

Pengaruh *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap Tinggi Gelombang Laut di Selat Makassar

¹Rahmaniar J, ²Muhammad Arsyad, ³Vistarani Arini Tiwow

^{1, 2, 3} Universitas Negeri Makassar

¹rahmaniar.rm93@gmail.com ²m_arsyad288@unm.ac.id ³vistatiwow@unm.ac.id

Abstrak – Penelitian ini bertujuan menganalisis profil tinggi gelombang serta pengaruh *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap tinggi gelombang. Data yang digunakan yaitu data sekunder tahun 2005-2015 yang terdiri dari data harian MJO diperoleh dari website BMRC (Bureau of Meteorologi Research Centre) dan data bulanan tinggi gelombang diperoleh dari BMKG Paotere Makassar. Teknik analisis data yaitu dengan persamaan regresi linier sederhana menggunakan Software SPSS Statistic 25. Hasil analisis menunjukkan profil tinggi gelombang di Selat Makassar Bagian Selatan tahun 2005-2015 tertinggi terjadi pada bulan Januari, Juni dan September, sedangkan terendah terjadi pada bulan November dan April. Besar pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang tertinggi terjadi pada bulan Agustus (23,2%) dan Maret (22,1%), sedangkan terendah terjadi pada April (0%) dan Mei (0,2%).

Kata kunci: *madden julian oscillation, tinggi gelombang laut, selat makassar*

Abstract – This study aims to analyze the wave height profile, the effect of the *Madden Julian Oscillation* (MJO) on the wave height, and predict the wave height. The data used secondary data for 2005-2015 consisting of daily MJO data were obtained from the BMRC (Bureau of Meteorological Research Center) website and monthly wave height data were obtained from BMKG Paotere Makassar. The data analysis technique is simple linear regression equation. The results of the analysis show that the highest profile of waves in the Southern Makassar Strait in 2005-2015 occurred in January, June and September, while the lowest occurred in November and April. The highest influence of MJO on wave height occurred in August (23.2%) and March (22.1%), while the lowest occurred in April (0%) and May (0.2%).

Key words: *madden julian oscillation, wave height, southern makassar*

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai wilayah maritim yang terletak di ekuator dipengaruhi oleh berbagai fenomena atmosfer dan perairan yang sangat kompleks, baik lokal maupun global. Salah satu fenomena global yang berpengaruh adalah fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO).

MJO pertama kali dikemukakan oleh Roland Madden dan Paul Julian pada tahun 1971. MJO merupakan fenomena dominan di kawasan ekuator dengan waktu periode berkisar antara 30 hingga 70 harian akibat pengaruh awan-awan konveksi yang terbentuk dan bergerak ke arah timur di sepanjang garis ekuator, khususnya di Samudera Hindia, Benua Maritim Indonesia (BMI) dan Samudera Pasifik bagian barat [1]. MJO memiliki karakteristik utama yakni adanya wilayah dengan peningkatan dan penurunan curah hujan yang bergerak berpasangan mengelilingi bumi dari barat ke timur, mempengaruhi cuaca tropis secara signifikan [2]. Penelitian oleh Nessi [3] menyebutkan bahwa MJO berpengaruh terhadap peningkatan dan penurunan intensitas curah hujan di Kota Makassar.

Wilayah laut Indonesia termasuk dalam wilayah propagasi MJO berpotensi untuk diteliti keterkaitannya dengan fenomena MJO. Laut memiliki respon tersendiri terhadap MJO. Ketika MJO aktif, terjadi kenaikan kecepatan angin secara signifikan yang menyebabkan perubahan parameter laut, seperti anomali suhu permukaan laut (SPL), pola arus permukaan laut serta tinggi gelombang laut. Penelitian oleh Achmad [4] menyebutkan bahwa tahun 2012 sampai 2016, terdapat pola keterkaitan MJO yang terjadi ketika menurun atau mendinginnya suhu permukaan laut, serta sebaliknya

ketika memanasnya suhu permukaan laut di Perairan Indonesia. Penelitian oleh Erma [5] menyebutkan bahwa terjadi pemanasan SPL dan pelemahan angin yang terjadi di laut selama MJO berada dalam fase tidak aktif, sedangkan pada fase transisi dari tidak aktif menuju aktif terjadi peningkatan angin dari laut ke atmosfer sehingga menyebabkan SPL menurun dengan cepat. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ramdhani [6] mengungkapkan bahwa ada keterkaitan antara kejadian MJO dengan kenaikan intensitas gelombang di sekitar perairan tropis. MJO berpotensi meningkatkan kecepatan angin dan aktivitas awan konvektif yang berakibat pada kenaikan gelombang laut.

