

Skripsi Geofisika

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER ATMOSFER TERHADAP
PENGUNAAN PUPUK PADI DI MAROS DAN PANGKAJENE
KEPULAUAN**



**OLEH:
HERALDO CHRESTO SARANGA
H061181321**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

HALAMAN JUDUL

**Analisis Pengaruh Parameter Atmosfer Terhadap Penggunaan Pupuk Padi
di Maros dan Pangkajene Kepulauan**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH:

HERALDO CHRESTO SARANGA

H061181321

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER ATMOSFER TERHADAP
PENGUNAAN PUPUK PADI DI MAROS DAN PANGKAJENE
KEPULAUAN**

Disusun dan diajukan oleh:

HERALDO CHRESTO SARANGA

H061 181321

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 17 November 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,

Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.sc
NIP. 196303151987101001

Dr. Erfan Syamsuddin, M. Si.
NIP. 196709032001121001

Ketua Departemen Geofisika,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heraldo Chresto Saranga
NIM : H061181321
Program Studi : Geofisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**“Analisis Pengaruh Parameter Atmosfer Terhadap Penggunaan Pupuk Padi
di Maros dan Pangkajene Kepulauan”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 17 November 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Heraldo Chresto Saranga

ABSTRACT

Maros and Pangkajene Kepulauan are the largest rice contribution in South Sulawesi. One of the efforts to maximize rice productivity is by fertilizing. This study uses Multiple Regression (MR) analysis with the Stepwise Method then verified with Pearson correlation, stocking diagram and RMSE value to determine the effect of atmospheric parameters on the use of rice fertilizer. The results showed that the variables that significantly influence the use of rice fertilizer in Maros are that; predictive models for the use of significant variable urea fertilizers, namely IODMAM, TEMPMAM, CHJJA, CHSON, ENSODJF, MONMAM and MONSON with Pearson correlation test values of 0.98 and RMSE 167 tons; The significant variable Za Fertilizer is TEMPSON with a test value of 0.529 and RMSE 587 tons; Fertilizer SP-36 significant variables, namely TEMPMAM and TEMPJJA with Pearson correlation test values of 0.722 and RMSE 409 tons; The significant variable NPK fertilizers are TEMPDJF with a test value of 0.71 and RMSE 597 tons; and significant variable organic fertilizer, namely CHJJA with a Pearson correlation test value of 0.41 and RMSE 356 tons. Meanwhile, the prediction model for the use of rice fertilizer in Pangkajene Kepulauan Regency, it was found that; the prediction model for the use of significant variable urea fertilizer, namely TEMPSON with a Pearson correlation test value of 0.779 and RMSE 1310 tons; Fertilizer Za significant variables, namely IODJJA, CHJJA and CHSON with a test value of 0.667 and RMSE 593; Fertilizer SP-36 significant variables, namely TEMPSON and CHJJA with a test value of 0.588 and RMSE 632 tons; The significant variable NPK fertilizers are TEMPSON with a test value of 0.737 and RMSE 637 tons; and significant variable organic fertilizers namely TEMPMAM and CHSON with a test value of 0.611 and RMSE 844 tons.

Keywords: Use of Rice Fertilizer, Stepwise, Atmospheric Parameters, Maros, Pangkajene Kepulauan

