat Sumatra yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia sebagai bagian dari sistem sirkulasi regional dan global yang dapat digunakan sebagai prediksi oseanografi jangka panjang.