

Draft Skripsi

**FAKTOR OSEAN – ATMOSFER UNTUK MEMPREDIKSI
TITIK PANAS (*HOTSPOT*) DI WILAYAH ASEAN UTARA**

Disusun dan Diajukan Oleh:

HASRINA RAUF

H221 16 011



DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**FAKTOR OSEAN – ATMOSFER UNTUK MEMPREDIKSI
TITIK PANAS (*HOTSPOT*) DI WILAYAH ASEAN UTARA**



OLEH:

HASRINA RAUF

H221 16 011

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**FAKTOR OSEAN – ATMOSFER UNTUK MEMPREDIKSI
TITIK PANAS (*HOTSPOT*) DI WILAYAH ASEAN UTARA**

Skripsi ini untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar sarjana Pada Program Studi Geofisika

Disusun dan Diajukan Oleh:

HASRINA RAUF

H221 16 011

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
FAKTOR OSEAN – ATMOSFER UNTUK MEMPREDIKSI
TITIK PANAS (*HOTSPOT*) DI WILAYAH ASEAN UTARA

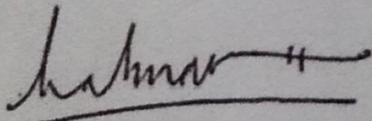
Oleh:
HASRINA RAUF
H221 16 011

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Ujian Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Sains Program Pendidikan Sarjana, Departemen Geofisika ini
Telah Disetujui Oleh Tim Pembimbing Pada Tanggal
Seperti Tertera di Bawah Ini

Disetujui Oleh:
Makassar, April 2021

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc
NIP. 196303151987101001

Pembimbing Pertama



Drs. Hasanuddin, M.Si.
NIP. 195712311987031021

Mengetahui,
Ketua Departemen Geofisika


Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasrina Rauf
NIM : H22116011
Departement : Geofisika
Judul Tugas Akhir : Faktor Osean – Atmosfer Untuk Memprediksi
Titik Panas (*Hotspot*) Di Wilayah Asean Utara

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan dan penelitian saya sendiri, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 11 April 2021

Yang Membuat Pernyataan,



HASRINA RAUF

ABSTRAK

Penelitian ini menunjukkan model prediksi titik panas (*Hotspot*) menggunakan data indeks Osean-Atmosfer sebagai prediktor di wilayah ASEAN bagian Utara. Data yang digunakan adalah data observasi *Hotspot* dan data indeks ENSO (*Niño* 3.4), MJO, IOD, dan MONSOON selama 6 tahun yaitu tahun 2013 hingga 2018 dalam data bulanan. Model yang digunakan yaitu model *Multiple Regression* dengan metode *stepwise* memberikan hasil prediktor yang signifikan dalam memprediksi kejadian *Hotspot*. Hasil uji verifikasi terhadap model prediksi menunjukkan nilai R (korelasi *pearson*) berturut-turut untuk wilayah Myanmar, Thailand, Laos, Vietnam, Kamboja dan Filiphina yaitu 0.506 , 0.506 , 0.457 , 0.413 , 0.738 , dan 0.579. Faktor Osean-Atmosfer yang dominan untuk wilayah Kamboja yaitu ENSO dan yang dominan untuk wilayah Myanmar, Thailand, Laos, Vietnam dan Filiphina yaitu MONSOON dalam memprediksi *Hotspot* di wilayah ASEAN Utara.

Kata kunci : Prediksi, *Hotspot*, Osean-Atmosfer, *Multiple Regression*.

ABSTRACT

This study shows a hotspot prediction model (Hotspot) using the Ocean-Atmosphere index data as a predictor in the northern ASEAN region. The data used are Hotspot observation data and ENSO index data (Niño 3.4), MJO, IOD, and MONSOON for 6 years, namely 2013 to 2018 in monthly data. The model used is the Multiple Regression model with the stepwise method which provides significant predictor results in predicting Hotspot events. The results of the verification test on the prediction model showed the R (Pearson correlation) values for Myanmar, Thailand, Laos, Vietnam, Cambodia and the Philippines, that is 0.506, 0.506, 0.457, 0.413, 0.738, and 0.579. The dominant Ocean-Atmosphere factor for the Cambodia region is ENSO and the dominant for the Myanmar, Thailand, Laos, Vietnam and Philippines regions is MONSOON in predicting Hotspots in the North ASEAN region.

Keywords: Prediction, Hotspot, Ocean-Atmospheric, Multiple Regression.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikaum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pertama- tama dan yang paling utama saya ucapkan segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat-Nya lah sehingga kita semua masih diberikan kesempatan dan kesehatan didalam segala aktivitsas kehidupan sehari-hari kita. Terkhususnya limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa pula penulis haturkan shalawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW. Beserta seluruh keluarga dan dan para sahabat-sahabat beliau, yang telah berhasil membawa seluruh umat manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang beradab ini, insyaAllah.

Adapun dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa banyak terimakasih yang sangat mendalam kepada kedua orang tua saya yang tercinta yang selalu ingin penulis bahagiakan dan banggakan meskipun takkan pernah sebanding dengan semua pengorbanan dan kasih sayang mereka kepada penulis, yaitu **Ayah saya Abd. Rauf.G dan Ibu saya Mursida**, karena atas doa mereka, kasih sayangnya dan dukungan serta kesabaran di dalam membesarkan, mendidik, mengorbankan sluruh materi dan energi dalam mendampingi dan menyemangati penulis sehingga penulis mendapatkan sebuah kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih juga kepada **kakakku tercinta, yaitu Ulfa dan Heri. Dan adik-adik saya yaitu Henri, Nirwana, Yusuf dan Ilham** karena telah mendoakan dan senantiasa selalu mendukung penulis untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa selama proses penyelesaian skripsi ini sangatlah banyak pihak lain yang telah memberikan motivasi, doa, dan dukungannya kepada penulis sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik dan dengan segala usaha yang maksimal yang penulis lakukan. Oleh karena itu pada kesempatan yang baik ini penulis juga ini mengucapkan rasa terimakasih

banyak kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, antara lain:

1. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku Ketua Departement Geofisika, dan Bapak **Dr. Sakka, M.Si** selaku Penasehat Akademik yang terus memberikan motivasi terhadap penulis.
2. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** selaku pembimbing Utama, Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si** selaku Pembimbing Pertama yang telah bersedia meluangkan waktu membimbing dan memotivasi hingga tulisan ini dapat diselesaikan.
3. Bapak **Dr. Erfan, M.Si** dan Bapak **Dr. Samsu Arif, M.Si** selaku Tim Penguji yang telah memberikan arahan dan masukan terhadap penulisan skripsi ini.
4. Seluruh **Dosen Departement Geofisika, Staf Departement Geofisika FMIPA Unhas, Staf FMIPA Unhas, Staf Laboratorium FMIPA Unhas, Staf Perpustakaan FMIPA Unhas, dan Staf Perpustakaan Umum Unhas, Jazakumolloh khoir** atas semua bantuannya.
5. Kepada **Santriwati, Tari, Sinar dan Abdi** terima kasih yang tulus meluangkan waktu untuk mengajarkan dan memberikan masukan kepada penulis serta selalu ada saat penulis butuh bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Teman-teman angkatan **MIPA 2016**.
7. Teman-teman **Fisika dan Geofisika 2016 (16NEOUS)** terima kasih untuk kebersamaannya dari Maba sampai sekarang yang telah berjuang dan menghabiskan waktu bersama di bangku kuliah. Untuk **83 orang** salam “Melangkah Bersama Semangat”.
8. Kakak-kakak Senior maupun Adik-adik Junior Fisika maupun Geofisika.
9. Teman-teman **KKN Reguler Gelombang 102 Kabupaten Bulukumba,**

Khususnya di Desa Jojjolo Kecamatan Bulukumpa yaitu: Kak Maulana, Kak Fikri, Kak Sigit, Aan, Margi, Diba, Liya, dan Dini yang sudah sebulan lebih memberikan suasana kekeluargaan, ilmu serta berbagi pengalaman dan terimakasih atas dedikasinya.