KATA PENGANTAR

Shalom Aleichem. Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas begitu besar kasih karunia dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan tugas akhir. Proses penyelesaian skripsi tidak lepas dengan berbagai dinamika tantangan serta rintangan yang diakibatkan keterbatasan dan kelemahan penulis tetapi Tuhan tidak akan memberikan cobaan melebihi kemampuanmu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: **“Analisis Pengaruh Parameter Atmosfer Terhadap Penggunaan Pupuk Padi di Maros dan Pangkajene Kepulauan”** yang merupakan suatu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orangtua terkasih: **Bapak Alex Buntu Saranga, S.Kom** dan **Ibu Herty Parandan, S.Th** yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan dan memberi cinta kasih yang tak henti-hentinya kepada penulis hingga pada detik ini. Serta kepada kakek dan nenek terkasih **Paulus Parandan** dan **Martha Pabesak** yang senantiasa memberikan nasihat serta dukungan kepada penulis. Semoga Tuhan Yesus senantiasa memberkati orangtua dengan damai sejahtera, kesehatan, kekuatan dan ketabahan hati serta cinta kasih. Selain itu ucapan terima kasih juga diberikan kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** selaku dosen Pembimbing Utama dalam penulisan skripsi ini. Terima kasih atas nasihat, ilmu dan kepercayaan dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, saran-saran, dan ilmu sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Muh. Hamzah, S.Si, MT** dan Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si** selaku Tim Penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak **Ir. A. Oddang**, selaku Kepala Seksi Pupuk dan Pestisida di Dinas Ketahanan Pangan, Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Sulawesi Selatan yang telah memberikan data penggunaan pupuk padi di Maros dan Pangkajene Kepulauan.
5. Ibu **Makhrani, S.Si., M.Si** selaku Penasihat Akademik yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran dan arahan dalam persoalan akademik selama masa perkuliahan penulis.
6. Segenap **Dosen Pengajar** Departemen Geofisika yang telah membagikan ilmu serta memberi bimbingan kepada penulis selama perkuliahan.
7. Segenap **Staf FMIPA UNHAS, Staf Departemen Geofisika, Staf Laboratorium, Staf Perpustakaan FMIPA UNHAS dan Staf Perpustakaan Umum** atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Bapak **Dian Yudha Risdianto, S.T., M.T** selaku kepala BPAA Pasuruan yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama Kerja Praktik.

9. Mba **Laily Fajarwati, S.ST** selaku pembimbing yang senantiasa mendampingi penulis dan selama Kerja Praktik di LAPAN Pasuruan.
10. Segenap **Staf Kelurahan Penanian** dan **Kelurahan Rantepao** yang telah membimbing dan mendampingi pada saat Kuliah Kerja Nyata.
11. Teman-teman **Kalem Squad** Inul, Bonca, Fira, Sri, Ayu, Irma dan Klomang yang telah menjadi keluarga dari maba hingga saat ini, selalu ada disaat suka dan duka serta saling memahami dan mengerti satu sama lain.
12. Kepada **Dwi Eunike Sarampang** yang telah memberikan semangat, bantuan dan perhatian kepada penulis selama perkuliahan dan penyelesaian skripsi.
13. Saudara tak sedarah Penulis **HIMAFI 2018, Iis, Jihan, Fya, Ainul, Zefa, Jojo, Marni, Irma, Fira, Wilda, Sri, Fhaika, Aini, Ilmi, Acam, Dena, Nunu, Vika, Yesi, Wibu, Geby, Milen, Suci, Mute, Nilam, Onding, Nisa, Yen, Juni, Kiki, Epe, Ayu, Ocha, Windy, Sheren, Dhea, Fina, Fiskah, Chana, Feni, Risda, Uli, Kutir, Sari, Firda, Cunni, Yuyun, Cica, Aqila, Angela, Azmi, Aulia, Dede, Justin, Hadi, Patan, Tater, Mulyanto, Hasnan, Ipul, Uci, Azlan, Sarwan, Wawan, Pian, Agung, Komang, Masdar, Yusran, Yansen, Syahrul, Indra, Slengos, Rana, Izzah, Afni, Dilla, Yusril dan Fauzan.** Terima kasih telah berproses bersama Penulis selama masa perkuliahan, **“Jayalah HIMAFI Fisika Nan Jaya”** dan tetap **“Satu Tekad Taklukkan Waktu”**
14. Teman-teman **MIPA 2018**, khususnya kawan seperjuangan **Pengurus BEM FMIPA Unhas Periode 2021/2022, Jalil, Dede, Alif, Milen, Chand, Lutfi, Andri, Yusuf, Zefa, El, Icha, Pitto, Ninis, Geby, Wilda, Juni, Uci, Ardi,**

