

**SKRIPSI**  
**TELAAH SKEMA PEMUNCULAN *MADDEN-JULIAN OSCILLATION* (MJO)**  
**DI NUSANTARA**

Disusun dan diajukan oleh:

**TRI UTARI. HS**  
**D081171003**



**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“TELAAH SKEMA PEMUNCULAN *MADDEN-JULIAN OSCILLATION*  
(MJO) DI NUSANTARA”**

Disusun dan diajukan oleh:

**TRI UTARI. HS  
D081171003**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program Sarjana Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 10 November 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping.



Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.  
NIP. 197307092000031001



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.  
NIP. 197506052002121003

Ketua Departemen Teknik Kelautan,



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.  
NIP. 197506052002121003

**LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI**

**“TELAAH SKEMA PEMUNCULAN *MADDEN-JULIAN OSCILLATION*  
(MJO) DI NUSANTARA”**

Disusun dan diajukan oleh:

**TRI UTARI. HS**  
**D081171003**

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal : 10 November 2021

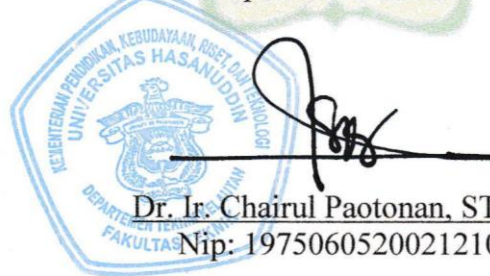
Di : Gowa

Dengan Panel Ujian Skripsi

1. Ketua : Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.
2. Sekertaris : Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
3. Anggota 1 : Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.
4. Anggota 2 : Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.  
Nip: 197506052002121003

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Utari. HS  
NIM : D081171003  
Program Studi : Teknik Kelautan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi saya berjudul

**“TELAAH SKEMA PEMUNCULAN *MADDEN-JULIAN OSCILLATION*  
(MJO) DI NUSANTARA”**

Adalah skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil dan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari saya terbukti atau tidak dapat dibuktikan bahwa atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 7 Oktober 2021

Yang menyatakan,



Tri Utari. HS

## ABSTRAK

**Tri Utari. HS** “Telaah Skema Pemunculan *Madden Julian Oscillation* (MJO) di Nusantara” Dibimbing oleh **Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.** dan **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.**

*Madden Julian Oscillation* (MJO) adalah fenomena penjalaran gelombang osilasi yang bergerak ke arah timur bumi dengan lama perulangan kejadiannya 30-90 hari dan dampaknya sangat kuat dirasakan di daerah-daerah lintang rendah, dekat garis ekuator dan terjadi pertama kali di samudra hindia serta bergerak ke arah timur antara 100 LU dan 100 LS. MJO erat kaitannya dengan peningkatan curah hujan yang berlebihan disaat musim hujan dan bahkan musim kemarau di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisa pengaruh parameter curah hujan terhadap MJO dan skema munculnya MJO di provinsi Indonesia, melalui metode empiris dengan perhitungan statistik, berdasarkan data MJO berupa nilai indeks amplitudo MJO dan data curah hujan harian di 34 provinsi Indonesia. Data MJO diambil dari BoM sedangkan data curah hujan diperoleh dari NASA TRMM 3B42RT dengan rentang waktu 2010 sampai 2019. Kedua data tersebut difilter untuk MJO difokuskan pada fase 2 dan 3 (Samudra Hindia) dan 4 dan 5 (Benua Maritim Indonesia) kemudian dianalisis korelasi dengan analisis sensitivitas dengan regresi linier sederhana, dan data diplot dalam grafik setiap tahunnya di setiap provinsi.

Terdapat pengaruh korelasi yang dominan positif disetiap Provinsi Indonesia, dengan  $r$  tertinggi di provinsi D.I Yogyakarta sebesar 0,839 sedangkan  $r$  terendah terdapat di Provinsi Maluku sebesar 0,04. Hal ini berarti bahwa parameter curah hujan dapat memberikan pengaruh yang menguatkan ataupun melemahkan terhadap MJO. Dan berdasar grafik skema munculnya MJO di beberapa provinsi dominan terjadi peningkatan curah hujan pada saat di fase 3, 4 dan 5 yang berlangsung lebih dari 5 hari. ENSO dan IOD dapat menguatkan MJO atau bahkan melemahkan MJO dan tetap menimbulkan curah hujan berlebih yang dipengaruhi oleh faktor global tersebut, selain itu faktor lokal juga mempengaruhi curah hujan seperti angin monsun dan kondisi topografi yang berbeda setiap provinsi. Jadi curah hujan yang terjadi di tidak semuanya di disebabkan oleh aktivitas MJO.

Kata kunci: *Madden-Julian Oscillation*, curah hujan, dan Indonesia

## **ABSTRACT**

**Tri Utari. HS** “A Study of the Occurrence Scheme Madden Julian Oscillation (MJO) in the Nusantara” Supervised by **Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.** and **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.**

*Madden Julian Oscillation (MJO) is a phenomenon of oscillatory wave propagation that moves eastward to the east of the earth with a recurrence duration of 30-90 days and the impact is very strongly felt in low latitude areas, near the equator and first occurs in the Indian Ocean and moves towards the equator. east direction between 100 North Latitude and 100 South Latitude. MJO is closely related to the increase in excessive rainfall during the rainy season and even the dry season in Indonesia.*

*This research was conducted with the aim of analyzing the effect of rainfall parameters on the MJO and the emergence of MJO schemes in the Indonesian province, through empirical methods with statistical calculations, based on MJO data in the form of MJO amplitudo index values and daily rainfall data in 34 Indonesian provinces. MJO data was taken from BoM while rainfall data was obtained from NASA TRMM 3B42RT with a time span of 2010-2019. The two data are filtered for the MJO focused on phases 2&3 (Indian Ocean) and 4&5 (Indonesian Maritime Continent) then analyzed for correlation by sensitivity analysis with simple linear regression, and the data is plotted in a graph every year in each province.*

*There is a dominant positive correlation effect in every province of Indonesia, with the highest  $r$  in the province of DI Yogyakarta at 0.839 while the lowest  $r$  is in Maluku province at 0.04. This means that the rainfall parameters can have a strengthening or weakening effect on the MJO. And the scheme for the emergence of MJO in several dominant provinces experienced an increase in rainfall during phases 3, 4 and 5 which lasted more than 5 days. ENSO and IOD can strengthen the MJO or even weaken the MJO and continue to cause excessive rainfall which is influenced by these global factors, besides that, local factors also affect rainfall such as monsoon winds and topographical conditions that differ from province to province. So, not all of the rainfall that occurs is caused by MJO activity.*

**Keywords:** *Madden-Julian Oscillation, rainfall, and Indonesia*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran **Allah SWT** atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dan atas kehendak-Nya lah segala hambatan dalam penelitian serta penulisan skripsi ini dapat diatasi. Salawat serta salam penulis panjatkan kehadiran **Nabi Muhammad SAW**. Skripsi ini dibuat penulis sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan judul:

**“Telaah Skema Pemunculan *Madden Julian Oscillation* (MJO) di Nusantara”**

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya yang tak terkira dengan angka dan persamaan, penulis ucapkan kepada kedua orang tua (Bapak **Hasanuddin** dan Ibu **Rosmini, Tante Uci, Om Eppu** dan **Tante Sumrah**) serta Saudara tercinta (**Gito Vebry Anto, Vipin Christina Chandra dan Rosan Gozali**) untuk segala doa, pengorbanan, keringat, air mata, cinta dan kasih sayang tulus yang kalian berikan kepada penulis.

Keberhasilan skripsi ini, tak luput pula berkat bantuan dari berbagai pihak yang diterima penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan secara tulus dan ikhlas kepada yang terhormat:

1. Bapak **Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.** selaku pembimbing pertama yang dengan segala keikhlasan dan kesabaran membimbing serta berbagi pengetahuan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terealisasi.
2. Bapak **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT** selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan sebagai pembimbing kedua atas segala petunjuk dan arahnya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

3. Para tim penguji: Ibu **Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.** dan Bapak **Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D**, atas saran dan masukan dalam perbaikan skripsi ini, sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak **Ir. Juswan, MT.** selaku penasehat akademik (PA) selama menjadi mahasiswa Teknik Kelautan sehingga saya dapat menyelesaikan studi.
5. **Dosen–Dosen Teknik Kelautan** yang telah memberikan ilmu serta pengalamannya selama dalam proses perkuliahan.
6. **Tenaga Kependidikan Program Studi Teknik Kelautan**, yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
7. **Teman-Teman Mahasiswa khususnya Teknik Kelautan Angkatan 2017** dan **Saudari-Saudari NK (Windi ST, Adri ST, Fanny ST, Mu'min ST, Rara ST, YangFan ST, Astika, Riska, Rahmi, Geby, Cicit, Nju, Pipit, Bela dan Aini)** yang selalu memberi motivasi dan dukungannya serta waktu yang telah kita lalui bersama dalam suka, duka dan pergibahan.
8. **Penghuni Setia PI (Astika Rajmi)** yang memberi dukungan dan motivasi di awal perkuliahan hingga saat ini. Tetap semangat dan sudah *overthinking*.
9. Teman-teman **Ocean Technology Laboratory (OTLAB) (Riska, Rahmi, Didit, Koko, Lizak)**, yang selalu memberi motivasi dan dukungan serta pencair suasana di labo.
10. Saudara/I ku **PERIZCOPE CREW**, memori tentang kalian takkan penulis lupakan.
11. Teman-teman **KKN TEMATIK UNHAS GEL 105 POSKO GOWA 5** yang telah memberikan pengalaman yang berharga dalam masa pengabdian kami ber-KKN di masa pandemi Covid-19.
12. Pihak **BoM dan NASA**, tempat penulis mengunduh data untuk skripsi ini, serta seluruh pihak-pihak yang tulisannya menjadi referensi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.