II. LANDASAN TEORI

A. *Madden Julian Oscillation* (MJO)

MJO berkembang dan dominan terlihat di wilayah Samudera Hindia bagian Selatan menuju ke arah Timur, hingga melewati wilayah Australia dan sampai di Samudera Pasifik bagian barat [7]. Indeks untuk memonitor dan memprediksi MJO telah dikembangkan oleh Wheeler dan Hendon Tahun 2004. Indeks RMM ini diperoleh dari sepasang *Empirical Orthogonal Function* (EOF) dari kombinasi rata-rata angin zonal 850 hPa (data re-analisis NOAA), angin zonal 200 hPa, dan data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) dari satelit NOAA. Semakin kecil nilai OLR menunjukkan semakin besarnya hambatan radiasi bumi sehingga dapat divisualisasikan sebagai semakin tingginya awan yang menghambat biasanya awan konvektif [8].

B. *Gelombang Laut*

Gelombang laut terjadi karena hembusan angin yang terjadi dipermukaan laut, perbedaan suhu air laut dan kadar garam serta letusan gunung berapi di bawah permukaan laut [9]. Prinsip dasar terjadinya gelombang laut adalah jika terdapat dua massa benda yang berbeda kerapatannya (densitasnya) saling bergesekan satu sama lain, maka bidang gerakannya akan terbentuk gelombang [10].

Menurut Mulyono dan Urip [11] klasifikasi tinggi gelombang laut berdasarkan skalanya yaitu sebagai berikut:

Tabel 1 Klasifikasi Tinggi Gelombang

Interval	Klasifikasi
0,1 - 0,5	Tenang (<i>Smooth</i>)
0,5 - 1,25	Rendah (<i>Slight</i>)
1,25 - 2,5	Sedang (<i>Moderate</i>)
2,5 - 4	Tinggi (<i>Rouht</i>)
4 - 6	Sangat Tinggi (<i>Very Rought</i>)
6 - 9	Ekstrem (<i>High</i>)

Angin berhembus di atas permukaan air yang semula tenang akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut, selanjutnya timbul riak-riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak gelombang menjadi bertambah besar dan jika angin berhembus terus-menerus akhirnya terbentuk gelombang [12].

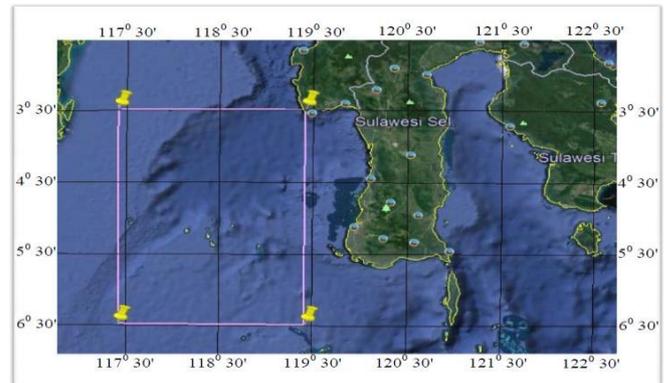
C. Pengaruh MJO terhadap Tinggi Gelombang

Penjalaran MJO dipengaruhi oleh pemanasan matahari, kenaikan suhu udara di perairan seiring ini dengan peningkatan suhu muka laut yang berdampak pada tingginya penguapan air laut. Penguapan air laut menyebabkan terjadinya pergerakan uap air secara vertikal membentuk beberapa *cluster* awan hujan. Jika awan – awan tersebut memiliki daya yang cukup kuat akan menjulang dan semakin tinggi membentuk awan konvektif. Awan-awan konvektif diantaranya adalah Cumulonimbus (Cb). Kumpulan awan Cb dikenal dengan *Super Cloud Cluster* (SCC). Pertumbuhan awan konvektif sangat erat kaitannya dengan cuaca buruk seperti hujan lebat, kilat, serta angin kencang. Menurut Henu dan Furqon [13] angin kencang yang berasal dari awan CB berpotensi meningkatkan tinggi gelombang laut. Uraian tentang variabilitas intra-musiman disekitar perairan Indonesia sangat kompleks karena beberapa alasan. Pertama, adanya kompleksitas geometri garis pantai di wilayah perairan Indonesia ketika berinteraksi dengan aliran yang berubah secara musiman. Kedua, perairan Indonesia berada di wilayah ekuator dan daerah perambatan gelombang panjang mengakibatkan sirkulasi lautan dengan angin sebagai penyebab gaya permukaan. Ketiga, wilayah perairan Indonesia merupakan wilayah dimana MJO memiliki sinyal angin permukaan yang terkuat [14]. Angin permukaan yang terjadi di perairan akan berpengaruh pada tinggi gelombang laut.

III. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini yaitu di Selat Makassar Bagian Selatan yang berada diantara Pulau Sulawesi dan Pulau

Kalimantan dengan titik koordinat 116,8^o BT - 118,9^o BT dan 3,3^o LS - 6,3^o LS [15].



Gambar 1 Peta Lokasi Selat Makassar Bagian Selatan (Sumber: Google Earth)

Pada penelitian ini digunakan data sekunder berupa data harian amplitudo dan fase 4 dan 5 *Madden Julian Oscillation* (MJO) tahun 2005-2015 yang di unduh dari BMRC (*Bureau of Meteorologi Research Centre*) dan data bulanan tinggi gelombang laut di Selat Makassar Bagian Selatan tahun 2005-2015 diperoleh dari stasiun BMKG Paotere Makassar.

Tahap pertama pengolahan data yaitu analisis profil tinggi gelombang menggunakan metode grafik di *Microsoft Excel*. Tahap kedua pengolahan data yaitu analisis pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang menggunakan persamaan regresi linier sederhana dan nilai koefisien determinasi dengan *Software SPSS Statistic 25*.

A. Persamaan Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen [16].

Rumus regresi linier sederhana [17] adalah:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Dari persamaan (1) terlihat memiliki dua konstanta yaitu konstanta (*a*) dan konstanta (*b*) yang dapat diperoleh dari:

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3)$$

Keterangan:

a = konstanta

b = koefisien regresi

X = variabel independen atau prediktor (MJO)

Y = variabel dependen atau prediktan (tinggi gelombang)

n = banyaknya data

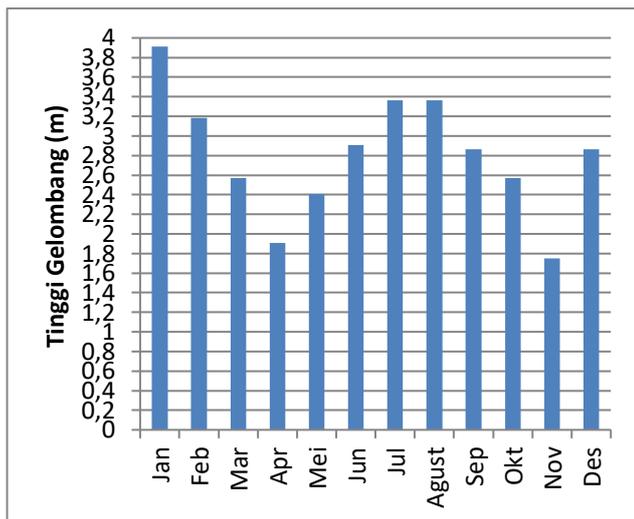
B. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi *R*² bertujuan mengetahui kontribusi atau besar pengaruh variabel independen (MJO) terhadap variabel dependen (tinggi gelombang) diolah menggunakan *Software SPSS Statistic 25*. Nilai *R*² berkisar 0 sampai 1. persentase koefisien determinasi yaitu *R Square* dikali 100% [18].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil Tinggi Gelombang Laut

Berikut profil tinggi gelombang laut di Selat Makassar Bagian Selatan pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2 Grafik tinggi gelombang bulanan di Selat Makassar Bagian Selatan tahun 2005 - 2015 (Sumber: data sekunder yang diolah, 2020)

Berdasarkan gambar 2 terlihat peningkatan gelombang laut mulai terjadi pada bulan Desember lalu mencapai puncaknya pada bulan Januari hingga Februari, begitupun pada bulan Juni mulai terjadi peningkatan gelombang laut dan mencapai puncaknya pada bulan Juli hingga Agustus. Menurut Roni *et al* [19] karakteristik gelombang perairan Indonesia berkaitan erat dengan siklus angin musonal. Puncak gelombang tertinggi terjadi pada periode monsun Asia (Desember, Januari, dan Februari) dan monsun Australia (Juni, Juli, dan Agustus). Arah angin pada saat monsun Asia bertiup secara konsisten dari Benua Asia menuju Benua Australia melintasi perairan Indonesia, begitupun sebaliknya. Inilah yang menyebabkan pada saat monsun Asia dan monsun Australia gelombang di perairan Indonesia tinggi. Selain itu, gelombang laut terendah terjadi pada bulan April hingga Mei serta bulan September hingga November. Hal ini dikarenakan pada bulan Maret-April-Mei (MAM) dan September-Oktober-November (SON) adalah musim peralihan dimana kecepatan angin dari kedua benua yang melintasi perairan Indonesia rendah sehingga gelombang juga tidak tinggi. Hal ini sesuai penelitian Soegeng [20] bahwa rendahnya kecepatan angin yang melintasi perairan Indonesia menyebabkan kondisi gelombang juga rendah, begitupun sebaliknya. Peningkatan tinggi gelombang juga bisa disebabkan oleh cuaca dan hujan ekstrim. Penelitian oleh Intan *et al* [21] mengemukakan bahwa curah hujan tertinggi di Makassar pada tahun 1993 hingga 2012 terjadi pada bulan Januari dan Februari.