Azlan, Ipul, Syahrul, Kido, Onding, Marni, Wildawati, Umar, Hasnan, Aldo, Fina, Maya, Aqila, Acam, Justin, Inul, Agung, Farhan, Komang, Ail, Sarwan, Wawan, Iis, Nunu, Sheren, Shamad, Ishak, Cilla, Firda, Spaer, Jojo, Yaya, Nasmah, Afni, Yuyun, Syara, Snufkin, Nando, Calli, Ana, Dena, Esri, Fira, Isa, Jihan, Fya, Marsya, Vivi, Ilmi, dan Vika. Terima kasih atas kebersamaannya dari Maba hingga saat ini, salam “**Use Your Mind Be The Best**” dan “**Takkan Pudar**”.

15. Teman-teman angkatan **Geofisika 2018** atas waktu yang telah dilalui bersama sejak maba hingga harus berpisah satu dengan yang lain demi mimpi dan cita-cita masing-masing.
16. Terima kasih pada **Kakak MIPA 2015** selaku Pengurus BEM Penulis, **Kakak HIMAFI 2016** selaku Pengurus Himpunan Penulis, dan **Kakak HIMAFI 2017** selaku Panitia yang telah banyak mengajarkan hal baik pada Penulis.
17. Adik-adik **HIMAFI-HMGF 2019** tetap “**Bangkit dan Buktikan**”, adik-adik **T20POSFER** tetap “**Bersama Satukan Langkah**”, adik-adik **MIPA 2021** tetap “**Satu Asa Nyala Bersama**” dan adik-adik **A21MUTH** tetap “**Kuat Kita Bersama**”.
18. Teman-teman **Kristen 2018** dan kakak-kakak, teman-teman, dan adik-adik **GMKI Komisariat FMIPA UNHAS** yang menemani penulis dalam pelayanan.
19. Teman-teman **Pace Squad** yang menjadi teman *push rank* dari Maba hingga saat ini.

20. Teman-teman **Koser** Kido, Junaidi, Ica, Pitto, Vivi yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
21. Teman-teman **Sektor Abg Bontoramba** Oppe, Maji, Ucil, Gembul, Miring, Babang, Caplin, Alkin, Allo dan Yeris yang telah mengajarkan makna sejauh apapun kau pergi tempatmu pulang adalah rumah.
22. Teman-teman **RUREZ** Reza, Duta, Palli, Miring, Gembul, Appong, Babang, Ucil dan Allo yang telah menjadi teman push turun penulis.
23. Kak **Suri** dan **Pace** yang telah memberikan nutrisi kepada penulis semasa perkuliahan.
24. Kanda **Epifania Sude, S.Si** dan **Adhe Pratiwi, S.Si** yang telah membagikan ilmu dan memberikan saran dalam tugas akhir ini.
25. Segenap **Keluarga Besar** yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan mendorong penulis untuk tidak lengah menyelesaikan perjalanan ini.

Serta segenap pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu terima kasih atas kebaikan hatinya. Sungguh, skripsi ini tidak dapat selesai jika hanya campur tangan penulis saja. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi segenap pembaca. Mengingat keterbatasan penulis sebagai manusia biasa, maka kritik dan saran akan sangat membantu untuk mengembangkan kemampuan penulis di kemudian hari. Kiranya Tuhan memberkati kita semua. *Shalom*.

Makassar, November 2022

Heraldo Chresto Saranga

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
SARI BACAAN	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Ruang Lingkup	5
I.4 Tujuan Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1 Pertanian Padi di Indonesia	7
II.2 Topografi Wilayah Maros dan Pangkajene Kepulauan.....	8
II.3 Pemupukan	11
II.3.1 Pupuk Anorganik	11
II.3.2 Pupuk Organik	12
II.4 Parameter Atmosfer	13
II.4.1 Temperatur.....	13
II.4.2 Curah Hujan.....	14
II.4.3 Angin Munson	15
II.4.4 <i>El Niño-Southern Oscillation</i> (ENSO)	16
II.4.5 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	19
II.5 Analisis <i>Multiple Regression</i> (MR) Metode Stepwise	21
II.6 Verifikasi Model Prediksi.....	23
II.6.1 Korelasi Pearson dan RMSE.....	23
II.6.2 Diagram Sebaran.....	26