13. Serta seluruh saudara, rekan, sahabat, dan pihak yang namanya tak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terima kasih.
14. Diri sendiri aka **Tami** karena sudah kuat bertahan dan bersabar setiap menjalani proses sampai titik ini. Semangat karena kedepannya akan jauh lebih sulit. Ingat selalu, semua ada hikmahnya dan tetap percaya rencana-Nya lebih indah dari rencanamu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan untuk menutupi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu Teknik Kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Gowa, 15 September 2021

Tri Utari. HS

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR ISTILAH .....	xix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Ragam Osilasi Atmosfer di Indonesia .....	5
2.2 Madden Julian Oscillation .....	6
2.3 Karakteristik MJO.....	8
2.4 Dampak MJO .....	16
2.5 Hujan (Presipitasi) .....	17
1. Tipe Hujan .....	18
2. Parameter Hujan .....	19
2.6 Angin.....	20

2.7	Suhu Permukaan Laut (SPL) .....	20
BAB III .....		23
METODOLOGI PENELITIAN .....		23
3.1	Daerah Kajian .....	23
3.2	Jenis Data .....	24
3.3	Metode Pengolahan Data .....	26
3.4	Alur Penelitian .....	28
3.5	Diagram Alir .....	30
BAB IV .....		32
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Pengaruh Parameter Curah Hujan terhadap <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO) di Nusantara.....	32
4.2	Skema Pemunculan <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO) di Nusantara .....	64
4.2.1	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi Aceh .....	65
4.2.2	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi D.I Yogyakarta.....	72
4.2.3	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi Kalimantan Barat .....	78
4.2.4	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi Sulawesi Selatan .....	84
4.2.5	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi Nusa Tenggara Timur .....	90
4.2.6	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi Maluku .....	97
4.2.7	Grafik MJO dan Curah Hujan di Provinsi Papua.....	103
BAB V.....		113
PENUTUP.....		113
5.1	Kesimpulan .....	113
5.2	Saran .....	114
DAFTAR PUSTAKA .....		115

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Indonesia (sumber: Badan Informasi Geospasial, 2017).....	6
Gambar 2. 2 Propagasi MJO (sumber: Gottschalck et al., 2005).....	9
Gambar 2. 3 Fase MJO (sumber: Gottschalck et al., 2005) .....	10
Gambar 2. 4 Posisi fase MJO (Sumber: Salby L, M., 1996).....	11
Gambar 2. 5 Diagram fase MJO periode Agustus-September 2021 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	12
Gambar 2. 6 Contoh diagram Hovmoller anomali OLR.....	13
Gambar 2. 7 Pergerakan dan struktur MJO (sumber: <a href="https://www.metoffice.gov.uk/">https://www.metoffice.gov.uk/</a> ).....	14
Gambar 2. 8 Sirkulasi MJO pada angin zonal 850 mb (sumber: Hidayat dan Kizu, 2010).....	15
Gambar 2. 9 Grafis tipe-tipe hujan (sumber: Bayong, 2004).....	19
Gambar 2. 10 Contoh sebaran SPL di perairan timur Indonesia tahun 2012 (sumber: <a href="http://pusatstudisumberdayapesisirlaut.blogspot.co.id">http://pusatstudisumberdayapesisirlaut.blogspot.co.id</a> ).....	22
Gambar 3. 1 Peta kajian skema pemunculan MJO di Indonesia (sumber: <a href="http://maritime-line.blogspot.com/">http://maritime-line.blogspot.com/</a> ).....	23
Gambar 3. 2 Garis regresi Y karena pengaruh X, persamaan regresinya .....	27
Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4. 1 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2010 (sumber: analisis data) .....	66
Gambar 4. 2 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2011 (sumber: analisis data) .....	66
Gambar 4. 3 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2012 (sumber: analisis data) .....	67
Gambar 4. 4 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2013 (sumber: analisis data) .....	67
Gambar 4. 5 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2014 (sumber: analisis data) .....	67
Gambar 4. 6 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2015 (sumber: analisis data) .....	68
Gambar 4. 7 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2016 (sumber: analisis data) .....	68
Gambar 4. 8 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2017 (sumber: analisis data) .....	68
Gambar 4. 9 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2018 (sumber: analisis data) .....	69
Gambar 4. 10 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Aceh tahun 2019 (sumber: analisis data) .....	69

Gambar 4. 11 Diagram fase MJO Periode Januari-Maret 2010 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	70
Gambar 4. 12 Diagram fase MJO peridoe April-Juni 2013 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	71
Gambar 4. 13 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2010 (sumber: analisis data) .....	73
Gambar 4. 14 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2011 (sumber: analisis data) .....	73
Gambar 4. 15 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2012 (sumber: analisis data) .....	73
Gambar 4. 16 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2013 (sumber: analisis data) .....	74
Gambar 4. 17 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2014 (sumber: analisis data) .....	74
Gambar 4. 18 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2015 (sumber: analisis data) .....	74
Gambar 4. 19 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2016 (sumber: analisis data) .....	75
Gambar 4. 20 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2017 (sumber: analisis data) .....	75
Gambar 4. 21 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2018 (sumber: analisis data) .....	75
Gambar 4. 22 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2019 (sumber: analisis data) .....	76
Gambar 4. 23 Diagram fase MJO periode Oktober-Desember 2017 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ).....	77
Gambar 4. 24 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2010 (sumber: analisis data) .....	78
Gambar 4. 25 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2011 (sumber: analisis data) .....	79
Gambar 4. 26 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2012 (sumber: analisis data) .....	79
Gambar 4. 27 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2013 (sumber: analisis data) .....	79
Gambar 4. 28 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2014 (sumber: analisis data) .....	80
Gambar 4. 29 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2015 (sumber: analisis data) .....	80

Gambar 4. 30 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2016 (sumber: analisis data) .....	80
Gambar 4. 31 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2017 (sumber: analisis data) .....	81
Gambar 4. 32 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2018 (sumber: analisis data) .....	81
Gambar 4. 33 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2019 (sumber: analisis data) .....	81
Gambar 4. 34 Diagram fase MJO periode Oktober-Desember 2011 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	83
Gambar 4. 35 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2010 (sumber: analisis data) .....	84
Gambar 4. 36 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2011 (sumber: analisis data) .....	84
Gambar 4. 37 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2012 (sumber: analisis data) .....	85
Gambar 4. 38 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2013 (sumber: analisis data) .....	85
Gambar 4. 39 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2014 (sumber: analisis data) .....	85
Gambar 4. 40 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 (sumber: analisis data) .....	86
Gambar 4. 41 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 (sumber: analisis data) .....	86
Gambar 4. 42 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2017 (sumber: analisis data) .....	86
Gambar 4. 43 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2018 (sumber: analisis data) .....	87
Gambar 4. 44 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2019 (sumber: analisis data) .....	87
Gambar 4. 45 Diagram fase MJO periode Oktober-Desember 2011 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	88
Gambar 4. 46 Diagram fase MJO periode Juli-September 2016 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	89
Gambar 4. 47 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2010 (sumber: analisis data) .....	91
Gambar 4. 48 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2011 (sumber: analisis data) .....	91

Gambar 4. 49 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2012 (sumber: analisis data) .....	92
Gambar 4. 50 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2013 (sumber: analisis data) .....	92
Gambar 4. 51 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2014 (sumber: analisis data) .....	92
Gambar 4. 52 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2015 (sumber: analisis data) .....	93
Gambar 4. 53 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2016 (sumber: analisis data) .....	93
Gambar 4. 54 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2017 (sumber: analisis data) .....	93
Gambar 4. 55 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2018 (sumber: analisis data) .....	94
Gambar 4. 56 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi NTT tahun 2019 (sumber: analisis data) .....	94
Gambar 4. 57 Diagram fase MJO periode Oktober-Desember 2010 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	96
Gambar 4. 58 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2010 (sumber: analisis data).....	97
Gambar 4. 59 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2011 (sumber: analisis data).....	98
Gambar 4. 60 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2012 (sumber: analisis data).....	98
Gambar 4. 61 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2013 (sumber: analisis data).....	98
Gambar 4. 62 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2014 (sumber: analisis data).....	99
Gambar 4. 63 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2015 (sumber: analisis data).....	99
Gambar 4. 64 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2016 (sumber: analisis data).....	99
Gambar 4. 65 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2017 (sumber: analisis data).....	100
Gambar 4. 66 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2018 (sumber: analisis data).....	100
Gambar 4. 67 Hubungan Madden Julian Oscillation (MJO) dengan curah hujan di Maluku tahun 2019 (sumber: analisis data).....	100

Gambar 4. 68 Diagram fase MJO periode Oktober-Desember 2018 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	101
Gambar 4. 69 Diagram fase MJO periode April-Juni 2010 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ).....	102
Gambar 4. 70 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2010 (sumber: analisis data) .....	104
Gambar 4. 71 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2011 (sumber: analisis data) .....	104
Gambar 4. 72 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2012 (sumber: analisis data) .....	104
Gambar 4. 73 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2013 (sumber: analisis data) .....	105
Gambar 4. 74 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2014 (sumber: analisis data) .....	105
Gambar 4. 75 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2015 (sumber: analisis data) .....	105
Gambar 4. 76 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2016 (sumber: analisis data) .....	106
Gambar 4. 77 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2017 (sumber: analisis data) .....	106
Gambar 4. 78 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2018 (sumber: analisis data) .....	106
Gambar 4. 79 Hubungan MJO terhadap curah hujan Provinsi Papua tahun 2019 (sumber: analisis data) .....	107
Gambar 4. 80 Diagram fase MJO periode Oktober-Desember 2018 (sumber: <a href="http://www.bom.gov.au/climate/mjo/">http://www.bom.gov.au/climate/mjo/</a> ) .....	107
Gambar 4. 81 Peta pengaruh curah hujan harian terhadap MJO di Provinsi Indonesia (sumber: analisis data, 2021) .....	112