B. Pengaruh MJO terhadap Tinggi Gelombang Laut

Persamaan regresi linier sederhana menunjukkan pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang yang ditampilkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Hasil Persamaan Regresi Linier Sederhana MJO dan Tinggi Gelombang Tahun 2005-2015

No	Bulan	Persamaan Regresi Linier Sederhana
1.	Januari	$Y = 4,496 - 0,464X$
2.	Februari	$Y = 3,674 - 0,837X$
3.	Maret	$Y = 1,409 + 1,072X$
4.	April	$Y = 1,887 + 0,018X$
5.	Mei	$Y = 2,441 - 0,043X$
6.	Juni	$Y = 3,052 - 0,310X$
7.	Juli	$Y = 3,446 - 0,232X$
8.	Agustus	$Y = 3,761 - 0,794X$
9.	September	$Y = 3,545 - 0,528X$
10.	Oktober	$Y = 2,965 - 0,329X$
11.	November	$Y = 2,269 - 0,488X$
12.	Desember	$Y = 1,415 + 0,399X$

(Sumber: data sekunder yang diolah, 2020)

Berdasarkan tabel 1 terlihat pengaruh positif terjadi pada bulan Maret, April dan Desember sedangkan pada bulan lainnya menunjukkan pengaruh yang negatif. Pengaruh negatif menyatakan setiap peningkatan 1 satuan pada nilai MJO menyebabkan pengurangan nilai tinggi gelombang, sedangkan pengaruh positif menyatakan setiap peningkatan 1 satuan pada nilai MJO menyebabkan penambahan nilai tinggi gelombang. Secara umum pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang menunjukkan korelasi yang negatif. Kemungkinan hal ini dikarenakan pada beberapa data terdapat pengaruh MJO namun dalam kategori tidak kuat (nilai MJO rendah) yang menyebabkan adanya perbedaan nilai yang cukup signifikan antara MJO dengan tinggi gelombang sehingga hasilnya dominan menunjukkan korelasi yang negatif.

Koefisien determinasi menunjukkan seberapa besar kontribusi pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang. Nilai koefisien determinasi ditampilkan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2 Hasil Nilai Koefisien Determinasi MJO dan Tinggi Gelombang Tahun 2005-2015

No	Bulan	Koefisien Determinasi	Persentase (%)
1.	Januari	0,036	3,6
2.	Februari	0,202	20,2
3.	Maret	0,221	22,1
4.	April	0,000	0,0
5.	Mei	0,002	0,2
6.	Juni	0,070	7,0
7.	Juli	0,016	16,0
8.	Agustus	0,232	23,2
9.	September	0,164	16,4
10.	Oktober	0,074	7,4
11.	November	0,072	7,2
12.	Desember	0,118	11,8

(Sumber: data sekunder yang diolah, 2020)

Berdasarkan tabel 2 terlihat besar pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang tertinggi terjadi pada bulan Februari, Maret, dan Agustus. Menurut Naziah *et al* [22] MJO lebih tinggi pada saat bulan basah. Fakta lainnya penelitian oleh Nur dan Bayu [23] menyatakan bahwa pengaruh MJO signifikan sering berhubungan dengan mulainya monsun Asia (periode DJF) dan Australia (periode JJA). Hal inilah

yang menyebabkan persentase koefisien determinasi tertinggi terjadi pada bulan Februari (20,2%), Maret (22,1%), Agustus (23,2%), September (16,4%), Juli (16%), dan Desember (11,8%).

V. KESIMPULAN

Profil gelombang laut bulanan rata-rata tahun 2005-2015 di Selat Makassar Bagian Selatan tertinggi terjadi pada bulan Januari, Juni dan September, sedangkan terendah terjadi pada bulan November dan April.