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	27
III.1	Alat dan Bahan	27
III.1.1	Alat.....	27
III.1.2	Bahan	27
III.2	Prosedur Penelitian	28
III.2.1	Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data.....	28
III.2.2	Tahap Pengolahan Data	28
III.3	Bagan Alir	30
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
IV.1	Hasil.....	31
IV.1.1	Grafik Penggunaan Pupuk Padi Di Kabupaten Maros Dan Kabupaten Pangkajene Kepulauan Tahun 2001-2020	31
IV.1.2	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkajene Kepulauan Tahun 2001-2020.....	33
IV.1.2.1	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Maros Tahun 2001-2020	34
IV.1.2.2	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Pangkajene Kepulauan Tahun 2001-2020.....	47
IV.1.3	Verifikasi Model Prediksi.....	59
IV.1.3.1	Verifikasi Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkajene Kepulauan dengan Korelasi Pearson dan Kesalahan RMSE.....	59
IV.1.3.2	Verifikasi Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkajene Kepulauan dengan Diagram Tebar	62
IV.2	Pembahasan	67
IV.2.1	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Urea di Maros	67
IV.2.2	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Za di Maros	70
IV.2.3	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi SP-36 di Maros.....	71
IV.2.4	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi NPK di Maros.....	72
IV.2.5	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Organik di Maros.....	72
IV.2.6	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Urea di Pangkep	73
IV.2.7	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Za di Pangkep	73
IV.2.8	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi SP-36 di Pangkep	74
IV.2.9	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi NPK di Pangkep	75
IV.2.10	Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Organik di Maros.....	76

IV.2.11 Verifikasi Model Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Maros	77
IV.2.12 Verifikasi Model Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Pangkajenen Kepulauan	78
BAB V PENUTUP	80
V.1 Kesimpulan.....	80
V.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Wilayah Kabupaten Maros [21].....	9
Gambar 2.2 Peta Wilayah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan [23]	10
Gambar 2.3 Skema (a) angin munson barat (b) angin munson timur [39].....	15
Gambar 2.4 Skema fase ENSO Netral [44].....	17
Gambar 2.5 Skema fase El Niño [44].....	18
Gambar 2.6 Skema fase La Niña [44]	18
Gambar 2.7 Skema peristiwa (a) IOD Positif; (b) IOD Negatif [49]	20
Gambar 2.8 Diagram sebaran	26
Gambar 3.1 Bagan Alir.....	30
Gambar 4.1 Grafik Penggunaan Pupuk Padi di Maros Tahun 2001-2020.....	31
Gambar 4.2 Grafik Penggunaan Pupuk Padi di Pangkajene Kepulauan Tahun 2001-2020	32
Gambar 4.3 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Urea di Maros Tahun 2001-2020	34
Gambar 4.4 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Za di Maros Tahun 2001-2020	39
Gambar 4.5 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi SP-36 di Maros Tahun 2001-2020	41
Gambar 4.6 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi NPK di Maros Tahun 2001-2020	43
Gambar 4.7 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Organik di Maros Tahun 2001-2020	45
Gambar 4.8 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Urea di Pangkep Tahun 2001-2020	47
Gambar 4.9 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Za di Pangkep Tahun 2001-2020	49