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keadaan hujan dan intensitas hujan (Triatmodjo, 2008) .....	20
Tabel 3. 1 Spesifikasi data yang digunakan .....	25
Tabel 3. 2 Interpretasi Koefisien Korelasi (sumber: Sugiyono, 2007) .....	28
Tabel 3. 3 Pengelompokkan keadaan hujan dan intensitas hujan (sumber: Triatmodjo, 2008).....	30
Tabel 4. 1 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Aceh tahun 2010-2019 .....	33
Tabel 4. 2 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sumatra Utara tahun 2010-2019 .....	34
Tabel 4. 3 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sumatra Barat tahun 2010-2019.....	35
Tabel 4. 4 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Riau tahun 2010-2019 .....	36
Tabel 4. 5 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kepulauan Riau tahun 2010-2019.....	36
Tabel 4. 6 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Jambi tahun 2010-2019 .....	37
Tabel 4. 7 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sumatra Selatan tahun 2010-2019 .....	38
Tabel 4. 8 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kep.Bangka Belitung tahun 2010-2019.....	39
Tabel 4. 9 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Bengkulu tahun 2010-2019 .....	40
Tabel 4. 10 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Lampung tahun 2010-2019 .....	41
Tabel 4. 11 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi DKI Jakarta tahun 2010-2019 .....	41
Tabel 4. 12 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Banten tahun 2010-2019 .....	42
Tabel 4. 13 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Jawa Barat tahun 2010-2019 .....	43
Tabel 4. 14 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Jawa Tengah tahun 2010-2019.....	44
Tabel 4. 15 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2010-2019.....	45
Tabel 4. 16 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Jawa Timur tahun 2010-2019.....	45

Tabel 4. 17 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Bali tahun 2010-2019 .....	46
Tabel 4. 18 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Nusa Tenggara Barat tahun 2010-2019.....	47
Tabel 4. 19 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2010-2019 .....	48
Tabel 4. 20 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kalimantan Barat tahun 2010-2019 .....	49
Tabel 4. 21 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kalimantan Tengah tahun 2010-2019 .....	50
Tabel 4. 22 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2010-2019 .....	51
Tabel 4. 23 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kalimantan Timur tahun 2010-2019 .....	52
Tabel 4. 24 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Kalimantan Utara tahun 2010-2019 .....	52
Tabel 4. 25 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sulawesi Utara tahun 2010-2019 .....	53
Tabel 4. 26 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Gorontalo tahun 2010-2019 .....	54
Tabel 4. 27 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sulawesi Tengah tahun 2010-2019 .....	55
Tabel 4. 28 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sulawesi Barat tahun 2010-2019 .....	56
Tabel 4. 29 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2010-2019 .....	57
Tabel 4. 30 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Sulawesi Tenggara tahun 2010-2019 .....	58
Tabel 4. 31 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Maluku tahun 2010-2019 .....	58
Tabel 4. 32 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Maluku Utara tahun 2010-2019 .....	59
Tabel 4. 33 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Papua Barat tahun 2010-2019 .....	60
Tabel 4. 34 Koefisien korelasi curah hujan dengan amplitudo MJO Provinsi Papua tahun 2010-2019 .....	61
Tabel 4. 35 Hasil uji t (parsial).....	62
Tabel 4. 36 Persentase Pengaruh curah hujan harian terhadap MJO di Provinsi Indonesia .....	110

## DAFTAR ISTILAH

- Atmosfer (*Atmosphere*)** : Selubung gas yang terdapat di sekeliling planet, termasuk bumi.
- Awan (*Cloud*)** : Kelompok butiran air atau es atau keduanya yang tampak mengelompok di atmosfer.
- El Nino-Southern Oscillation* (*ENSO*)** : Gejala interaksi laut-atmosfer yang terjadi karena dampak penyimpangan suhu muka laut di wilayah ekuatorial dan timur Pasifik yang diasumsikan dengan adanya nilai indeks perubahan tekanan udara antara bagian barat dan tengah Pasifik tropis.
- Hujan** : Endapan dalam bentuk butir-butir air atau es yang berasal dari awan.
- Hari Tanpa Hujan (HTH)** : Hari dimana tidak terjadi hujan atau curah hujannya kurang dari 1 milimeter (<1 mm) secara berturut-turut yang dianalisis ke belakang sejak hari pengamatan terakhir, hingga didapati hari hujan terakhir.
- Iklim** : Keadaan rata-rata cuaca untuk periode yang sangat panjang.
- Indian Ocean Dipole* (IOD)** : Sebuah fenomena IOD positif (IOD) ditandai dengan suhu air lebih dingin dari biasanya yang terjadi di bagian tropis timur Samudra Hindia dan memanasnya suhu air biasa di bagian barat tropis Samudra Hindia dan menunjukkan peran dari IOD saat melemahnya hubungan *ENSO-Monsoon*.

- Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ)*** : Zona Konvergensi Inter-Tropis adalah sabuk zona (barat timur) tekanan rendah khatulistiwa dekat garis khatulistiwa di mana angin pasat timur laut bertemu dengan angin pasat tenggara. Seperti angin berkumpul, udara lembab akan dipaksa mengalir ke atas, sehingga di sebuah sabuk presipitasi lebat (hujan lebat) terjadi. Sabuk ini akan bergerak musiman ke utara dan selatan.
- Madden-Julian Oscillation (MJO)*** : Gelombang atmosfer yang terjadi di wilayah tropis, gelombang atmosfer tumbuh ini tumbuh dan berkembang di Samudra Hindia akibat interaksi antara atmosfer dengan lautan secara global dan bergerak merambat dari barat ke arah timur serta memiliki periode siklus biasanya antara 30 sampai dengan 90 hari.
- Monsun** : Sirkulasi tahunan yang paling penting di wilayah tropis dan sangat mempengaruhi pola curah hujan yang berkaitan dengan musim hujan dan kemarau.
- Presipitasi** : Proses hujan yang terakhir. Proses ini terjadi ketika awan mencair akibat suhu udara yang tinggi. Dalam proses inilah hujan terjadi, butiran-butiran air terjatuh dan membasahi permukaan bumi.

- Radiasi gelombang panjang:** Radiasi dengan panjang gelombang lebih panjang dari empat mikron.
- (Outgoing Longwave Radiation)**
- Real Time Multivariate Madden Julian Oscillation (RMM MJO):** Data indeks yang digunakan Badan Meteorologi Australia untuk memonitoring MJO. indeks ini melibatkan data OLR untuk RMM1 dan variabel angin ketinggian 200 mb dan 850 mb untuk RMM2.
- Regresi :** Suatu metode analisis statistik yang digunakan untuk melihat pengaruh antara dua atau lebih variabel.
- Suhu permukaan laut (Sea surface temperature) :** Suhu permukaan laut adalah suhu bawah permukaan dari massa air di paras puncak dari laut, diukur oleh kapal-kapal, pelampung dan *buoy Drifters*. Dari kapal, pengukuran sampel air di ember kebanyakan diaktifkan pada tahun 1940 dengan sampel dari air asupan mesin kapal. Satelit pengukuran suhu kulit (lapisan paling atas dari muka laut, sebuah sebagian kecil dari milimeter tebal) di inframerah atau sentimeter atas atau lebih dalam *microwave* juga digunakan, tetapi harus disesuaikan agar kompatibel dengan suhu massa muka air laut.
- Sensitivitas (Sensitivity) :** Sensitivitas adalah derajat dimana suatu sistem dipengaruhi, baik buruk atau menguntungkan, oleh variabilitas iklim atau perubahan. Efeknya mungkin langsung (misalnya, perubahan dalam

hasil panen sebagai tanggapan atas berubah dalam jangkauan, rata-rata atau suhu) atau tidak langsung (misalnya, kerusakan yang disebabkan oleh peningkatan frekuensi karena kenaikan permukaan laut pada pesisir banjir).

***Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)***: Data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) dengan sensornya PR (*Precipitation Radar*), TMI (*TRMM Microwave Imager*), dan VIRS (*Visible and Infrared Scanner*), CERES (*Clouds and the Earth's Radiant Energy System*), dan LIS (*Lightning Imaging Sensor*). Dan dapat diketahui besaran presipitasi dengan ragam resolusi spasial dan temporal.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kata “Nusantara” dipakai untuk menggambarkan wilayah kepulauan yang membentang dari Sumatra sampai Papua, yang sekarang sebagian besar merupakan wilayah negara Indonesia. Wilayah Indonesia dikenal sebagai Benua Maritim Indonesia (BMI) atau lebih dikenal sebagai *Indonesia Maritime Continent* (IMC), yang dikelilingi 75% oleh lautan dan hanya sekitar 25% terdiri dari daratan, dan memiliki letak yang sangat strategis yakni diapit oleh dua benua besar (Asia dan Australia) dan dua samudra besar (Pasifik dan Hindia) serta memiliki garis pantai yang relatif panjang sekitar 95.181 km yang menyebabkan relatif basah sepanjang tahun akibat diapit oleh sekitar 17.162 pulau. Kondisi dimana peran daratan (pulau-pulau) dan samudra disekitarnya berpengaruh besar dalam variasi iklim, anomali atmosfer dan laut skala lokal serta global. Wilayah ini diduga sebagai tempat penyimpanan panas baik yang berupa *sensible heat* maupun *latent heat* bagi pembentukan awan hujan seperti *cumulonimbus*.

Salah satu fenomena global yang mempengaruhi cuaca dan iklim Indonesia adalah *Madden Julian Oscillation* (MJO). Menurut Madden & Jullian (1971), MJO merupakan model osilasi dominan dari variabilitas di daerah tropis. MJO sangat kuat dampaknya dirasakan di daerah-daerah lintang rendah, dekat garis ekuator, dan terjadi pertama kali di Samudra Hindia dengan pergerakan ke arah timur antara 100° LU dan 100° LS. MJO dapat dicirikan sebagai “*pulse*” awan yang bergerak ke arah timur dan curah hujan di dekat ekuator yang biasanya berulang setiap 30 hingga 60 hari menghasilkan fluktuasi utama intra-musiman yang menjelaskan variasi-variasi cuaca di daerah tropis. MJO mempengaruhi seluruh troposfer daerah tropis bahkan lebih jelas di Samudra Hindia dan di barat Samudra Pasifik. MJO meliputi variasi-variasi dalam hal angin, suhu permukaan laut (SPL), perawanan dan curah hujan serta dapat memicu

terjadinya fenomena ENSO yang sangat dikenal sebagai sinyal tunggal dari variasi *intraseasonal* iklim di bumi.