10. Teman-teman SMA-ku yaitu **IPA 4/ JUST4** di SMAN 1 Pinrang .
11. Sahabatku **Nurul Aisyah** sejak SMP sampai sekarang terimah kasih selalu ada.
12. Teman Penelitian di BMKG Bandara Sultan Hasanuddin **William** dan **Athaya** terima kasih kebersamaannya.
13. Rekan seperjuangan tugas akhir; **Santriwati, Wastriani, Erwinda, Sri Wahyuni, Fara, Wiwi, Maria, dan Nurhidayah Mulia.**

Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu terima kasih untuk semuanya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu memberikan balasan yang terbaik atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan dari semua pihak. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimilikinya penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan sarannya yang membangun dari pembaca yang dapat dijadikan bahan masukan dalam menyempurnakan skripsi ini, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, atas kekurangan dan kesalahannya penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Wabilahitaufik walhidayah Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 8 April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENUNJUK SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup.....	2
I.3 Rumusan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PENELITIAN	4
II.1 Definisi Titik Panas (<i>Hotspot</i>).....	4
II. 2 <i>El Niño Southern Oscillation</i> (ENSO).....	5
II.2.1 Definisi ENSO	5
II.2.2 Kondisi ENSO	6
II.2.3 Indikator ENSO	9
II.2.4 Dampak ENSO.....	10
II.3 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	11
II.4 <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO).....	14
II.5 Monsoon	18
II.6 Model Multiple Regression (MR)	22
II.6.1 Metode Regresi <i>Stepwise</i>	25
II.6.2 <i>Standardized Coefficient</i> (Beta).....	25

II.6.3. Signifikansi Statistik (<i>P-value</i>)	26
II.7 Verifikasi Prediksi	27
II.7.1 Korelasi <i>Pearson</i>	27
II.7.2 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
III.1 Lokasi Penelitian	30
III.2 Data Penelitian	30
III.2.1 Data Titik Panas (<i>Hotspot</i>)	31
III.2.2 Data ENSO (<i>Niño 3.4</i>).....	31
III.2.3 Data <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO)	31
III.2.4 Data Indian Ocean Dipole (IOD).....	31
III.2.5 Data <i>Monsoon</i>	31
III.3 Alat Penelitian	31
III.4 Prosedur Penelitian.....	32
III.4.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data	32
III.4.2 Tahap Pengolahan Data	32
III.5 Bagan Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
IV.1 Hasil	36
IV.1.1 Grafik Jumlah Kejadian <i>Hotspot</i> di Wilayah Asean Utara Periode Tahunan dan Bulanan (2013 - 2018).....	36
IV.1.2 Prediktor Signifikan terhadap Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>)	40
IV.1.2.1 Prediktor Signifikan terhadap Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Myanmar	40
IV.1.2.2 Prediktor Signifikan terhadap Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Thailand	42
IV.1.2.3 Prediktor Signifikan dalam Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Laos.....	43
IV.1.2.4 Prediktor Signifikan dalam Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Vietnam.....	45
IV.1.2.5 Prediktor Signifikan dalam Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Kamboja.....	46

IV.1.2.6 Prediktor Signifikan dalam Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Filiphina	48
IV.1.3 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>)	49
IV.1.3.1 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Myanmar	50
IV.1.3.2 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Thailand.....	51
IV.1.3.3 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Laos	53
IV.1.3.4 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Vietnam	54
IV.1.3.5 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Kamboja	55
IV.1.3.6 Model Pengaruh Prediktor Osean-Atmosfer terhadap Hasil Prediksi Titik Panas (Hotspot) di Wilayah Filiphina	57
IV.1.4 Diagram Tebar Data Observasi dan Data Prediksi Kejadian Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Asean Utara.....	58
IV.1.5 Verifikasi Prediksi	60
IV.2 Pembahasan.....	61
IV.2.1 Pengaruh Prediktor ENSO	61
IV.2.2 Pengaruh Prediktor MJO	62
IV.2.3 Pengaruh Prediktor IOD (Indian Ocean Dipole)	63
IV.2.4 Pengaruh Prediktor Monsoon	64
IV.2.5 Verifikasi Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>)	64
BAB V PENUTUP.....	68
V.1 Kesimpulan.....	68
V.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi dari nilai R positif	28
Tabel 2.2 Interpretasi dari nilai R negatif.....	29
Tabel 4.1 Nilai Koefisien dan Signifikan Beberapa Prediktor di Wilayah Myanmar.....	40
Tabel 4.2 Nilai Koefisien dan Signifikan Beberapa Prediktor di Wilayah Thailand	42
Tabel 4.3 Nilai Koefisien dan Signifikan Beberapa Prediktor di Wilayah Laos..	44
Tabel 4.4 Nilai Koefisien dan Signifikan Beberapa Prediktor di Wilayah Vietnam.....	45
Tabel 4.5 Nilai Koefisien dan Signifikan Beberapa Prediktor di Wilayah Kamboja.....	46
Tabel 4.6 Nilai Koefisien dan Signifikan Beberapa Prediktor di Wilayah Filiphina	48
Tabel 4.7 Tabel Metrik <i>Korelasi Pearson</i> dan RMSE Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>).....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	ENSO Pada Saat Kondisi Normal.....	6
Gambar 2.2	Pada Saat Kondisi El Nino.....	7
Gambar 2.3	Pada Saat Kondisi La Nina.....	8
Gambar 2.4	Daerah Monitoring El Nino.....	9
Gambar 2.5	Gambaran pola suhu muka laut pada saat (a) IOD positif dan (b) IOD negatif.....	13
Gambar 2.6	Fase MJO.....	16
Gambar 2.7	Diagram <i>Real Multivariate</i> MJO Index.....	18
Gambar 2.8	Gambaran pola sirkulasi angin permukaan monsun musim dingin (a) dan monsun musim panas (b).....	21
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian Titik Panas.....	30
Gambar 4.1	Grafik Jumlah Kejadian <i>Hotspot</i> di Asean Utara Tahun 2013 sampai 2018.....	36
Gambar 4.2	Grafik Jumlah Kejadian <i>Hotspot</i> Bulanan di Negara (a) Myanmar, (b) Thailand, (c) Laos, (d) Vietnam, (e) Kamboja dan (f) Filipina di Tahun 2013 sampai 2018.....	38
Gambar 4.3	Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Myanmar.....	50
Gambar 4.4	Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Thailand.....	51
Gambar 4.5	Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Laos.....	52
Gambar 4.6	Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Vietnam.....	52
Gambar 4.7	Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Kamboja.....	53
Gambar 4.8	Model Prediksi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) di Wilayah Filipina.....	54
Gambar 4.9	Diagram Tebar Hasil Prediksi Terhadap Observasi Titik Panas (<i>Hotspot</i>) dari 6 Wilayah Kawasan Asean Utara.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Observasi Kejadian Hotspot dari situs ASMC (<i>Asean Specialised Meteorological Center</i>).....	75
Lampiran 2. Data <i>Niño 3.4 El-Nino Southern Oscillation</i> (ENSO).....	77
Lampiran 3. Data <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO).....	80
Lampiran 4 . Data <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	83
Lampiran 5 . Data MONSOON.....	86
Lampiran 6. Jumlah Kejadian Titik Panas (<i>Hotspot</i>) Tahunan (2013 – 2018) di Wilayah Asean Utara.....	89
Lampiran 7. Jumlah Kejadian Titik Panas (<i>Hotspot</i>) Periode Bulanan Selama 6 Tahun (2013–2018) di Wilayah Asean Utara.....	90
Lampiran 8. Model Data Kejadian (EVE), Observasi (OBS) dan Prediksi (PRED) di Wilayah Myanmar.....	90
Lampiran 9. Model Data Kejadian (EVE), Observasi (OBS) dan Prediksi (PRED) di Wilayah Thailand.....	92
Lampiran 10. Model Data Kejadian (EVE), Observasi (OBS) dan Prediksi (PRED) di Wilayah Laos.....	94
Lampiran 11. Model Data Kejadian (EVE), Observasi (OBS) dan Prediksi (PRED) di Wilayah Vietnam.....	96
Lampiran 12. Model Data Kejadian (EVE), Observasi (OBS) dan Prediksi (PRED) di Wilayah Kamboja.....	98
Lampiran 13. Model Data Kejadian (EVE), Observasi (OBS) dan Prediksi (PRED) di Wilayah Filipina.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kebakaran hutan merupakan fenomena global yang dapat terjadi di wilayah tropis yang lembab. Berbagai faktor menjadi penyebab terjadinya kebakaran di wilayah tropis (Solichin, 2008). Kebakaran hutan umumnya baru akan dianggap sebagai masalah yang baru diperhatikan ketika telah terjadi *Transboundary Haze Pollution*. *Transboundary Haze Pollution* adalah pencemaran udara yang disebabkan karena asap yang berasal dari suatu Negara tertentu yang memasuki Negara lain / lintas batas (Puspitasari & Merdekawati, 2007). Kebakaran besar di tahun 1997 mengakibatkan pencemaran asap lintas batas di beberapa negara ASEAN yang mengganggu kesehatan dan sistem transportasi darat, laut dan udara serta menyebabkan kerugian ekonomi yang sangat besar. Sehingga pada tahun 2002 seluruh Negara anggota ASEAN menyepakati untuk menandatangani *ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution (AATHP)* di Kuala Lumpur, Malaysia yang berlaku secara resmi (*entry into force*) pada tahun 2003. Persetujuan ASEAN tentang Pencemaran Asap Lintas Batas ini diratifikasi dengan Undang-Undang Nomor 26 tahun 2014 yang mengatur tentang tindakan-tindakan yang harus dilakukan oleh seluruh negara anggota ASEAN dalam upaya pencegahan serta penanganan kebakaran hutan dan lahan (Saragih, 2017).