Gambar 4.10 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi SP-36 di Pangkep Tahun 2001-2020	52
Gambar 4.11 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi NPK di Pangkep Tahun 2001-2020	54
Gambar 4.12 Grafik Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Organik di Pangkep Tahun 2001-2020	56
Gambar 4.13 Uji akurasi model prediksi penggunaan pupuk padi di Maros dengan diagram tebar (a) Pupuk Urea; (b) Pupuk Za; (c) Pupuk SP-36; (d) Pupuk NPK; (e) Pupuk Organik.....	64
Gambar 4.14 Uji akurasi model prediksi penggunaan pupuk padi di Pangkep dengan diagram tebar (a) Pupuk Urea; (b) Pupuk Za; (c) Pupuk SP-36; (d) Pupuk NPK; (e) Pupuk Organik.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi dari nilai r positif.....	24
Tabel 2.2 Interpretasi dari nilai r negatif.....	25
Tabel 4.1 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Urea di Maros.....	35
Tabel 4.2 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Za di Maros	39
Tabel 4.3 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi SP-36 di Maros.....	42
Tabel 4.4 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi NPK di Maros	44
Tabel 4.5 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Organik di Maros	46
Tabel 4.6 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Urea di Pangkep.....	48
Tabel 4.7 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Za di Pangkep.....	50
Tabel 4.8 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi SP-36 di Pangkep.....	52
Tabel 4.9 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi NPK di Pangkep.....	55
Tabel 4.10 Nilai Koefisien, Koefisien Beta dan Signifikan (Sig.) pada Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi Organik di Pangkep.....	57
Tabel 4.11 Uji Akurasi Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Maros dengan Korelasi Pearson dan RMSE	60
Tabel 4.12 Uji Akurasi Model Prediksi Penggunaan Pupuk Padi di Kabupaten Pangkep dengan Korelasi Pearson dan RMSE.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Padi merupakan tanaman budidaya yang sangat berperan penting dalam kehidupan manusia. Tanaman padi merupakan sumber bahan pangan yang dikonsumsi sebagian besar penduduk dunia [1]. Di Indonesia, beras hasil padi menjadi kebutuhan utama sebagai bahan makanan pokok bagi masyarakat [1], [2]. Indonesia tercatat sebagai salah satu Negara dengan tingkat konsumsi beras tertinggi di dunia. Tingkat konsumsi beras di Indonesia bahkan mengalahkan beberapa negara-negara pengonsumsi beras di level Asia seperti Korea, Jepang, Thailand dan Malaysia [1].

Beras sebagai pangan pokok masyarakat Indonesia mengalami peningkatan kebutuhan tiap tahunnya diikuti oleh meningkatnya jumlah penduduk. Selain jumlah penduduk yang bertambah, pola konsumsi masyarakat Indonesia dari non-beras ke beras juga bertambah. Oleh karena peningkatan kebutuhan beras yang diikuti pertambahan jumlah penduduk, maka produksi beras juga perlu ditingkatkan. Peningkatan produktivitas dan produksi padi dilakukan demi ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat Indonesia [3]. Untuk mencegah terjadinya penurunan hasil produksi padi, maka harus diketahui faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi produksi padi. Adapun contoh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil produksi padi secara signifikan antara lain proses pemupukan dan faktor iklim [1].

Pemakaian pupuk merupakan salah satu faktor untuk meningkatkan produktivitas padi. Pupuk merupakan bahan yang digunakan pada tanah dan memiliki tujuan untuk mengubah serta memperbaiki kondisi sifat fisik, kimia dan biologi tanah menjadi lebih baik [4]. Penambahan pupuk bertujuan untuk menanggulangi kurangnya unsur hara makro seperti Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) tanah yang berperan dalam produktivitas tanaman [5]. Peranan ketiga unsur hara makro sangat berperan penting dengan cara saling berinteraksi menunjang pertumbuhan tanaman, adapun unsur N dapat diperoleh dari pupuk Urea dan ZA, unsur P dapat diperoleh dari pupuk SP-36 [5] dan juga pupuk NPK yang dari pupuk tersebut dapat diperoleh unsur N, P, dan K [6]. Pemilihan pupuk anorganik (kimia) cenderung banyak digunakan oleh petani karena sifatnya yang praktis. Selain penggunaan pupuk anorganik, upaya untuk memperbaiki kesuburan tanah dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk organik. Pupuk organik berupa kompos dapat dibuat dengan bahan berupa limbah ternak, jerami atau limbah pertanian lainnya. Penggunaan pupuk organik saat ini sudah mendapat perhatian karena dapat mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan kimia dari produk pupuk anorganik [4].