Fenomena MJO dapat menjadi penyebab kejadian hujan dengan intensitas tinggi pada beberapa wilayah yang ada di Indonesia dan kenaikan permukaan air laut. Dampak tersebut dapat menimbulkan bencana alam seperti banjir dan longsor. Disadari bahwa tidak mudah untuk mendeteksi kapan dan dimana aktivitas MJO dominan terjadi. Oleh karena itu diperlukan teori yang komprehensif untuk menjelaskan fenomena MJO itu sendiri, seperti karakteristik, mekanisme, propagasi, skema terjadinya dan struktur vertikal sebelum akhirnya dapat dibuat simulasinya.

Mengacu pada permasalahan diatas, maka dilakukanlah penelitian tentang karakteristik dan skema pemunculan MJO (*Madden Julian Oscillation*) di Nusantara, yang kemudian akan dituangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul **Telaah Skema Pemunculan MJO di Nusantara.**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang berkaitan dengan skema pemunculan MJO di Nusantara yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh parameter curah hujan terhadap MJO yang terjadi di Nusantara?
2. Bagaimana skema pemunculan terjadinya MJO di Nusantara?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian tidak terlalu luas dan masih dalam kategori dapat dilakukan (*manageable*) serta karena keterbatasan-keterbatasan yang ada, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal seperti berikut:

1. Batasan wilayah tinjauan untuk curah hujan dan kejadian MJO adalah dari 94°BT – 141°BT dan 8°LU – 13°LS.
2. Batasan periode data yang dianalisis yakni data selama 10 tahun (2010-2019).



3. Parameter yang ditinjau ialah parameter curah hujan harian 34 provinsi Indonesia, serta data indeks MJO.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui parameter curah hujan mempengaruhi MJO di Nusantara, baik yang menguatkan ataupun melemahkan MJO.
2. Mengetahui skema pemunculan MJO di Nusantara berdasarkan parameter curah hujan yang digunakan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan bisa diperoleh dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Membantu untuk mengetahui waktu dan tempat terjadinya MJO di Nusantara sehingga dapat mengantisipasi dampak yang ditimbulkan MJO di Nusantara.
2. Bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan mengenai MJO dan pengaruhnya terhadap curah hujan di Nusantara.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi dasar-dasar teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

**BAB III    METODOLOGI PENELITIAN**

Terdiri atas lokasi penelitian, jenis penelitian, metode pengumpulan data, dan pengambilan data.

**BAB IV    HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi hasil dan pembahasan penelitian.

**BAB V     PENUTUP**

Meliputi kesimpulan serta saran dari penulis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ragam Osilasi Atmosfer di Indonesia**

Osilasi atmosfer merupakan gejala atmosfer yang terjadi karena ketidakseimbangan energi matahari yang diterima di permukaan bumi. Beberapa ragam osilasi atmosfer yang telah diketahui, antaranya adalah osilasi intra/sub musiman atau *inter seasonal oscillation/Madden Julia Oscillation* (ISO/MJO) yang merupakan osilasi submusiman. Fenomena atmosfer yang lain adalah *southern annual oscillation* (SAO) yang merupakan osilasi atmosfer osilasi setengah tahunan atau monsunial, *annual oscillation* (AO) dengan periode osilasi satu tahunan, *Quasi Biennial Oscillation* (QBO) dan fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dengan periode osilasi 3-7 tahunan (Arista et al., 2013)

Menurut Suryantoro (dalam Arista et al., 2013) menjelaskan bahwa osilasi sub musiman di dalam sains atmosfer dikenal dengan beberapa sebutan, antara lain *Intra-Seasonal Oscillation* (ISO), *Madden Julian Oscillation* (MJO) merupakan komponen kejadian alami dalam sistem pasangan atmosfer-laut-bumi, yang berosilasi dengan periode sekitar 20 hari sampai 90 hari, dimana periode yang paling sering terjadi adalah sekitar 45 hari.

*Southern Annual Oscillation* (SAO) merupakan ragam osilasi atmosfer musiman yang mempunyai periode osilasi atmosfer musiman yang mempunyai periode osilasi 91-180 harian atau yang lebih dikenal dengan osilasi setengah tahunan.

*Annual Oscillation* (AO) merupakan ragam osilasi atmosfer tahunan yang mempunyai periode osilasi 181-360 harian atau yang lebih dikenal dengan osilasi 1 tahunan.

*Quasi Biennial Oscillation* (QBO) berosilasi dalam jangka waktu yang bervariasi sekitar 24 bulan sampai 30 bulan. Tercepat selama 20 bulan dan paling lambat adalah 36 bulan, sedangkan periode rata-rata adalah 28 bulan.

## 2.2 Madden Julian Oscillation

Sebagai kawasan unik dan spesifik di sabuk (*belt*) khatulistiwa yang dikenal dengan istilah IMC (*Indonesian Maritime Continent*) atau BMI (Benua Maritim Indonesia), dan yang dikenal sebagai salah satu dari tiga kawasan penting dunia dalam pemantauan perubahan iklim global, maka kompleksitas dinamika atmosfer Indonesia, khususnya yang terkait dengan masalah anomali curah hujan ekstrem untuk diteliti. Mengingat posisi strategis Indonesia yang diapit oleh dua benua besar (Asia-Australia) dan dua samudra (Hindia-Pasifik). Kawasan ini sebagai penyimpan bahang (panas) terbesar, baik yang sensible ataupun yang laten (tersembunyi) bagi pembentukan awan-awan cumulus, seperti *Cumulonimbus* (Cb).



Gambar 2. 1 Peta Indonesia (sumber: <http://maritime-line.blogspot.com/>)

Sebagai negara kepulauan yang memiliki banyak pulau, dan laut menjadi bagian yang dominan atas daratan. Dimana hampir 2/3 bagian diisi oleh air, dan sisanya oleh daratan/kepulauan, dengan panjang garis pantai sekitar 81.000 km dan terdiri dari kurang lebih 17.508 pulau, baik pulau besar maupun kecil, sehingga kawasan ini merupakan satu-satunya kawasan yang memiliki konveksi paling aktif saat ini. Ini

pulalah yang menyebabkan kawasan ini hampir basah setiap tahunnya akibat intensitas curah hujan yang dihasilkannya. Akibatnya, kawasan ini rentang terhadap berbagai fenomena cuaca atau iklim global, khususnya fenomena Madden Julian Oscillation (MJO).

Menurut Madden & Julian (1971), MJO merupakan model osilasi dominan dari variabilitas di daerah tropik. Osilasi merupakan variasi periodik terhadap waktu dari suatu hasil pengukuran. MJO sangat kuat dampaknya dirasakan di daerah-daerah lintang rendah, dekat garis ekuator, dan terjadi pertama kali di Samudra Hindia dengan pergerakan ke arah timur antara  $100^{\circ}$  LU dan  $100^{\circ}$  LS. MJO dimanifestasikan dalam skala waktu antara 30-60 hari melalui anomali skala besar pola sirkulasi atmosfer dan konveksi yang kuat dan berpropagasi (penjalaran) dari bagian barat Indonesia (Samudra Hindia) ke arah timur (Samudra Pasifik) dengan kecepatan rata-rata 5 m/detik. Daerah yang dilalui MJO akan mengalami peningkatan suhu muka laut seiring dengan perjalanan arus laut ke timur yang nantinya akan berdampak pada tingginya penguapan air laut. Zang dalam (2009 dalam Handayani et al., 2016) menjelaskan bahwa terjadinya pergerakan uap air secara vertikal dan membentuk beberapa cluster awan hujan dengan kecepatan 5-10 m/s (Bayong, 2008). Awan ini mengandung air sangat banyak serta mempunyai periode ulang 30 sampai 90 hari yang berarti dalam kisaran waktu tersebut akan terjadi peningkatan hujan di kawasan-kawasan yang dilaluinya.

MJO pertama kali ditemukan tahun 1971 oleh Dr Roland Madden dan Dr Paul Julian dari NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) AS, ketika mereka mempelajari pola angin dan tekanan tropis. Mereka mengamati adanya osilasi yang teratur angin di antara Singapura dan Pulau Kanton di Barat Tengah Pasifik Ekuator.

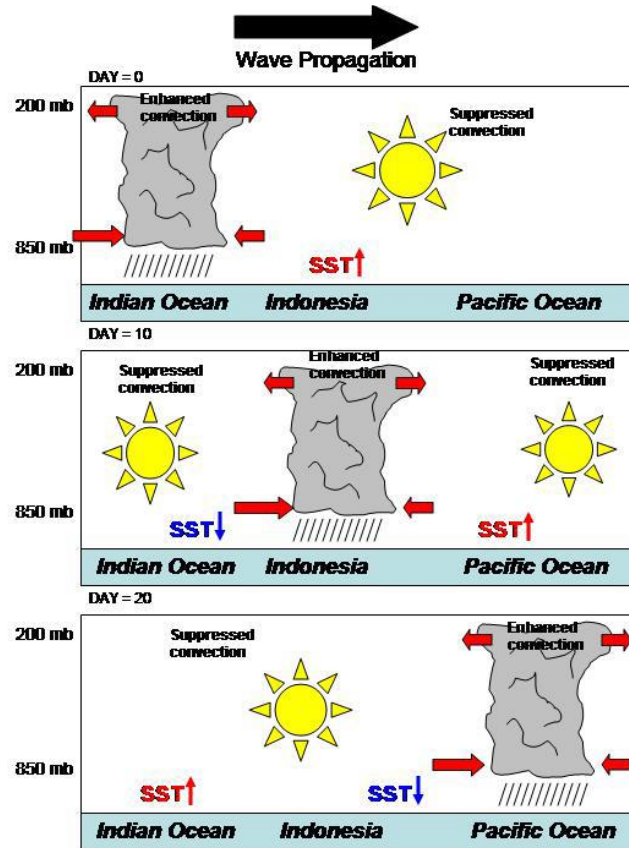
MJO gangguan cuaca seperti pada awan, hujan, angin dan tekanan yang memiliki pergerakan ke arah timur, serta melintasi daerah tropis dan kembali lagi pada titik awalnya. MJO dalam fase aktif memiliki korelasi terjadinya intensitas curah hujan yang tinggi terhadap wilayah yang dilaluinya. MJO juga memberikan efek signifikan

terhadap monsun, seperti mempengaruhi waktu onset monsun, juga mengganggu fase aktif dan fase jeda (*break*) monsun.