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menanggulangi kebakaran hutan yaitu dengan pendeteksi kebakaran dilakukan menggunakan satelit penginderaan jauh berupa titik panas (*hotspot*) (Giglio *et al.*, 2003). Titik panas (*hotspot*) adalah

indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi yang memiliki suhu relatif tinggi dibandingkan suhu sekitarnya (Permenhut, 2009). Salah satu cara untuk mengetahui kejadian kebakaran hutan/lahan dapat memanfaatkan informasi titik panas (*hotspot*) yang dipantau menggunakan satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang merupakan pengembangan dari sistem satelit ujicoba sebelumnya, TIROS-N (*Television Infrared Observation Satelit-Next generation*), mulai dikembangkan sejak tahun 1978 untuk keperluan pemantauan meteorologi. Namun di dalam perkembangannya, satelit ini juga digunakan untuk memantau kebakaran karena kemampuan sensornya (*Advanced High Resolution Radiometer-AVHRR*) memantau suhu permukaan di bumi (Solichin *et al.*, 2007)

Oleh karena itu penelitian mengenai titik panas (*hotspot*) perlu dilakukan untuk mengantisipasi kerugian-kerugian yang timbul akibat kebakaran hutan dan lahan dan juga sebagai *early warming system*. Penelitian ini berfokus pada prediksi titik *hotspot* yang ada di wilayah ASEAN Utara dengan memanfaatkan data observasi hotspot selama 6 tahun di tahun 2013 sampai dengan tahun 2018 menggunakan indeks MJO, ENSO, IOD dan MONSOON, dan *hotspot* sebelumnya sebagai data pendukung.

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi oleh analisis data prediksi titik *Hotspot* yang ada di wilayah ASEAN Utara yaitu Negara Thailand, Myanmar, Filipina, Laos, Kamboja, dan Vietnam dalam rentang waktu tahun 2013 sampai 2018 yang dipengaruhi oleh faktor osean atmosfer. Analisis model statistik yang digunakan pada penelitian ini

yaitu Metode *Multiple Regression* (MR) untuk mengidentifikasi sejumlah prediktor signifikan yang terkait dengan kejadian titik panas (*Hotspot*) di Asean Utara dan untuk mengukur kualitas keakuratan suatu model prediksi menggunakan Korelasi *Pearson* dan RMSE.

I.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana memodelkan prediksi titik panas (Hotspot) di wilayah Asean Utara dengan sejumlah prediktor signifikan menggunakan model *Multiple Regression* ?
2. Bagaimana hasil verifikasi model prediksi berdasarkan pengaruh prediktor signifikan tersebut?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk memodelkan prediksi titik panas (Hotspot) di wilayah Asean Utara dengan sejumlah prediktor signifikan menggunakan model *Multiple Regression*.
2. Untuk melakukan hasil verifikasi model prediksi berdasarkan pengaruh prediktor signifikan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Definisi Titik Panas (*Hotspot*)

Berdasarkan peraturan menteri kehutanan nomor: P.12/Menhut-II/2009 tentang pengendalian kebakaran hutan, titik panas (*Hotspot*) adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di sekitarnya. Titik panas dapat dideteksi dengan satelit NOAA, Terra/Aqua MODIS, maupun data satelit penginderaan jauh. Satelit NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) yang dilengkapi sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) berfungsi untuk memantau suhu permukaan bumi yang bekerja berdasarkan pancaran energi thermal dari objek yang diamati dari suatu area yang bersuhu 42°C (Arini, 2019). Satelit ini sering digunakan untuk pendeteksian wilayah karena salah satu sensornya yang dapat membedakan suhu permukaan di darat atau di laut. Kelebihan lain adalah seringnya satelit-satelit tersebut mengunjungi tempat yang sama dua kali sehari siang dan malam (Fire Fight South East Asia, 2002).

Hotspot yaitu hasil deteksi kebakaran hutan/lahan pada ukuran piksel tertentu (misal 1 km²) yang kemungkinan terbakar pada saat satelit melintas pada kondisi relatif bebas awan dengan menggunakan algoritma tertentu (Giglio *et al.*, 2003). Data titik panas dapat dijadikan sebagai salah satu indikator tentang kemungkinan terjadinya kebakaran, sehingga perlu dilakukan analisa, pemantauan dan terkadang perlu dilakukan cek lapangan (*ground truthing*) untuk mengetahui

apakah diperlukan tindakan penanggulangan dini khususnya pada saat musim kemarau dimana penyebaran api akan sangat cepat (Chrisnawati, 2008).

Sebuah titik panas dapat mencerminkan sebuah areal yang mungkin terbakar sebagian atau seluruhnya karena itu tidak menunjukkan secara pasti seberapa besar areal yang terbakar. Jumlah titik panas dapat sangat bervariasi dari suatu pengukuran selanjutnya tergantung dari waktu pengukuran pada hari itu (aktivitas api berkurang pada malam hari dan paling tinggi pada sore hari), cuaca (sensor yang digunakan tidak dapat menembus awan dan asap) dan organisasi apa yang memberikan data tersebut (Fire Fight South East Asia, 2002) .

II. 2 *El Niño Southern Oscillation* (ENSO)

II.2.1 Definisi ENSO

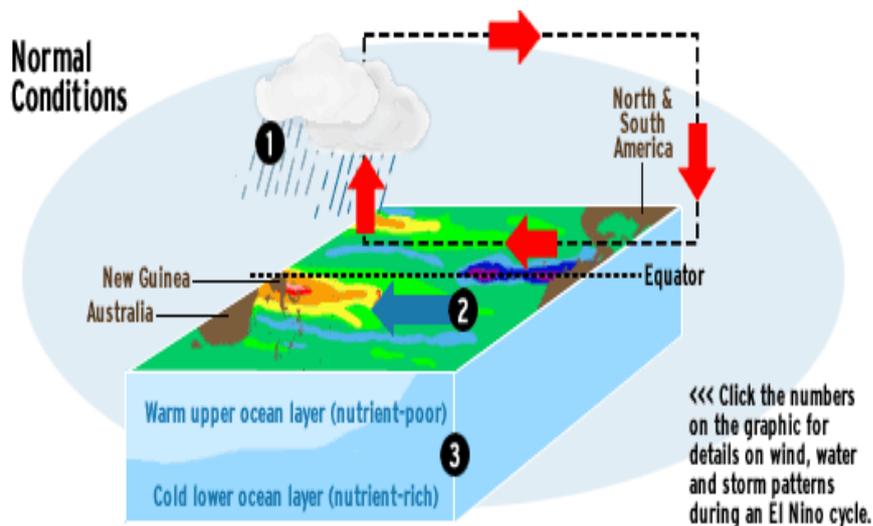
El Niño Southern Oscillation (ENSO) merupakan fenomena cuaca global yang berlangsung di wilayah ekuator samudera pasifik dan pada umumnya dikaitkan dengan adanya anomali iklim dunia (Irawan, 2006). Komponen lautan dari ENSO adalah *El Niño* dan *La Niña*, sedangkan komponen atmosfernya adalah Southern Oscillation. Pusat aktivitas ENSO berada di Samudra Pasifik yang berdekatan dengan garis ekuator. Berdasarkan beberapa kali kejadian, seringkali peristiwa *El Niño* diikuti oleh *La Niña*. *El Niño* merupakan keadaan peningkatan suhu permukaan lautan (*sea surface temperature*) dari suhu normalnya di Pasifik Ekuator timur. *La Niña* adalah kejadian berkebalikan dengan *El Niño* yakni penurunan suhu permukaan lautan di kawasan ekuator Samudera Pasifik dari suhu normalnya (Trenberth, 1997). Ketika terjadi *El Niño* maupun *La Niña*, keduanya

berasosiasi dengan *Southern Oscillation*, sehingga fenomena ini lebih dikenal sebagai ENSO.

Fenomena *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) di Indonesia telah diamati oleh Hendon (2003) yang menyimpulkan bahwa selama fasa *El Niño* Indonesia mengalami musim kering dan musim basah pada fasa *La Niña*, yang mengakibatkan anomali puncak hujan yang pada kondisi normal musim basah terjadi pada bulan Januari dan musim kering pada bulan Agustus. Besarnya anomali curah hujan di Indonesia sebesar 60% dan anomali curah hujan pada fasa *La Niña* mencapai 100% sepanjang bulan September (Aldrian, 2002).

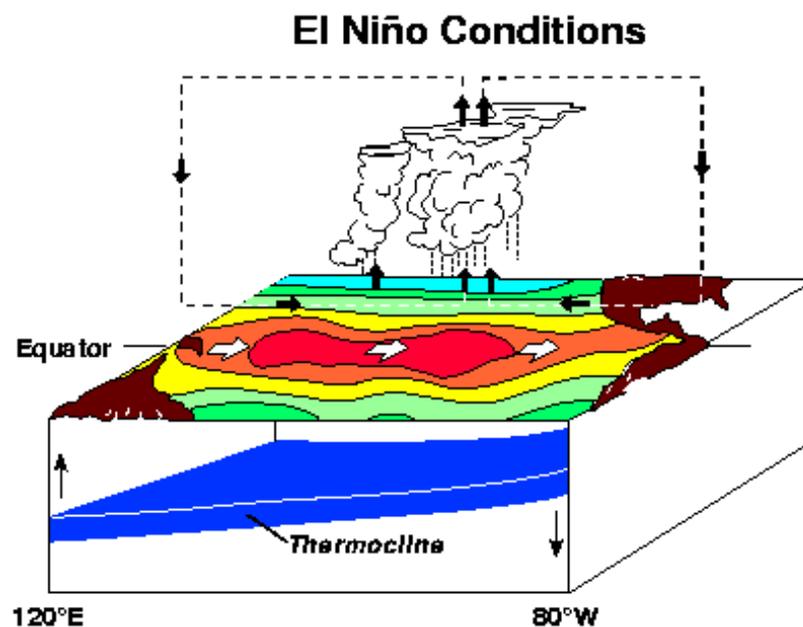
II.2.2 Kondisi ENSO

Fenomena ENSO diawali dengan kondisi normal di ekuator, kemudian laut Pasifik barat lebih panas dibandingkan dengan Pasifik timur. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh tiga faktor yaitu rotasi Bumi, daerah tropis yang berada di sekitar ekuator, dan *mixing layer*.