Faktor iklim juga dapat mempengaruhi produksi padi secara signifikan [7] [8]. Iklim bersifat sangat dinamis dan kompleks, serta iklim dalam jangka panjang juga telah mengalami perubahan [7]. Dampak perubahan iklim ekstrim merupakan penyebab terbesar gagalnya panen, yang dapat menyebabkan penurunan produksi tanaman. Selain penurunan produksi, perubahan iklim dapat mempengaruhi produktivitas tanaman pangan secara tidak langsung dengan meningkatnya

serangan hama dan penyakit. Pada musim hujan akan menyebabkan penyakit tanaman seperti kresek dan blas pada padi, sedangkan pada musim kemarau terjadi perkembangan hama penggerek batang padi [8].

Terkait dengan produksi padi, maka penguasaan akan lingkungan penanaman padi sangat penting untuk menentukan cara budidayanya. Lingkungan dengan ketersediaan air yang cukup dan suhu udara yang tepat menjadi faktor dalam keberhasilan budidaya padi [7] [9]. Suhu udara berperan dalam proses pertumbuhan tanaman. Pengaruh suhu berperan dalam proses respirasi pada tanaman padi. Peningkatan suhu udara dapat menyebabkan terganggunya proses respirasi pada tanaman padi sehingga menyebabkan terganggunya laju pertumbuhan tanaman [9]. Faktor lainnya yang sangat berperan dalam produksi tanaman padi adalah ketersediaan air dalam hal ini yaitu curah hujan [7].

Curah hujan di Indonesia umumnya dipengaruhi oleh parameter atmosfer seperti El Niño-Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) [10]. Fenomena ENSO merupakan interaksi atmosfer-laut pada Samudera Pasifik Tropis yang berfluktuasi secara berkala antara episode dingin (La Niña) dan episode hangat (El Niño) [11]. Peristiwa anomali iklim El Niño dan La Niña berdampak pada curah hujan yang terjadi. Fenomena El Niño biasanya diikuti dengan penurunan curah hujan dan peningkatan suhu, sedangkan La Niña merangsang kenaikan curah hujan, dimana kedua anomali lingkungan ini sangat tidak menguntungkan untuk sektor pertanian [12]. Sedangkan Fenomena IOD merupakan interaksi laut-atmosfer tropis pada Samudera Hindia yang sangat mempengaruhi iklim di wilayah sekitarnya. Ada 3 fase IOD yaitu fase positif

dimana berkurangnya curah hujan di wilayah Barat Indonesia, fase negatif dimana peningkatan curah hujan di wilayah Barat Indonesia dan fase netral [11].

Selain fenomena ENSO dan IOD, fenomena lainya yang mempengaruhi iklim di Indonesia adalah Angin Munson. Indonesia merupakan Negara agraris dengan iklim Tropik basah yang dipengaruhi oleh angin Munson Barat dan Angin Munson Timur. Angin Munson Barat bertiup dari benua Asia menuju Australia pada bulan Oktober hingga April dan membawa uap air yang menyebabkan musim hujan, sedangkan Angin Munson Barat adalah angin yang bertiup dari benua Australia menuju Asia pada bulan April hingga Oktober dan membawa sedikit uap air yang menyebabkan musim kemarau [13].

Menurut BPS (2022), produksi padi pada tahun 2021 mengalami penurunan sebesar 0,43 persen. Menurut Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2022), tingkat produk beras masyarakat Indonesia hingga tahun 2021 lebih tinggi dari tingkat konsumsi beras di Indonesia. Direktur Sereala Ditjen Tanaman Pangan Kementah, Moh. Ismail Wahab mengatakan bahwa dampak perubahan iklim menyebabkan penurunan produksi beras di beberapa Provinsi di Indonesia, sehingga adanya peringatan BMKG terkait dampak iklim dapat ditanggulangi. Pemerintah berupaya untuk tetap memenuhi kebutuhan pangan masyarakat dengan meningkatkan produksi dan produktivitas beras.