### **2.3 Karakteristik MJO**

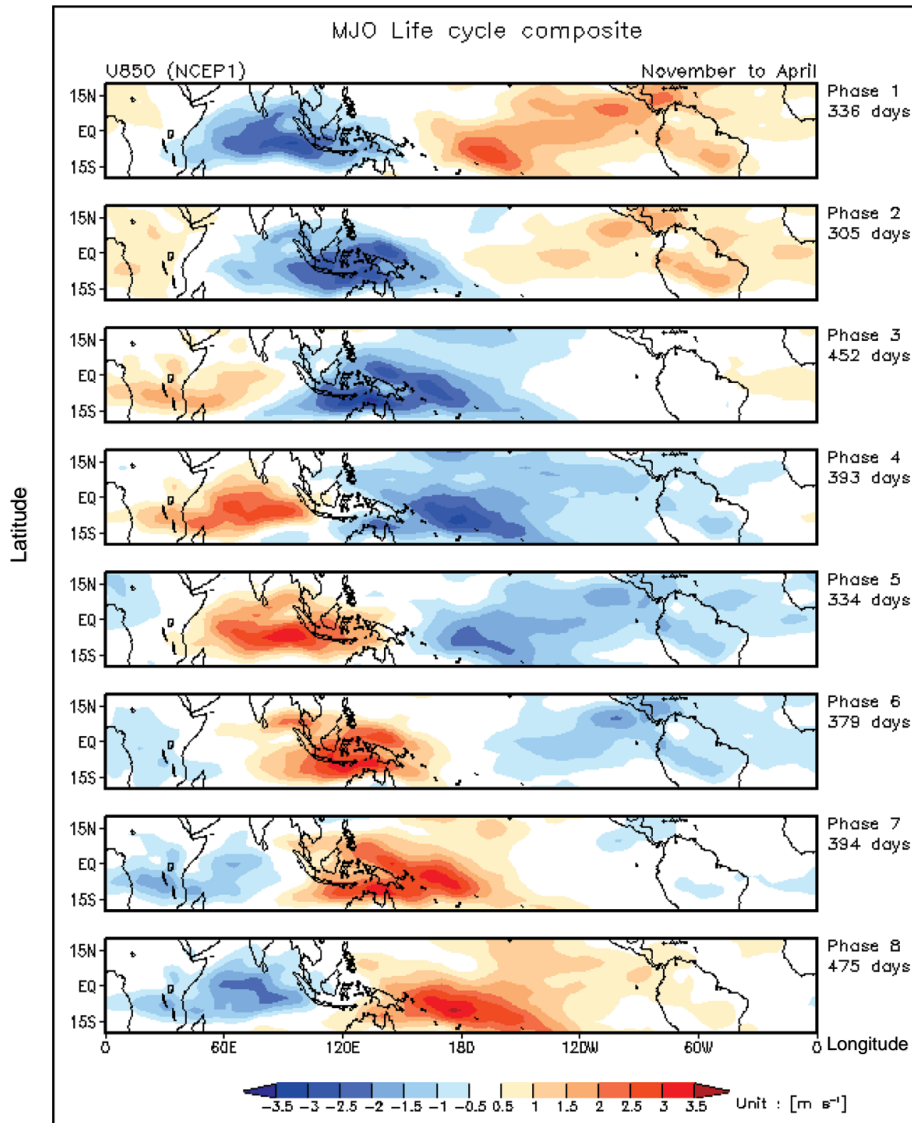
Menurut Madden dan Julian (1971), peristiwa MJO ditandai dengan propagasi ke arah timur dari daerah tropis yang mengalami peningkatan tekanan terutama di Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Anomali curah hujan sering terjadi di Samudra Hindia yang kemudian merambat ke arah timur di kawasan perairan tropis hangat, tepatnya di Pasifik barat dan tengah. Saat air laut dingin di kawasan Pasifik Timur, pola curah hujan di kawasan Pasifik berkurang, tetapi akan sering muncul di sekitar perairan tropis Atlantik dan Afrika. Seiring dengan variasi curah hujan tropis, terdapat pola yang berbeda dan sirkulasi atmosfer di daerah tropis dan subtropis. Variasi-variasi tersebut hampir terjadi di seluruh dunia dengan intensitas tertinggi di belahan bumi timur.

Berikut gambaran yang diadaptasi dari Madden dan Julian (1971), yang kemudian disederhanakan oleh Gottschalck *et al.* (2005). Penampang vertikal MJO di kawasan khatulistiwa yang menunjukkan curah hujan, kecepatan dan arah angin serta Suhu Permukaan Laut (SPL) ketika MJO bergerak merambat ke arah timur dari Samudra Hindia ke Samudra Pasifik di sekitar kawasan tropis.



Gambar 2. 2 Propagasi MJO (sumber: Gottschalck et al., 2005)

Menurut Higgins dan Shi (2001), MJO memiliki delapan fase setiap satu kali periode osilasi. Saat MJO aktif, terjadi kenaikan kecepatan angin secara signifikan pada ketinggian 850 hPa. Kondisi khas untuk delapan tahap yang berbeda dari siklus MJO berbagai osilasi yang merambat dari Samudra Hindia melalui Samudra Pasifik dan ke belahan bumi barat (gambar 2.3) menunjukkan potensi curah hujan, kecepatan dan arah angin sebesar 850 hPa, dan tekanan permukaan laut antara November hingga April.

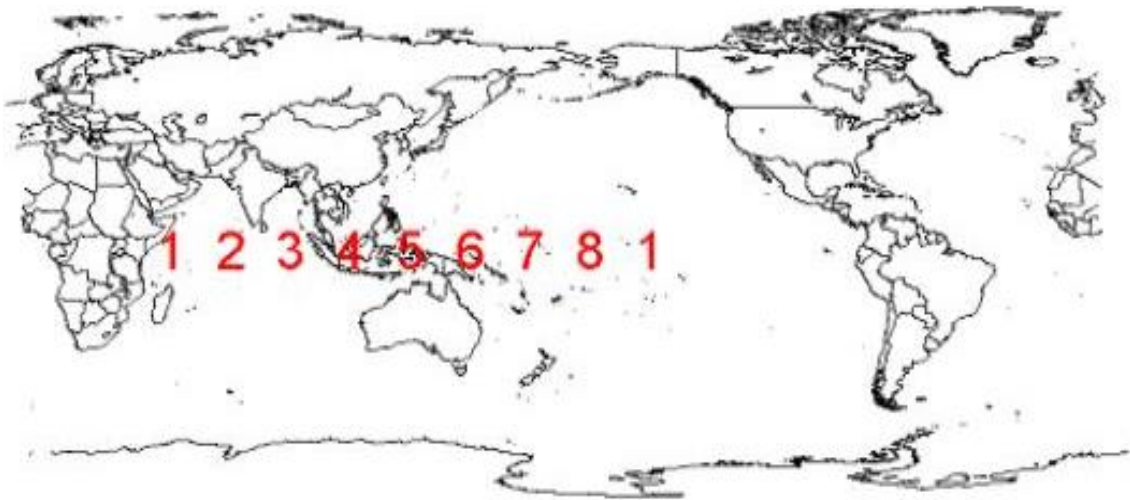


Gambar 2. 3 Fase MJO (sumber: Gottschalck et al., 2005)

MJO terdiri dari 2 fase yaitu fase peningkatan curah hujan (konvektif) dan fase curah hujan menurun. Identifikasi MJO dapat dilakukan menggunakan data indeks RMM1 (*Real-time Multivariate*) dan RMM2. RMM1 dan RMM2 lokasi fase konvektif berdasarkan geografis dapat dilihat dalam 8 fase. MJO mempunyai delapan fase tersebut dalam menyelesaikan satu kali periode osilasi dengan berawal dari Samudra Hindia bagian Barat atau sebelah Timur Afrika. Fase tersebut sebagai berikut:



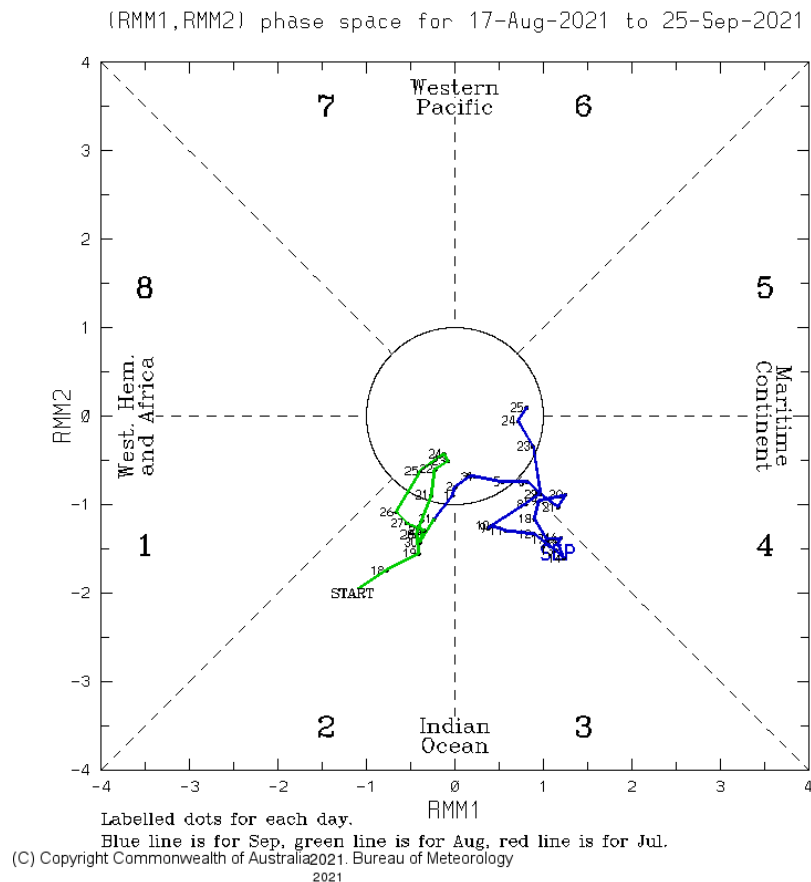
1. Fase 1 di benua Afrika ( $21^{\circ}\text{BB} - 60^{\circ}\text{BT}$ )
2. Fase 2 di Samudra Hindia bagian barat ( $60^{\circ}\text{BT} - 80^{\circ}\text{BT}$ ).
3. Fase 3 di Samudra Hindia bagian Timur ( $80^{\circ}\text{BT} - 100^{\circ}\text{BT}$ ).
4. Fase 4 di Indonesia bagian Barat ( $100^{\circ}\text{BT} - 120^{\circ}\text{BT}$ ).
5. Fase 5 di Indonesia bagian Timur ( $120^{\circ}\text{BT} - 140^{\circ}\text{BT}$ ).
6. Fase 6 di kawasan Pasifik Barat ( $140^{\circ}\text{BT} - 160^{\circ}\text{BT}$ ).
7. Fase 7 di Kawasan Pasifik Timur ( $160^{\circ}\text{BT} - 180^{\circ}\text{BT}$ ).
8. Fase 8 daerah konveksi di belahan Pasifik Timur ( $(180^{\circ} - 160^{\circ}\text{BB})$ ).



Gambar 2. 4 Posisi fase MJO (Sumber: Salby L, M., 1996)

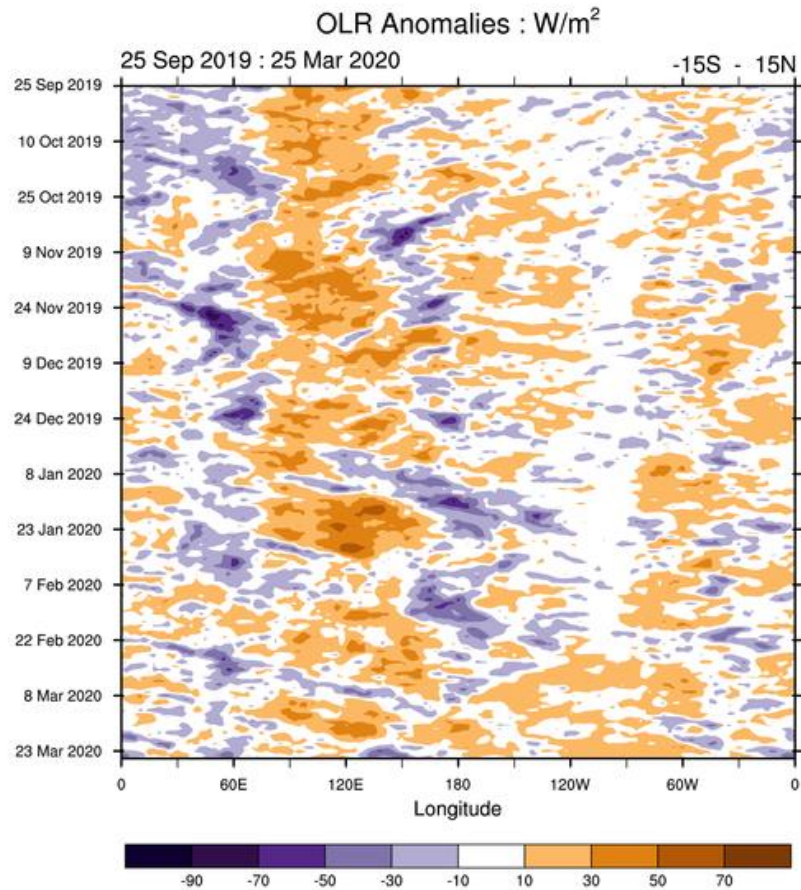
Diagram fase MJO menggambarkan perkembangan MJO melalui fase yang berbeda, yang umumnya bertepatan dengan lokasi di sepanjang khatulistiwa di seluruh dunia. RMM1 dan RMM2 adalah metode matematika yang menggabungkan jumlah awan dan angin di tingkat atas dan bawah atmosfer untuk memberikan ukuran kekuatan dan lokasi MJO. Ketika indeks berada di dalam lingkaran pusat, MJO dianggap lemah, artinya sulit untuk membedakan menggunakan metode RMM. Di luar lingkaran ini indeks lebih kuat dan biasanya akan bergerak ke arah yang berlawanan dengan arah jarum jam saat MJO bergerak dari barat ke timur. Untuk kenyamanan,

kami mendefinisikan 8 fase MJO yang berbeda dalam diagram ini Penggambaran dalam indeks RMM1 dan RMM2 sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Diagram fase MJO periode Agustus-September 2021 (sumber: <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>)

Cara mendeteksi MJO juga dapat dilakukan dengan diagram *hovmoller*. Diagram tersebut menggambarkan semua nilai rata-rata pada satu kolom garis bujur/ lintang dengan menempatkan nilai-nilai tersebut dalam satu sumbu sedangkan sumbu yang lain menggambarkan dimensi waktu. Propagasi MJO dapat dideteksi pergerakannya menggunakan diagram ini melalui sumbu vertikal menjelaskan waktu sedangkan sumbu horizontal menjelaskan garis bujur. MJO juga dapat dideteksi melalui beberapa variabel atmosfer seperti OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) dan angin di mana variabel tersebut mempunyai osilasi yang kuat saat fase aktif.



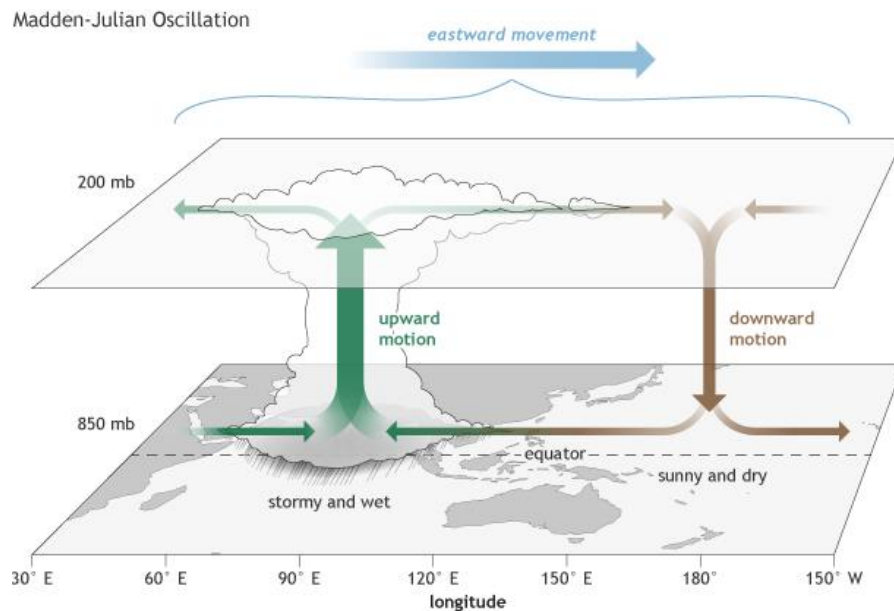
(C) Copyright Commonwealth of Australia 2020. Bureau of Meteorology

Gambar 2. 6 Contoh diagram Hovmoller anomali OLR  
(sumber: <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/#tabs=Time-longitude>)

Anomali OLR negatif (warna ungu) menunjukkan banyaknya kumpulan awan berada di lokasi garis bujur yang bersangkutan dibandingkan klimatologisnya, sebaliknya anomali OLR positif (warna orange) menunjukkan sedikitnya kumpulan awan. Garis-garis diagonal ini kemungkinan besar akan jatuh antara 60°E dan 150°E dan akan terulang setiap 1 sampai 2 bulan.