Gambar 2.1 ENSO Pada Saat Kondisi Normal (cbsnews, 2019)

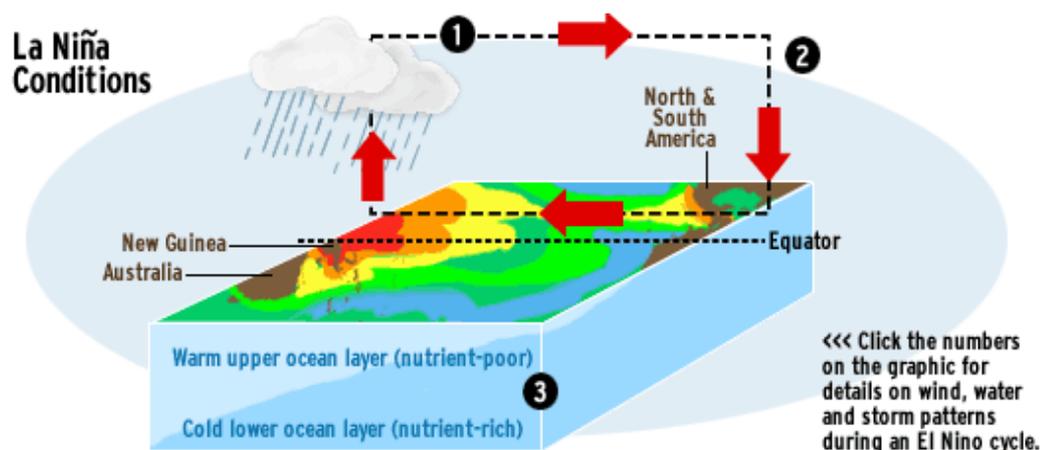
Pada saat kondisi normal, arus pasifik timur akan naik (*upwelling*). Hal ini yang normal terjadi di Samudera Pasifik dimana suhu muka laut di Pasifik barat lebih hangat dibandingkan di Pasifik timur sekitar Pantai Barat Peruarus pasifik timur akan naik (*upwelling*). Hal ini yang normal terjadi di Samudera Pasifik dimana suhu muka laut di Pasifik barat lebih hangat dibandingkan di Pasifik timur sekitar Pantai Barat Peru arus pasifik timur akan naik (*upwelling*). Hal ini yang normal terjadi di Samudera Pasifik dimana suhu muka laut di Pasifik barat lebih hangat dibandingkan di Pasifik timur sekitar Pantai Barat Peru (BOM, 2013).



Gambar 2.2 Pada Saat Kondisi El Nino (www.ucmp.berkeley.edu, 2019)

El Niño sering disebut dengan fase panas atau Warm Event di Samudra Pasifik Ekuatorial bagian Tengah dan Timur. *El Niño* diindikasikan dengan beda tekanan atmosfer antara Tahiti dan Darwin atau yang disebut Osilasi Selatan. Osilasi Selatan merupakan sistem imbalan tekanan udara yang ditunjukkan oleh tinggi (rendah) tekanan udara di Indonesia (Pasifik Ekuator Barat) dan Pasifik

Ekuator timur serta kuat/lemahnya Sirkulasi Walker (Hacker & Hastenrath, 1985). *El Niño* di tandai dengan Indeks Osilasi atau *Southern Oscillation Index* (SOI) negatif, artinya tekanan atmosfer Tahiti lebih rendah dari pada tekanan di atas Darwin. Indikator terjadinya *El Niño* ditunjukkan oleh nilai indeks osilasi selatan atau biasa disebut *Southern Oscillation Index* (SOI). Apabila terjadi *El Niño* maka nilai indeks osilasi selatan akan berada pada nilai minus dalam jangka waktu minimal 3 bulan dan sebaliknya untuk *La Niña*. Nilai SOI di kawasan Asia Tenggara berkorelasi kuat dengan curah hujan, karena itu nilai SOI merupakan indikator yang baik terhadap curah hujan di kawasan tersebut (Podbury, 1998).



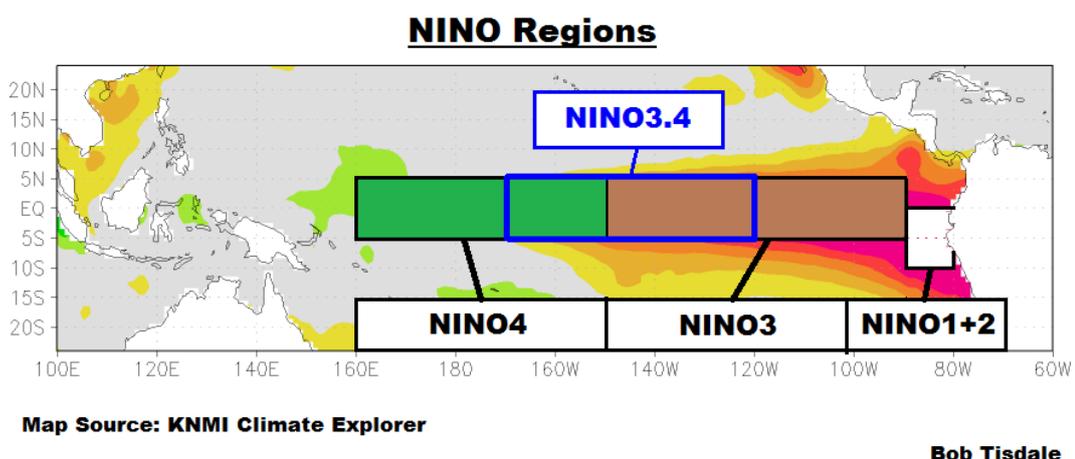
Gambar 2.3 Pada Saat Kondisi *La Nina* (cbsnews, 2019)

Dalam kondisi *La Niña*, Sirkulasi Walker meningkat dan tekanan udaranya lebih besar di Pasifik barat dan angin pasat yang lebih kuat. Ketika angin pasat menguat, genangan air hangat terbatas di Pasifik barat tropis, menghasilkan suhu permukaan laut yang lebih hangat dari biasanya di wilayah utara Australia. Suhu permukaan laut di seluruh tropis tengah dan timur Samudera Pasifik menjadi lebih dingin dari biasanya dan termoklin bergerak lebih dekat ke permukaan air dingin

dari lautan dalam ditarik ke permukaan saat upwelling menguat (Bureau of Meteorology, 2013). Fenomena *La Niña* menyebabkan curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia bertambah, bahkan sangat berpotensi menyebabkan terjadinya banjir. Peningkatan curah hujan ini sangat tergantung dari intensitas *La Niña* tersebut. Namun karena posisi geografis Indonesia yang dikenal sebagai benua maritim, maka tidak seluruh wilayah Indonesia dipengaruhi oleh fenomena *La Niña*.

II.2.3 Indikator ENSO

Sea Surface Temperatur (SST) merupakan salah satu indikator utama keberadaan penyimpangan iklim. Nilai SST menggambarkan proses interaksi antara lautan dan atmosfer. Indeks *Nino* 3.4 merupakan anomali suhu muka laut di wilayah *Nino* 3.4 atau Pasifik bagian tengah (Bureau of Meteorology, 2013) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Daerah Monitoring El Nino (Tisdale, 2015)

Secara meteorologis kejadian *El Niño* dan *La Niña* ditunjukkan oleh *Southern Oscillation Index* (SOI) dan perubahan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik (World Meteorology Organization, 1999). *Southern Oscillation* merupakan sistem imbalan tekanan udara yang ditunjukkan oleh tinggi (rendah) tekanan udara di Indonesia (Pasifik Ekuator barat) dan Pasifik Ekuator timur serta kuat/ lemahnya Sirkulasi Walker (Hacker dan Hastenrath, 1985). Nilai SOI tersebut sangat bervariasi menurut bulan atau dalam periode waktu yang lebih singkat lagi akibat perubahan perbedaan tekanan udara. Pada peristiwa *El Niño*, nilai SOI turun di bawah kisaran normal dan sebaliknya pada kejadian *La Niña*. Untuk indeks SOI dihitung dari fluktuasi perbedaan tekanan udara permukaan antara Tahiti (di Pasifik) dan Darwin, Australia (Samudera Hindia).