Model prediktif *Multiple Regression* dengan metode *Stepwise* menampilkan prediktor yang paling signifikan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya produksi beras berdasarkan parameter atmosfer di Indonesia. Penelitian ini menggunakan data jenis pupuk urea, pupuk za, pupuk NPK, pupuk SP-36 dan pupuk organik

sebagai variabel terikat. Sedangkan data parameter atmosfer yang digunakan yaitu temperatur, curah hujan lokal, ENSO, IOD dan Monsun sebagai variabel bebas. Data penggunaan pupuk padi yang digunakan mulai dari tahun 2001 – 2020.

Pada penelitian ini dilakukan penelitian terhadap hasil pertanian pada wilayah Maros dan Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan. Wilayah Maros dan Pangkajene Kepulauan merupakan daerah pertanian padi dengan tingkat produktivitas sedang di wilayah Sulawesi Selatan [14]. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan pemerintah setempat sebagai perwujudan produksi dan produktivitas padi lebih baik. Dengan demikian pemerintah ataupun petani mampu meningkatkan rencana produksi padi dengan strategis berdasarkan faktor-faktor pemupukan dan iklim didaerah tersebut.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pemodelan pengaruh parameter atmosfer terhadap penggunaan pupuk padi di Maros dan Pangkajene Kepulauan?
2. Bagaimana hubungan parameter atmosfer yang paling signifikan terhadap jumlah penggunaan pupuk padi di Maros dan Pangkajene Kepulauan?

I.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan data penggunaan pupuk padi yang terdiri atas Pupuk Urea, Pupuk ZA, Pupuk SP-36, Pupuk NPK dan Pupuk Organik di Maros dan Pangkajene Kepulauan, pada penelitian ini juga dibatasi oleh pengaruh parameter atmosfer berupa ENSO, IOD, monsun, curah hujan dan temperatur serta memodelkan prediksi masing-masing penggunaan pupuk padi dengan prediktor signifikan menggunakan analisis *Multiple Regression* metode *Stepwise*.

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat model penggunaan pupuk padi (Pupuk Urea, Pupuk ZA, Pupuk SP-36, Pupuk NPK dan Pupuk Organik) berdasarkan prediktor paling signifikan berpengaruh terhadap penggunaan pupuk padi.
2. Mengidentifikasi hubungan parameter yang signifikan terhadap masing-masing penggunaan pupuk padi di Maros dan Pangkajene Kepulauan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pertanian Padi di Indonesia

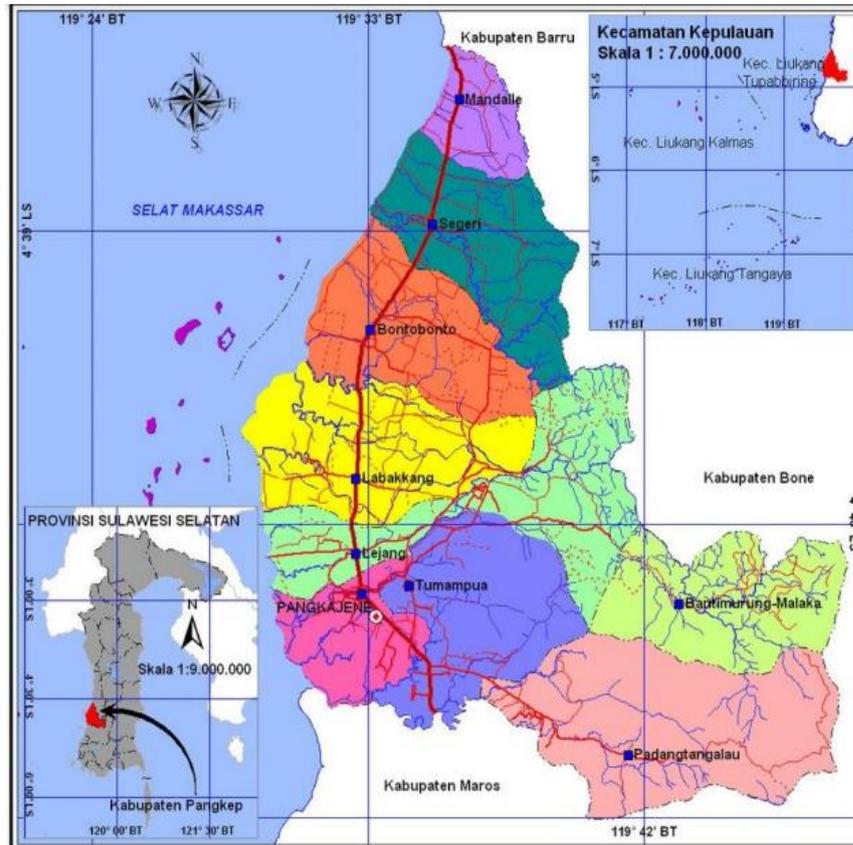
Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya yang meliputi sumber daya air, lahan, hutan, bahkan keanekaragaman hayati yang tersebar diseluruh pulaunya. Adapun sektor pertanian di Indonesia menjadi salah satu pengembangan yang besar atas kekayaan sumber daya di Indonesia yang menjadi salah satu penopang terbesar kehidupan masyarakat di Indonesia. Lebih dari 50 persen mata pencaharian masyarakat di Indonesia adalah sebagai petani, sehingga tidak menutup kemungkinan sektor pertanian sangatlah penting untuk terus dikembangkan di negara kita [15]. Komoditas pertanian terbesar di Indonesia salah satunya adalah penghasil padi (beras) [16].