Besar pengaruh MJO terhadap tinggi gelombang laut di Selat Makassar tertinggi terjadi pada bulan Februari (20,2%), Maret (22,1%), Agustus (23,2%), sedangkan terendah terjadi pada April (0%) dan Mei (0,2%).

PUSTAKA

- [1] Eddy H. 2010. Analisis Struktur Vertikal MJO Terkait dengan Aktivitas *Super Cloud Cluster* (SCCs) di Kawasan Barat Indonesia. *Jurnal Sains Dirgantara*. 8(1). 25-42.
- [2] Ardhi AA, Findy R, dan Rino BY. 2017. Pengaruh *Madden Julian Oscillation* terhadap Temporal dan Propagasi Hujan Berdasarkan Pengamatan Radar Cuaca (Studi Kasus: *Intensive Observation Period* 2016 di Wilayah Jakarta dan sekitarnya). *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 18(2). 43-50.
- [3] Nensi T, Nasrul I, dan A.J Patandean. 2016. Analisis Pengaruh *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap Curah Hujan di Kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 12(3). 324-329.
- [4] Achmad YB, Chairul P, Hardinar U, dan Dharmawan A. 2018. Keterhubungan Suhu Permukaan Laut dengan Pemunculan MJO di Perairan Nusantara. *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi ke 4*. Vol 4. 283-300.
- [5] Erma Y. 2016. Interaksi Suhu Permukaan Laut Diurnal dan *Madden Julian Oscillation* di Samudera Hindia. *Berita Dirgantara*. 17(2). 73-82.
- [6] Ramdhani A. 2015. *Pengaruh Siklon Tropis dan Madden Julian Oscillation (MJO) Terhadap Kejadian Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia Bagian Dalam*, Disertasi, Program Pascasarjana Sains Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [7] Budi S, Agus SH, dan Alan FK. 2015. Respon Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-A Terhadap *Madden Julian Oscillation* (MJO) di Laut Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(2). 553-572.
- [8] Delvita H, Asrul, dan Sugeng N. 2016. Analisis Angin Zonal dan *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) untuk Inisialisasi Kemunculan Fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO) di Kota Padang. *Jurnal Pillar of Physics* 8. 09-16.
- [9] Chandrika M dan Ihsan J. 2016. Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil*.4(9). 595-594.
- [10] Arta W dan Wayan. 2010. *Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column di Perairan Bali*. Teknologi Elektro Vol. 9 No.2.
- [11] Mulyono RP dan Urip H. 2019. *Buletin Cuaca dan Iklim Maritim*. Tim redaksi Buletin Pusat Meteorologi Maritim BMKG.
- [12] Grace L. 2013. Karakteristik Energi Gelombang dan Arus Perairan di Provinsi Maluku. *Jurnal Berekeng*. Vol 7 (1). 19 – 22.
- [13] Hernu CP dan Furqon A. 2014. *Pengaruh Awan Cumulonimbus terhadap Tinggi Gelombang Laut di Selat Sunda*. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG). Tangerang Selatan.
- [14] Marlin CW, Agus SA, Mulia P, dan Arianne KL. 2014. Variabilitas Intra-musiman Arus Dekat Dasar di Laut Halmahera. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol 6(2). 267-281.
- [15] Nike NW, Bagus P. 2015. *Variasi Gelombang Laut di Selat Makassar Bagian Selatan*. STMKG Tangerang Selatan.
- [16] Jonathan S. 2012. *Metode Riset Skripsi Pendekatan Kuantitatif Menggunakan Prosedur SPSS*. Jakarta: Alex Media Komputindo.
- [17] Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, R&D dan Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- [18] Dominikus DU. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Universitas Atma Jaya.
- [19] Roni K, Muhammad NH, dan Suratno. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(2). 221-232.
- [20] Soegeng H. 2018. Analisa Ketinggian Gelombang yang Sesuai untuk Pengoperasian Kapal Cepat Rudal 60M di Perairan Indonesia. *Warta Penelitian Perhubungan*. 30(1). 43-58.
- [21] Intan P, Nasrul I, dan Muhammad A. 2015. Analisis Fenomena Perubahan Iklim dan Karakteristik Curah Hujan Ekstrim di Kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 11(1). 88-92.
- [22] Naziah M, Eddy H, dan Akhmad F. 2016. Pengembangan Model Prediksi *Madden Julian Oscillation* (MJO) Berbasis Hasil Analisis Data *Wind Profiler* Radar WPR. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 13(1). 41-51.
- [23] Nur FS dan Bayu EP. 2015. *Analisis Karakteristik Arus Permukaan dan anomali Terhadap Aktivitas MJO di Wilayah Perairan Indonesia*.