1. Ketika SOI positif (+) merupakan indikasi terjadinya *La Niña*. Tandanya adalah SLP (Sea Level Pressure) di daerah sekitar Darwin berada lebih rendah dari pada normalnya, sedangkan di Tahiti SLPnya lebih tinggi dibanding normalnya (Allan *et al.*, 1991).
2. Sedangkan jika indeks SOI negatif (-) merupakan indikasi terjadi *El Niño*, yang dimana kondisi SLP di Darwin lebih besar dibandingkan normalnya, sedangkan SLP di daerah Tahiti lebih rendah dibanding normalnya. Sementara kondisi SLP di Tahiti jauh lebih besar dibanding SLP di daerah timur Pasifik (Allan *et al.*, 1991)

II.2.4 Dampak ENSO

Di daerah tropis, fenomena *El Niño* dan *La Niña* biasanya menimbulkan pergeseran pola curah hujan dan perubahan temperatur udara yang mengakibatkan

terjadinya musim kemarau yang semakin panjang, kekeringan yang merangsang terjadinya kebakaran hutan di daerah yang sensitif, banjir dan meningkatnya gangguan hama dan penyakit tanaman (Irawan, 2006). Southern Oscillation Index (SOI) di kawasan Asia Tenggara dan Australia berkorelasi kuat dengan curah hujan, karena itu perubahan nilai SOI merupakan indikator yang baik bagi perubahan curah hujan di kawasan tersebut (Podbury, 1998). Jika terjadi *El Niño* atau terjadi nilai SOI negatif, maka curah hujan di kawasan tersebut dapat turun dibawah curah hujan normal, sebaliknya jika terjadi *La Niña* yang ditunjukkan oleh nilai SOI positif, dapat menimbulkan peningkatan curah hujan (World Meteorology Organization, 1999).

Fenomena iklim ekstrim ENSO memberikan pengaruh terhadap kebakaran hutan di Indonesia. Fenomena El Nino 1997/1998 telah menghancurkan lahan hutan seluas 25 juta hektar di seluruh dunia (Rowel & Moore 2001) dengan 9.75 juta hektar berasal dari kebakaran hutan di Indonesia (Tacconi, 2003). Selama periode hangat (ENSO) pola normal presipitasi tropis dan sirkulasi atmosfer menjadi terganggu. Air hangat yang abnormal di khatulistiwa di Pasifik tengah dan timur menyebabkan peningkatan kekeruhan dan curah hujan di wilayah itu, terutama selama musim dingin dan musim semi di kutub. Pada saat yang sama, curah hujan berkurang di Indonesia, Malaysia, dan Australia utara.

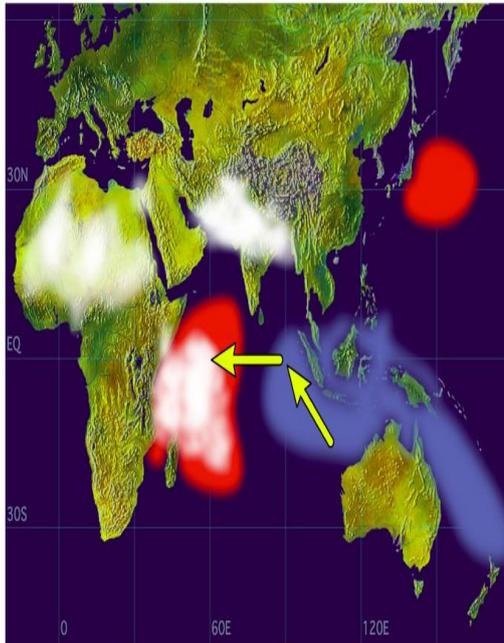
II.3 Indian Ocean Dipole (IOD)

Fenomena Dipole Mode yang didefinisikan sebagai gejala ataupun tanda-tanda naiknya suhu permukaan laut yang tidak normal di Samudera Hindia sebelah selatan India yang diiringi dengan menurunnya suhu permukaan laut tidak normal

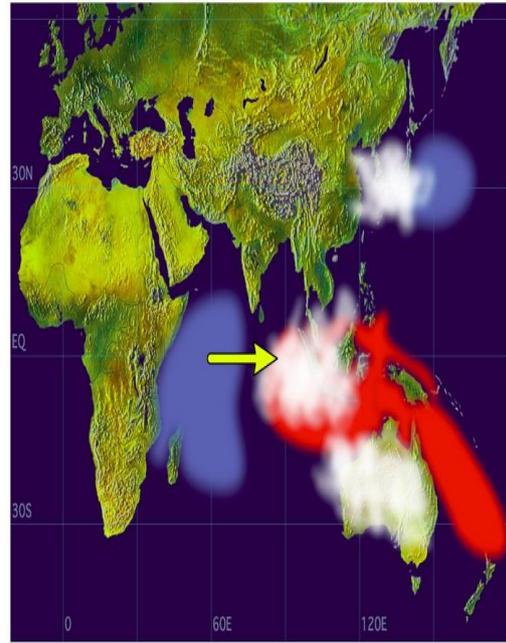
di perairan Indonesia, tepatnya di sekitar wilayah Barat Sumatera (Saji *et al.*, 2003). *Indian Ocean Dipole* (IOD) adalah gejala penyimpangan iklim yang dihasilkan oleh interaksi laut dan atmosfer di Samudera Hindia di sekitar khatulistiwa. Dengan Interaksi tersebut menghasilkan tekanan tinggi di Samudera Hindia bagian Timur (bagian Selatan Jawa dan Barat Sumatra) yang menimbulkan aliran massa udara yang berhembus ke Barat. Hembusan angin ini akan mendorong massa air di depannya dan mengangkat massa air dari bawah ke permukaan. Akibatnya, SPL di sekitar pantai Selatan Jawa dan pantai Barat Sumatera akan mengalami penurunan yang cukup drastis, sementara di dekat pantai timur Afrika terjadi kenaikan suhu permukaan laut (Kailaku, 2009).

Indikator yang digunakan untuk mengetahui kejadian IOD adalah *Dipole Mode Index* (DMI) yaitu, perbedaan anomali temperatur permukaan laut antara Bagian Barat (50° - 70° BT, 10° LU- 10° LS) dan Bagian Timur (90° - 110° BT, 0° - 10° LS) dari Samudra Hindia. Kemunculan IOD sebagai fenomena hasil interaksi atmosfer dan laut di Samudra Hindia Tropis ditandai dengan anomali suhu permukaan laut pada arah zonal (Saji *et al.*, 1999).

Positive Dipole Mode



Negative Dipole Mode



Gambar 2.5 Gambaran pola suhu muka laut pada saat (a) IOD positif dan (b) IOD negatif (sumber: jamstec.go.jp)

IOD positif terjadi ketika wilayah pantai barat Sumatera suhu permukaan lautnya bertekanan tinggi, sementara sebelah timur pantai benua Afrika suhu permukaan lautnya bertekanan rendah sehingga terjadi aliran udara dari bagian Sumatera ke bagian timur Afrika yang mengakibatkan pembentukan awan-awan konvektif di wilayah Afrika dan menghasilkan curah hujan melebihi batas normal. Sebaliknya, di wilayah Barat Sumatera terjadi kekeringan setelah massa uap airnya gagal diturunkan sebagai hujan. Selama fenomena IOD positif, suhu permukaan laut secara anomali menghangat di Samudera Hindia barat, sedangkan di bagian timur lebih dingin dari normalnya (Saji *et al.* 1999).

Perubahan pada suhu permukaan laut selama IOD terjadi terkait dengan perubahan medan angin di tengah samudera Hindia ekuator. Sehingga angin