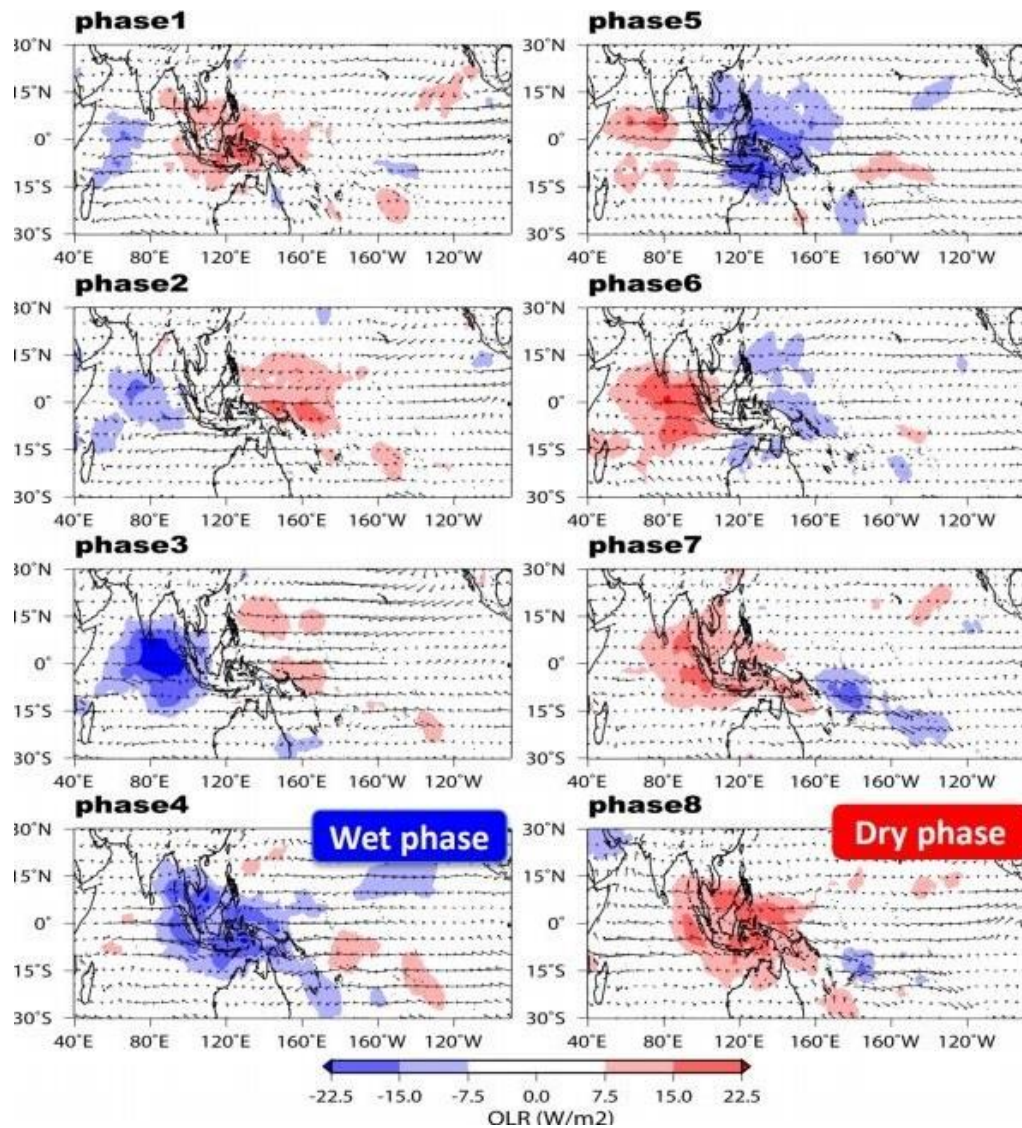
Struktur permukaan dan atmosfer bagian atas MJO ketika fase konvektif yang meningkat (hujan dan badai) berpusat di Samudra Hindia dan fase konvektif yang menurun (kering) di Samudra Pasifik. Panah horizontal

menunjuk ke kiri mewakili angin dari timuran dan panah yang menunjuk ke kanan mewakili angin yang baratan. Sistem bergerak berpasangan ke timur dan akhirnya mengelilingi kembali ke titik asalnya. Pada fase konvektif yang meningkat angin di permukaan bertemu, udara didorong ke atas. Di atas atmosfer angin berbalik, gerakan udara yang meningkat di atmosfer tersebut cenderung meningkatkan kondensasi dan curah hujan. Saat angin menurun menghangat dan mengering cenderung menurunkan curah hujan.



Gambar 2. 7 Pergerakan dan struktur MJO (sumber: <https://www.metoffice.gov.uk/>)

Sirkulasi dan konveksi terkait dengan MJO. Sirkulasi dan konveksi pada angin zonal 850 mb dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 8 Sirkulasi MJO pada angin zonal 850 mb (sumber: Hidayat dan Kizu, 2010)

- Fase 8 ke 1: Indonesia umumnya tertutupi oleh daerah konvektif dan penurunan massa udara (suppressed area)
- Fase 2 ke 3: kenaikan konveksi di bagian Barat Samudra Hindia, bergerak ke Timur dengan kekuatan yang timuran
- Fase 4 ke 5: konveksi maksimum melalui di atas Indonesia

- d. Fase 6 ke 7: konveksi menurun (suppressed convection), pusat bergerak konveksi ke Timur.

#### **2.4 Dampak MJO**

MJO merupakan fluktuasi atau “gelombang” yang terjadi di daerah tropis. MJO bertanggung jawab untuk sebagian besar variabilitas cuaca di daerah ini dan hasil dalam variasi atmosfer serta parameter kelautan yang mencakup tinggi rendahnya kecepatan dan arah angin, pembentukan awan, hujan (presipitasi), Suhu Permukaan Laut (SPL), dan proses penguapan di laut (evaporasi). MJO merupakan komponen gabungan dari sistem laut dan atmosfer yang memiliki siklus atau gelombang sekitar 30 hingga 60 hari (Madden & Julian, 1971).

Fenomena MJO dominan di kawasan ekuator yang memiliki periode osilasi harian akibat pengaruh dari konveksi awan yang terbentuk di atas Samudra Hindia bagian timur (sebelah barat perairan Indonesia), yang kemudian awan-awan itu bergerak ke arah timur di sepanjang garis ekuator. Fenomena MJO sangat mempengaruhi cuaca dan iklim secara global. Disadari bahwa tidak mudah untuk mendeteksi kapan dan dimana aktivitas MJO dominan terjadi. Oleh karena itu diperlukan teori yang komprehensif untuk menjelaskan fenomena MJO itu sendiri, seperti karakteristik, mekanisme, propagasi, dan struktur vertikal sebelum akhirnya dapat dibuat simulasinya (Maloney & Hartmann, 2000).

Ada tiga kawasan penting di dunia yang telah ditetapkan oleh World Meteorological Organization (WMO) sebagai tempat atau lokasi terjadinya perubahan iklim global. Salah satu diantara lokasi tersebut adalah Indonesia, selain Brasil di kawasan Amerika Selatan dan Kongo di benua Afrika. Namun diantara ketiga wilayah tersebut, Indonesia merupakan kawasan yang mendapatkan perhatian terbanyak karena memiliki perairan yang luas, yakni sekitar 70% persen merupakan laut dari keseluruhan luas wilayahnya. Hal ini diduga menyebabkan terjadinya penyimpangan panas terbesar di kawasan Indonesia, baik yang sensibel maupun laten (tersembunyi)

sehingga dapat meningkatkan pembentukan awan, seperti awan *Cumulonimbus* yang dapat menyebabkan hujan (Hermawan, 2002).

MJO secara substansial dapat memodulasi intensitas muson di seluruh dunia. Australia (musim dingin boreal; Oktober-Maret), Asia (boreal musim panas; Juni-September), Amerika Selatan (musim dingin boreal, Oktober-Maret) dan Amerika Utara (boreal musim panas; Mei-Oktober), serta semua musim hujan bisa dipengaruhi oleh MJO. Fase curah hujan yang disempurnakan MJO dapat mempengaruhi waktu muson dan intensitas musim hujan. Selain itu, fase awal dari MJO dapat mengakhiri musim (Maloney & Hartmann, 2000).

## **2.5 Hujan (Presipitasi)**

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Di daerah tropis hujan memberikan sumbangan terbesar sehingga seringkali hujanlah yang dianggap presipitasi (Triatmodjo, 2008). Sedangkan menurut Sosrodarsono (1976) presipitasi adalah nama umum dari uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses siklus hidrologi, biasanya jumlah selalu dinyatakan dengan dalamnya presipitasi (mm). Jika uap air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (rainfall) dan jika berbentuk padat disebut salju (snow).

Atmosfer bumi mengandung uap air, meskipun jumlah uap air sangat kecil dibanding gas-gas lain di atmosfer, tetapi merupakan sumber air tawar terpenting bagi kehidupan di bumi. Air berada di udara dalam bentuk gas uap air), zat cair (butir-butir air), dan kristal-kristal es. Kumpulan butir-butir air dan kristal-kristal es tersebut mempunyai ukuran yang sangat halus (diameter 2-40 mikron) membentuk awan yang melayang di udara, awan terbentuk sebagai hasil pendinginan dari udara basah yang bergerak ke atas. Proses pendinginan terjadi karena menurunnya suhu udara secara adiabatik dengan bertambahnya ketinggian. Partikel debu, kristal garam, dan kristal es yang melayang di udara dapat berfungsi sebagai inti kondensasi yang dapat mempercepat proses pendinginan, dengan demikian ada dua syarat penting terjadinya

hujan yaitu massa udara harus mengandung cukup uap air dan massa udara harus naik ke atas sedemikian sehingga menjadi dingin (Triatmodjo, 2008).

#### 1. Tipe Hujan

Hujan terjadi karena udara basah yang naik ke atmosfer mengalami pendinginan sehingga terjadi proses kondensasi, naiknya udara ke atas dapat terjadi secara siklonik, orografik, dan konvektif. Hujan dapat dibedakan berdasarkan cara naik udara ke atas yaitu (Triatmodjo, 2008):

##### a. Hujan Konvektif

Daerah tropis pada musim kemarau udara yang berada di dekat permukaan tanah mengalami pemanasan yang intensif. Pemanasan tersebut menyebabkan rapat massa berkurang, udara basah naik ke atas dan mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi dan terjadi hujan. Hujan yang terjadi karena proses ini disebut hujan konvektif. Biasanya terjadi setempat, mempunyai intensitas yang tinggi dan durasi singkat.

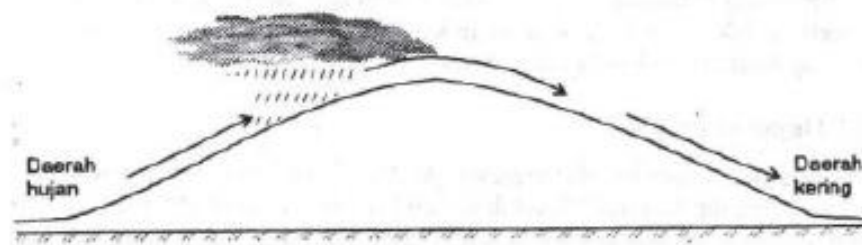
##### b. Hujan Siklonal

Jika massa udara panas yang relatif ringan bertemu dengan massa udara dingin yang relatif berat, maka udara panas akan bergerak di atas udara dingin. Udara yang bergerak ke atas tersebut akan mengalami pendinginan dan kemudian terkondensasi dan terbentuk awan dan hujan. Hujan yang terjadi disebut hujan siklonal, yang mempunyai sifat tidak terlalu lebat dan berlangsung lebih lama.