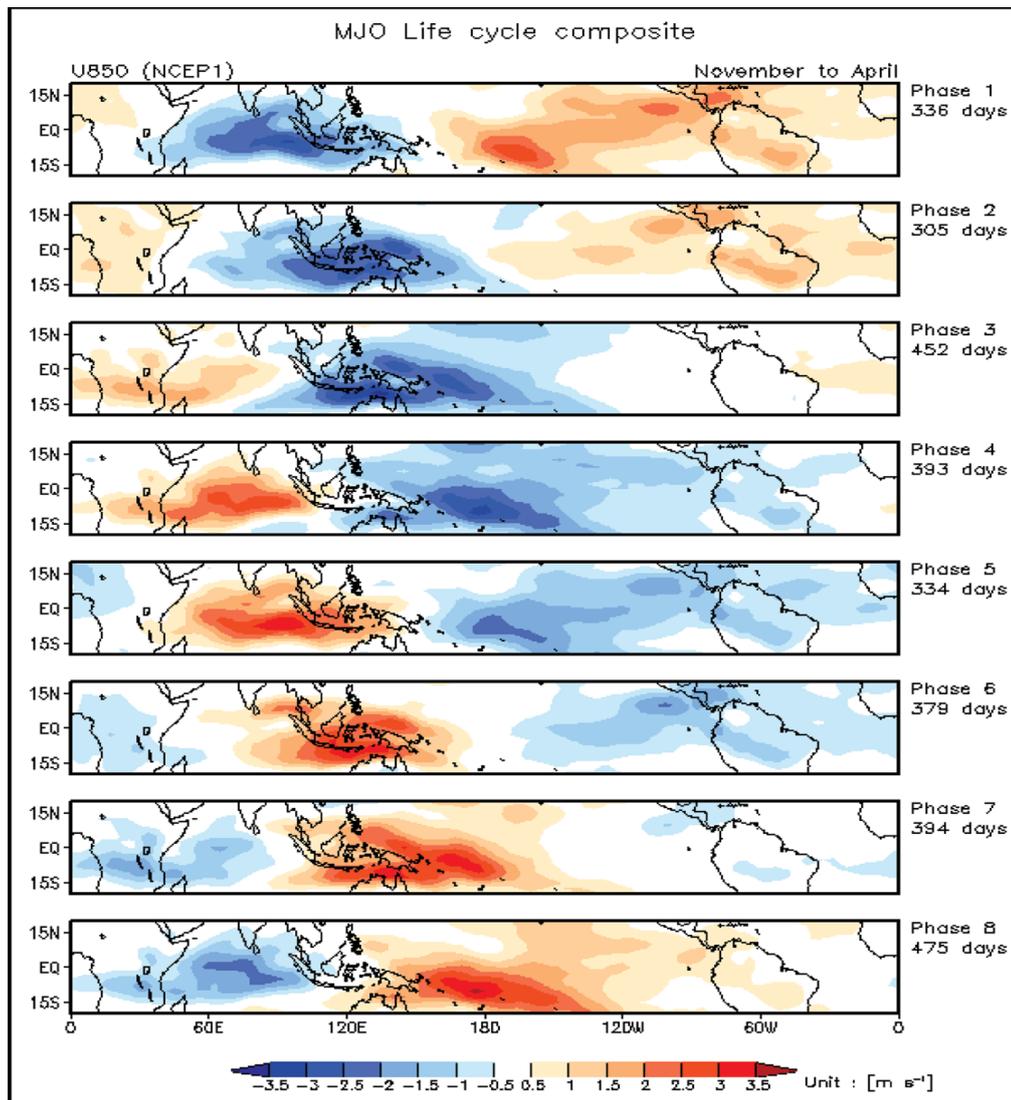
bergerak berlawanan dari biasanya barat ke timur selama IOD positif. Selain itu, proses konveksi yang biasanya terjadi di atas Samudera Hindia bagian timur yang menghangat bergerak ke arah barat. Hasil dari kondisi tersebut adalah hujan lebat di Afrika bagian timur dan meninggalkan wilayah Indonesia dengan sedikit hujan yang kemudian diikuti dengan kekeringan dan hutan yang terbakar. (Behera *et al.*, 2007).

Sebaliknya, pada saat IOD negatif, wilayah barat Sumatera termasuk Sumatera Barat mengalami surplus curah hujan dan wilayah timur Afrika mengalami kekeringan. Hal ini terjadi berdasarkan asumsi bahwa tingginya tekanan di wilayah Afrika Bagian Timur dan tekanan rendah di Bagian Barat Indonesia menyebabkan terjadinya pergerakan awan konvektif yang dibentuk di daerah Samudera Hindia dari wilayah Afrika ke wilayah Indonesia sehingga mengakibatkan tingginya curah hujan di wilayah Indonesia khususnya Indonesia Bagian Barat. Di sini terlihat adanya keterkaitan antara fenomena IOD dengan perilaku curah hujan di wilayah Indonesia Bagian Barat.

II.4 Madden Julian Oscillation (MJO)

Fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO) pertama kali ditemukan oleh Roland Madden dan Paul Julian pada tahun 1971, ketika menganalisis anomali angin zonal di Pasifik Tropis dengan menggunakan data tekanan selama 10 tahun di Pulau Canton dan data angin di lapisan atas Singapura. *Madden Julian Oscillation* merupakan osilasi/gelombang tekanan (pola tekanan tinggi-rendah) dengan periode 30-60 hari yang menjalar dari barat ke timur yaitu Samudra Hindia ke Samudra Pasifik Tengah dengan rentang daerah propagasi 15° LU– 15°

LS. Unsur yang dilibatkan dalam menganalisis MJO dapat berupa angin, *Sea Surface Temperature* (SST), perawanan, hujan dan *Outgoing Longwave Radiation* (OLR). MJO dicirikan oleh adanya penjaran proses konvektif yang dapat dilihat dengan jelas di atas Samudera Hindia hingga Samudera Pasifik (Gambar 2.6). Penjaran konvektif ini biasanya untuk pertama kali terlihat di atas Samudera Hindia bagian barat, selanjutnya menjalar ke arah timur melintasi Indonesia menuju ke Samudera Pasifik bagian barat dan tengah yang mempunyai suhu yang lebih hangat (Madden & Julian, 1971). Daerah yang dipengaruhi MJO menyebabkan temperatur muka laut meningkat, sehingga terjadi banyak penguapan air laut. Hal ini menyebabkan terbentuk awan *Super Cloud Cluster* (SCC) yang mengandung banyak uap air.



Gambar 2.6 Fase MJO (Gottschalck et al.,2005)

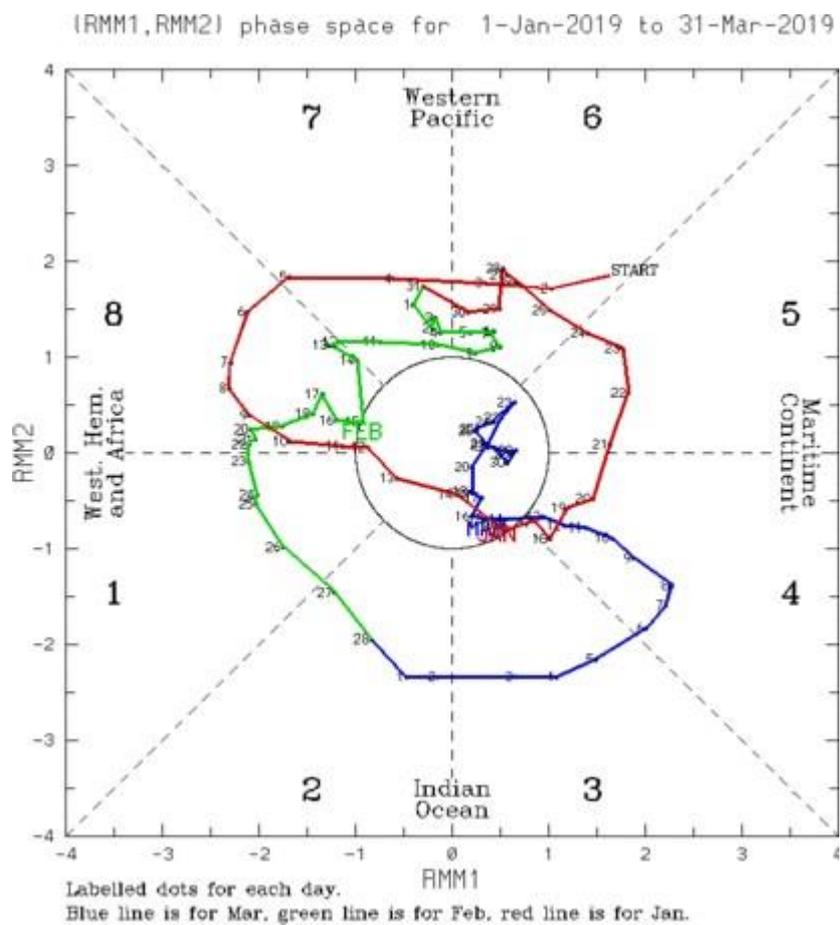
Selama penjarannya dari Samudera Hindia (barat) hingga ke Samudera Pasifik (timur), terlihat aktivitas konvektif mencapai kondisi maksimum ketika berada di Benua Maritim Indonesia kemudian secara umum menjadi kurang jelas dalam penjarannya ke arah timur menuju Samudera Pasifik bagian timur (Nugroho, 2009). MJO selama pergerakannya ke arah timur, dipengaruhi oleh posisi matahari. Ketika matahari berada di garis ekuator, MJO bergerak lurus ke arah

timur sedangkan ketika posisi matahari berada di sebelah selatan garis ekuator, maka pergerakan MJO agak bergeser ke arah selatan ekuator yang dikenal dengan sebagai penjalaran selatantimur (*south-eastern propagation*). Ketika posisi matahari berada di sebelah utara ekuator, maka pergerakan MJO agak bergeser ke arah utara ekuator, yang dikenal sebagai penjalaran utara-timur (*north-eastern propagation*) (Rui & Wang, 1990).

Prediksi MJO berbasis kepada teknik atau metode *Real Time Multivariate MJO* (RMM1 dan RMM2) yang hingga kini digunakan oleh pihak Badan Meteorologi Australia (BoM, Australia). RMM adalah nilai *Empirical Orthogonal Function* (EOF) atau komponen utama dari integrasi kecepatan angin zonal pada ketinggian 200 hPa dan 850 hPa (data re-analisis NOAA) dengan OLR yang diukur dari satelit NOAA.