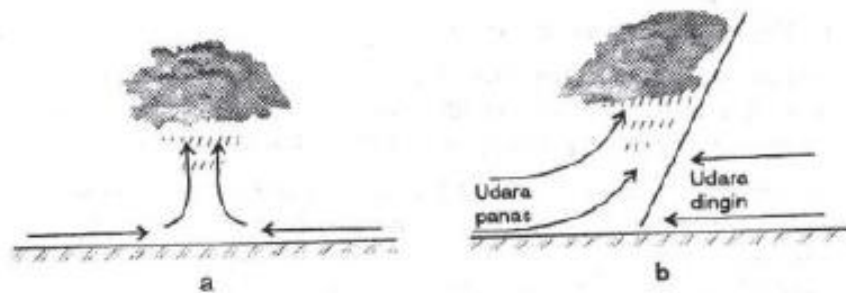
##### c. Hujan Orografis

Udara lembab yang tertiup angin dan melintasi daerah pegunungan akan naik dan mengalami pendinginan sehingga terbentuk awan dan hujan. Sisi gunung yang dilalui awan tersebut banyak mendapatkan hujan, sedang sisi yang lain (sisi yang berlawanan arah) dilalui udara kering. Daerah tersebut tidak tetap tergantung pada musim (arah angin). Hujan ini terjadi di pegunungan dan merupakan pemasok air tanah, danau, bendungan, dan sungai.





Hujan Orografik dan Daerah Bayangan Hujan



Hujan Konvergensi (a) dan Hujan Frontal (b)

Gambar 2. 9 Grafis tipe-tipe hujan (sumber: Bayong, 2004)

## 2. Parameter Hujan

Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air (biasanya mm), yang dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh daerah tangkapan air. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/bulan dan sebagainya, yang kemudian disebut hujan jam jaman, hujan harian, hujan mingguan, hujan bulanan dan sebagainya (Triatmodjo, 2008).

Menurut Sosrodarsono dalam Triatmodjo (2008) menjelaskan bahwa curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika durasi waktu lebih lama penambahan curah hujan lebih kecil dibandingkan dengan penambahan waktu, karena hujan bisa berkurang atau berhenti seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1. Durasi hujan adalah hujan yang dihitung dari saat mulai hujan sampai hujan

berhenti, yang biasanya dinyatakan dalam jam. Intensitas hujan rerata adalah perbandingan antara kedalaman hujan dan durasi hujan.

Tabel 2. 1 Keadaan hujan dan intensitas hujan (Sumber: Triatmodjo, 2008)

Keadaan Hujan	Intensitas hujan	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Distribusi hujan sebagai fungsi waktu yang menggambarkan variasi kedalaman hujan, dapat dinyatakan dalam bentuk diskrit atau kontinyu yang disebut sebagai hidrograf, yaitu histogram kedalaman hujan atau intensitas hujan.

## 2.6 Angin

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin diberi nama sesuai dengan arah dari mana angin datang, misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin yang bertiup dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki pegunungan (Bayong, 1999).

## 2.7 Suhu Permukaan Laut (SPL)

SPL biasanya berkisar antara 27°C – 29°C di daerah tropis dan 15°C – 20°C di daerah subtropik (King, 1963). Menurut Wyrтки (1961), kondisi lapisan permukaan laut tropis adalah hangat dan variasi suhu tahunannya adalah kecil, tetapi variasi suhu hariannya tinggi. Variasi suhu rata-rata tahunannya lebih kecil dari 2°C di daerah khatulistiwa, namun beberapa tempat seperti di Laut Banda, Laut Arafuru, Laut Timor dan Selatan Jawa mempunyai variasi yang lebih besar yaitu 3°C – 4°C.

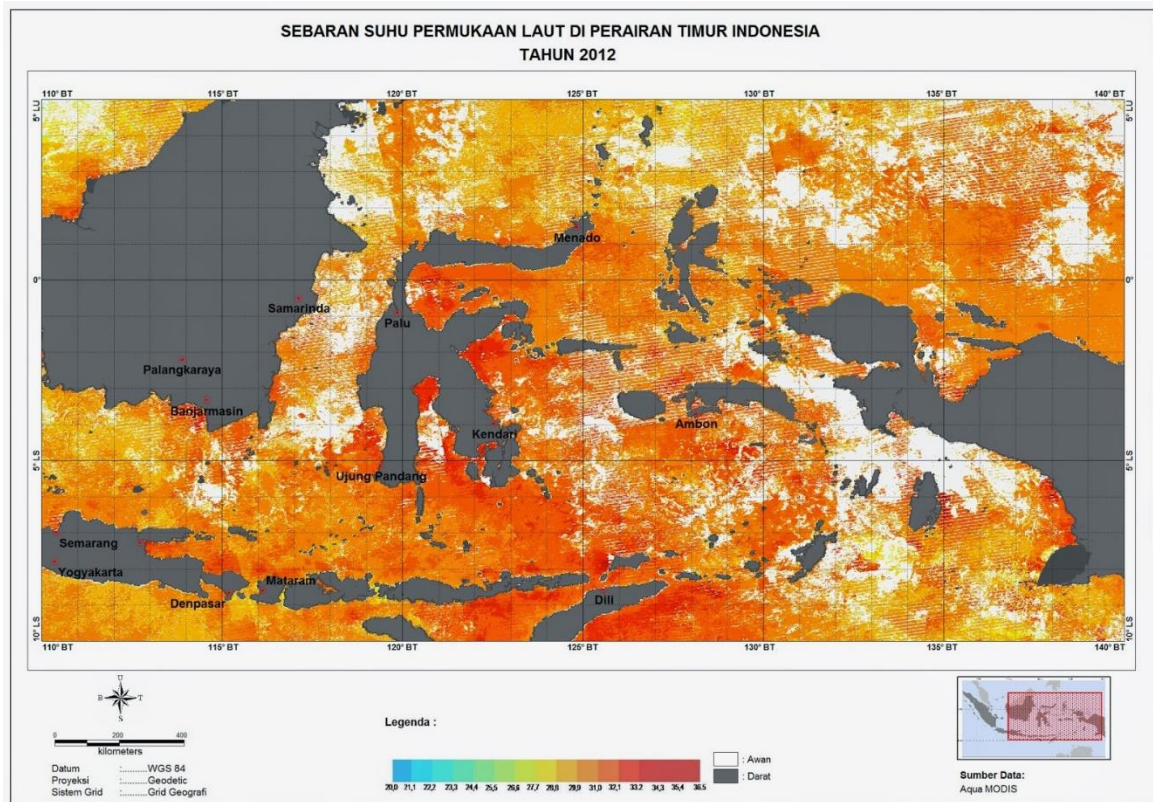
SPL mempunyai hubungan dengan keadaan lapisan air laut yang terdapat di bawahnya, sehingga data SPL dapat dipergunakan sebagai indikator untuk mendeteksi

fenomena yang terjadi di laut seperti front (pertemuan dua massa air), arus, pengangkatan massa air atau *upwelling* dan aktivitas biologis organisme (Robinson, 1985). Suhu air laut dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi di dalam laut itu sendiri seperti proses fisika dan kimia (Johnstone in Indrawati, 2000). Faktor-faktor fisik yang mempengaruhi SPL adalah arus permukaan, keadaan awan, penguapan, gelombang, gerakan konveksi, *upwelling*, divergensi, pembekuan dan pencairan es di daerah kutub (Laevastu dan Hela, 1970).

Lapisan air permukaan pada umumnya menyebar hingga kedalaman tertentu sebelum mencapai kedalaman yang lebih dingin di bawahnya. Pada permukaan air terjadi pencampuran massa air yang diakibatkan oleh adanya angin, arus dan pasut sehingga merupakan lapisan homogen (Wyrcki, 1961).

SPL dapat dideteksi dengan banyak cara, salah satunya ialah dengan alat pengindra suhu yaitu sensor infra merah termal. Lokasi *upwelling* dapat dideteksi oleh alat pengindra suhu karena massa air tersebut mempunyai suhu yang lebih dingin, sehingga suhu permukaan akan menjadi lebih dingin dibandingkan dengan suhu air di sekitarnya (Sumardjo, 1983).

SPL Indonesia secara umum berkisar antara 26°C – 29°C, karena perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin musim, maka sebaran SPL-nya pun mengikuti perubahan musim. Pada musim barat, SPL di Kawasan Barat Indonesia (KBI) pada umumnya relatif lebih rendah dibanding musim timur. SPL di dekat Laut Cina Selatan pada waktu musim barat berkisar antara 26°C – 28°C sedangkan di kawasan timur Indonesia berkisar antara 28°C – 29°C, sebaliknya terjadi pada musim yang lainnya, yaitu SPL di perairan KTI berkisar antara 26°C – 28°C, sedangkan di perairan KBI antara 28°C – 29°C (Ilahude dan Birowo, 1987).



Gambar 2. 10 Contoh sebaran SPL di perairan timur Indonesia tahun 2012 (sumber: <http://pusatstudisumberdayapesisirlaut.blogspot.co.id>)

Suhu di Laut Jawa hampir sama dengan perairan Indonesia pada umumnya. Pada musim barat SPL di bagian barat Laut Jawa lebih rendah dibanding musim timur, demikian pula dengan bagian timur, SPL pada musim barat relatif lebih tinggi dibanding musim timur. Sehingga, kejadian tersebut sangat berpengaruh pada periode masa tanam di Indonesia.