Indeks RMM dibangun pertama kali oleh Wheeler and Hendon (2004) menggunakan teknik *Empirical Orthogonal Function* (EOF) untuk memisahkan periode data OLR, angin zonal 11,8 km, dan angin zonal 1,5 km. Indeks ini diplot dalam diagram fase MJO yang menunjukkan kekuatan MJO dalam setiap episode kejadian. Diagram fase ini yang ditunjukkan pada (Gambar 2.2) digunakan untuk mendefinisikan delapan fase MJO “kuat” dan kategori MJO “lemah” yang diperoleh ketika amplitude $\sqrt{\text{RMM1}^2 + \text{RMM2}^2}$ lebih dari 1 (kuat) dan kurang dari 1 (lemah). Area yang dilewati MJO meliputi kuadran 1 dan 8 di bagian barat BMI dan Afrika, kuadran 2 dan 3 di samudra Hindia, kuadran 4 dan 5 di Benua serta kuadran 6 dan 7 di Pasifik Barat (Wheeler & Hendon, 2004). Salah satu

gambar indeks RMM disajikan pada Gambar 3, dimana warna garis merah, biru, dan hijau menunjukkan bulan berbeda. Titik yang berpotensi terjadi MJO ditunjukkan oleh titik yang berada di luar lingkaran. Sedangkan MJO melemah apabila titik berada di dalam lingkaran.



Gambar 2.7 Diagram Real Multivariate MJO Index (sumber:bom.gov.au/mjo)

II.5 Monsoon

Dalam buku *Glossary of Meteorology. American Meteorological Society-1980* menyatakan bahwa *monsoon* adalah semula digunakan untuk menamakan angin laut Arab yang dalam setahun bertiup berganti arah, enam bulan dari arah timur

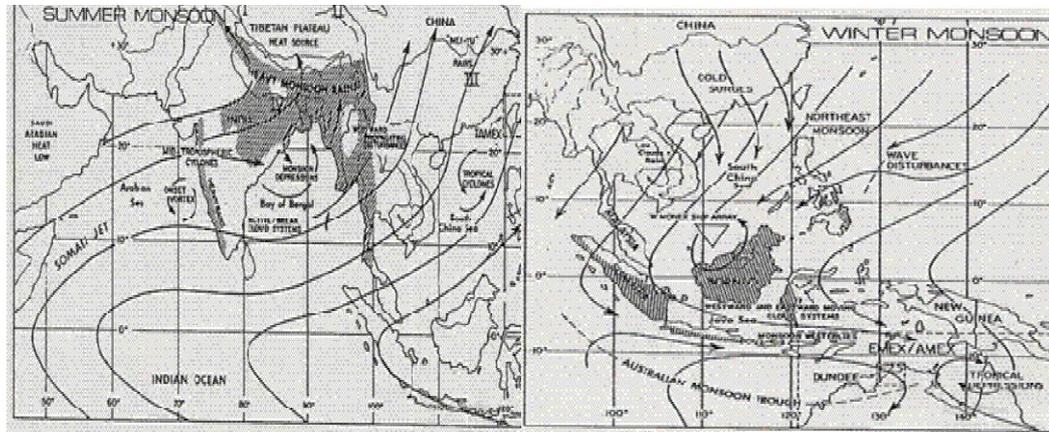
laut dan enam bulan lainnya dari arah tenggara. Bergantiannya arah tiupan ini diakibatkan oleh perbedaan tekanan baik di darat maupun di laut, ketika terjadi musim panas atau musim dingin. Namun, dalam kalangan meteorologi, kata Monsun (dalam bahasa Inggris ditulis “*monsoon*”) digunakan untuk istilah nama angin dan fenomena-fenomena terkait yang setengah tahun berganti. Monsun merujuk pada siklus tahunan yang membedakan secara tegas keadaan atmosfer selama fase kering dan fase basah. Siklus tahunan ini membagi fase kering dan fase basah menjadi dua periode. Fase kering dipengaruhi oleh musim dingin yang terjadi di berbagai benua dengan massa udara di atmosfer yang bersifat dingin dan kering. Sebaliknya, fase basah dipengaruhi oleh musim panas dengan udara yang bersifat lembab. (Webster *et al.*, 1998). Daerah monsun meliputi wilayah yang dibatasi dengan lintang 35°LU – 25°LS dan bujur 30°BB – 170°BT. (Ramage, 1971). Wilayah tersebut mencakup sebagian Afrika, seluruh India, sebagian Asia (Asia bagian timur dan selatan), Indonesia, sebagian Australia (Australia bagian utara).

Chao *et al.*, (2001) mengemukakan bahwa monsun adalah perbedaan tegas awal musim basah (hujan) dan musim kering (kemarau) karena perubahan arah dan kecepatan angin akibat gradient tekanan. Monsun Asia dipengaruhi oleh WNPMI (*Western North Pacific Monsoon Index*) dan ISMI (*Indian Summer Monsoon Index*). Sedangkan monsun Australia dipengaruhi oleh AUSMI (*Australia Monsoon Index*).

Ramage (1971) juga menyatakan bahwa ada dua sistem monsun di Asia, yaitu Monsun Musim Dingin Asia Timur (*the East Asian Winter Monsoon*) atau angin

monsun barat Asia yang dikenal juga dengan sebutan monsun Asia dan Monsun Musim Panas Asia Selatan (*the South Asian Summer Monsoon*) atau angin monsun timur yang dikenal juga dengan sebutan monsun Australia. Angin monsun barat atau monsun Asia yang berlangsung sekitar bulan Oktober sampai April. Pada saat ini matahari berada di belahan bumi selatan yang menyebabkan Benua Australia mengalami musim panas sehingga bertekanan rendah. Sedangkan Benua Asia lebih dingin sehingga bertekanan tinggi. Menurut hukum Buys Ballot, angin akan bertiup dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Sehingga angin akan bertiup dari benua Asia menuju ke benua Australia, karena menuju ke Selatan ekuator maka angin akan dibelokkan ke arah kiri. Angin ini melewati lautan luas di bagian utara samudera Pasifik dan Laut Cina Selatan dengan membawa banyak massa uap air sehingga menyebabkan di Indonesia akan mengalami musim hujan.

Sedangkan angin monsun timur atau monsun Australia adalah angin yang berlangsung sekitar bulan April sampai Oktober. Pada saat ini matahari berada di belahan bumi utara, sehingga menyebabkan benua Australia mengalami musim dingin dan bertekanan tinggi. Sedangkan benua Asia lebih panas dan bertekanan rendah. Angin akan bertiup dari benua Australia menuju benua Asia. Karena menuju ekuator maka angin akan dibelokkan ke arah kanan. Pada periode ini Indonesia akan mengalami musim kemarau akibat angin tersebut melalui gurun pasir di bagian utara Australia yang kering dan hanya melalui lautan sempit (Ramage,1971).



Gambar 2.8 Gambaran pola sirkulasi angin permukaan monsun musim dingin (a) dan monsun musim panas (b) (Johnson & Houze, 1987).

Pola sirkulasi angin permukaan utama pada skala sinoptik yang mempengaruhi sistem perawanan dan presipitasi di Indonesia dan sekitarnya saat monsun musim dingin belahan bumi selatan (SWM : *Southern hemispherical Winter Monsoon*). Periode monsun musim dingin belahan bumi selatan ini bersesuaian dengan monsun musim panas belahan bumi utara (*northern hemispherical summer monsoon*) (Johnson & Houze, 1987).

Sedangkan gambaran umum pola sirkulasi angin permukaan periode monsun musim panas belahan bumi selatan (SSM : *Southern Summer Monsoon*), yang nama lainnya adalah monsun musim dingin belahan bumi utara (NWM : *Northern Winter Monsoon*), bersesuaian dengan periode DJF (Desember, Januari, Februari) dapat dilihat pada gambar (b). Pada gambar (b) pola sirkulasi angin permukaan utama pada skala sinoptik yang mempengaruhi sistem perawanan dan presipitasi di Indonesia dan sekitarnya saat monsun musim dingin belahan bumi

utara (NWM : *Northern hemispherical Winter Monsoon*). (Johnson and Houze, 1987).

II.6 Model Multiple Regression (MR)

Secara umum metode regresi digunakan untuk meramalkan nilai harapan yang bersyarat. Persamaan regresi adalah persamaan matematika yang dapat digunakan untuk meramalkan suatu variabel terikat (dependen atau prediktan) yang berasal dari satu atau lebih variabel bebas (independen atau prediktor). Persamaan regresi juga menggambarkan hubungan antara variabel-variabel yang ada di dalamnya. Nilai variabel terikat dinyatakan dengan konotasi Y dan nilai variabel bebas dinyatakan dengan konotasi X. Regresi dikatakan linier, apabila hubungan antara variabel bebas dan variabel terikatnya adalah linier. Regresi dikatakan non linier, apabila hubungan antara variabel bebas dan variabel terikatnya tidak linier (Kutner *et al.*, 2004).

Regresi linier adalah metode statistik yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat dengan satu atau lebih variabel bebas. Ketika variabel bebas hanya satu, maka regresi linier disebut sebagai regresi linier sederhana. Sedangkan jika variabel bebas berjumlah lebih dari satu, maka regresi linier disebut sebagai regresi linier berganda atau *Multiple Regression (MR)*. Analisis regresi linier mempunyai banyak kegunaan, antara lain sebagai tujuan deskripsi dari fenomena data atau kasus yang sedang diteliti, tujuan pengendalian dan tujuan prediksi. Regresi mampu mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifatnya numerik. Regresi juga dapat digunakan untuk melakukan pengendalian atau kontrol terhadap suatu kasus atau

hal-hal yang sedang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh. Selain itu, model regresi juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi untuk variabel terikat. Namun yang perlu diingat, prediksi di dalam konsep regresi hanya boleh dilakukan di dalam rentang data dari variabel-variabel bebas yang digunakan untuk membentuk model regresi tersebut (Kutner *et al.*, 2004).

Multiple Regression (MR) dapat dirumuskan sebagai berikut (Kutner *et al.*, 2004):

Dimana :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 \dots \dots \dots b_nX_n \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- Y : Variabel Terikat / Hasil Regresi (*Hotspot*)
- X_n : Variabel Bebas / Prediktor
- $b_1, b_2, b_3, b_4, \dots b_n$: Koefisien Regresi
- a : Konstanta
- X_1 : Prediktor *El Niño Southern Oscillation* (ENSO)
- X_2 : Prediktor *Madden Julian Oscillation* (MJO)
- X_3 : Prediktor *Indian Ocean Dipole* (IOD)
- X_4 : Prediktor Monsun

Untuk menentukan nilai a, b_1, b_2, b_3, b_4 digunakan metode kuadrat terkecil (*Least Square*) dapat dirumuskan sebagai berikut (Kutner *et al.*, 2004):

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\bar{X}_3 = \frac{\sum X_3}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\bar{X}_4 = \frac{\sum X_4}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_2 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$b_2 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$b_3 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$b_4 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - b_3 \bar{X}_3 - b_4 \bar{X}_4 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4$: Jumlah Rata-rata Variabel Bebas / Prediktor(ENSO, MJO, IOD, Monsun)

\bar{Y} : Jumlah Rata-rata Variabel Terikat (*Hotspot*)

N : Jumlah Data

a : Konstanta

II.6.1 Metode Regresi *Stepwise*

Regresi *stepwise* adalah salah satu metode untuk mendapatkan model terbaik dari sebuah analisis regresi. Secara definisi adalah gabungan antara *forward selection* atau seleksi maju dan *backward elimination* atau eliminasi mundur, variabel yang pertama kali masuk adalah variabel yang korelasinya tertinggi dan signifikan dengan variabel terikat, variabel yang kedua adalah variabel yang korelasi parsialnya tertinggi dan masih signifikan, setelah variabel tertentu masuk ke dalam model maka variabel lain yang ada di dalam model dievaluasi, jika ada variabel yang tidak signifikan maka variabel tersebut dikeluarkan. Metode *stepwise* memilih peubah berdasarkan korelasi parsial terbesar dengan peubah yang sudah masuk dalam model. Peubah penjelas yang sudah masuk dalam model dapat saja dikeluarkan lagi (Hanum, 2011). Metode *stepwise* bertujuan untuk memilih model langkah demi langkah atau menghapus satu prediktor berdasarkan signifikan statistik. Hasil dari proses ini adalah model regresi tunggal (Wang dan Chen, 2016).

II.6.2 *Standardized Coefficient* (Beta)

Dalam statistik, *standardized coefficient* (beta) juga disebut koefisien beta atau bobot beta, adalah perkiraan yang dihasilkan dari analisis regresi yang telah distandarisasi sehingga varian dari variabel dependen dan independen yang sama dengan 1. Oleh karena itu, koefisien standar mengacu pada jumlah standar deviasi

yang variabel dependennya akan berubah setiap kali standar deviasi dari variabel dependen meningkat. Standarisasi koefisien biasanya digunakan untuk menjawab pertanyaan variabel independen mana yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap variabel dependen dalam analisis regresi berganda. Untuk regresi linear sederhana dengan prediktor ortogonal, koefisien regresi standar sama dengan korelasi antara variabel independen dan variabel dependen (Vittinghoff *et al*, 2005). Umumnya, koefisien terstandarisasi mencerminkan hubungan antara variabel prediktor dan observasi setelah mengonversi kedua skor-z, dimana bobot beta bervariasi antara -1 dan +1 (Landis, 2005).

II.6.3. Signifikansi Statistik (*P-value*)

Konsep "signifikansi statistik", biasanya dinilai dengan indeks yang disebut sebagai nilai-p atau p-value yang biasa digunakan, mulai dari peningkatan kuantitas dan kompleksitas data dalam penelitian ilmiah terbaru (Nahm, 2017). Adapun, Pilihan tingkat signifikansi yang paling umum dalam praktik adalah 0,05 (tingkat signifikansi 5%) dan 0,01 (tingkat signifikansi 1%) (Sugiharto, 2009). Tetapi nilai yang lebih sering digunakan adalah nilai-p $\leq 0,05$, sehingga semua hasil komputasi yang menghasilkan statistik $p \leq 0,05$ akan diberi label "signifikan." Istilah signifikan menunjukkan makna perbedaan atau hubungan yang diuji terjadi bukan karena eror random atau karena kebetulan saja. Kecilnya nilai-p menunjukkan makna resiko keputusan untuk mengakui adanya perbedaan atau hubungan tersebut, bukan intensitasnya. Sebaliknya, tidak peduli berapapun harga statistik yang diperoleh kalau ternyata $p > 0,05$, maka harus dinyatakan

“tidak signifikan,” dan harga statistiknya dinyatakan sebagai terjadi karena kebetulan yang karenanya harus diabaikan (Azwar, 2005).

II.7 Verifikasi Prediksi

Verifikasi adalah proses menilai kualitas suatu prediksi (*forecast*). Dalam proses ini, suatu hasil prediksi dibandingkan dengan nilai pengamatan/observasi. Sebelumnya, perlu dilakukan secara kualitatif dengan menampilkan gambar-gambar hasil prediksi dengan nilai observasi (*data*). Pengertian kualitatif di sini adalah untuk melihat kesesuaian (*visual-“eyeball”*) antara hasil prediksi dan observasi. Kita juga dapat membandingkan hasil prediksi secara kuantitatif dengan menentukan akurasi model sekaligus kesalahannya dalam memprediksi dengan menggunakan seperangkat formulasi matematik. Ada 3 (tiga) alasan utama mengapa sebuah verifikasi dilakukan. Pertama, untuk memantau (*monitor*) akurasi prediksi dan apakah prediksi itu semakin lama semakin baik. Kedua, untuk meningkatkan (*improve*) kualitas prediksi. Hal ini bisa dimulai dengan menyelidiki kesalahan apa yang telah kita lakukan ketika memprediksi. Ketiga untuk membandingkan (*compare*) hasil-hasil prediksi beberapa model dalam memprediksi besaran/fenomena yang sama. Dari hasil perbandingan ini, kita akan menemukan model yang unggul dibanding model-model lainnya dan mengetahui letak/alasan keunggulan model tersebut (Halide, 2009).

II.7.1 Korelasi *Pearson*

Korelasi *pearson* adalah suatu bentuk rumus yang digunakan untuk mencari dan mengukur kemampuan asosiasi atau hubungan linear antara dua variabel yaitu

variabel bebas (Independen) dan variabel terikat (dependen). Koefisien korelasi dinyatakan dalam (Halide, 2009) :

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2\} \{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan:

n = jumlah data

R = koefisien korelasi antara data observasi dan data prediksi

x_i = data observasi

y_i = data prediksi

Korelasi digunakan untuk menyatakan hubungan variabel satu terhadap variabel yang lainnya yang dinyatakan dalam persen. Berikut adalah tabel klasifikasi interpretasi nilai r (Wilks, 2006) :

Tabel 2.1 Interpretasi dari nilai R positif

R	Interpretasi
0	Tidak Berkorelasi
0.01 s/d 0.20	Sangat Rendah
0.21 s/d 0.40	Rendah
0.41 s/d 0.60	Agak Rendah
0.61 s/d 0.80	Cukup
0.81 s/d 0.99	Tinggi
1	Sangat Tinggi

Tabel 2.2 Interpretasi dari nilai R negatif

R	Interpretasi
0	Tidak Berkorelasi
-0.01 s/d -0.20	Sangat Rendah
-0.21 s/d -0.40	Rendah
-0.41 s/d -0.60	Agak Rendah
-0.61 s/d -0.80	Cukup
-0.81 s/d -0.99	Tinggi
1	Sangat Tinggi

II.7.2 Root Mean Square Error (RMSE)

Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) diperoleh dengan cara menghitung nilai akar dari rata – rata kuadrat dari nilai kesalahan yang menggambarkan selisih antara data observasi dengan nilai hasil prediksi. Dapat di hitung dengan persamaan (Halide, 2009) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan:

X_i = Data observasi

Y_i = Data prediksi

n_i = Jumlah data