Padi merupakan tanaman pangan penghasil beras yang sangat penting khususnya bagi warga Indonesia untuk mencukupi hampir 60% kebutuhan kalori tubuh [17]. Beras menjadi komoditas yang strategis untuk ketahanan pangan Indonesia serta perekonomian, karena sektor pertanian padi telah menjadi lapangan pekerjaan yang luas dan sumber pendapatan warga Indonesia [18]. Lahan pertanian padi tersebar luas di wilayah Indonesia, salah satunya di Sulawesi Selatan. Tanaman pangan seperti padi merupakan salah satu subsektor pertanian yang dominan di Sulawesi Selatan serta menjadi daerah penghasil padi terbesar di kawasan timur Indonesia. Adapun salah satu daerah penghasil padi di Sulawesi Selatan adalah Maros dan Pangkep [19]. Melihat pentingnya sektor pertanian padi

di Indonesia, maka diperlukan upaya untuk mengembangkannya. Menurut Astuti dan Wibawa, peningkatan produktivitas padi salah satu langkah yang lebih baik untuk dilakukan dibandingkan dengan peningkatan luas daerah panen. Upaya peningkatan hasil produktivitas padi secara maksimal dilakukan dengan berbagai macam cara salah satunya dengan cara pemupukan.

II.2 Topografi Wilayah Maros dan Pangkajene Kepulauan

Kabupaten Maros merupakan salah satu wilayah di Sulawesi Selatan yang memiliki topografi sangat beragam mulai dari dataran yang berbukit hingga dataran yang bergunung. Kabupaten Maros memiliki wilayah berupa dataran dengan luas keseluruhan sekitar 43,8 persen dari total wilayah Kabupaten Maros, sedangkan daerah yang mempunyai kemiringan lereng diatas 40 persen atau bergunung-gunung memiliki luas sebesar 30,8 persen dari luas wilayah Kabupaten Maros Luas Wilayah kabupaten Maros 1619,11 Km² yang terdiri dari 14 (empat belas) kecamatan yang membawahi 103 Desa/kelurahan, Kabupaten Maros merupakan wilayah yang berbatasan langsung dengan ibukota propinsi Sulawesi Selatan, dalam hal ini adalah Kota Makassar dengan jarak kedua kota tersebut berkisar sekitar 30 km dan sekaligus terintegrasi dalam pengembangan Kawasan Metropolitan Mamminasata. Dalam kedudukannya, Kabupaten Maros memegang peranan penting terhadap pembangunan Kota Makassar karena sebagai daerah perlintasan yang sekaligus sebagai pintu gerbang Kawasan Mamminasata bagian utara yang dengan sendirinya memberikan peluang yang sangat besar terhadap pembangunan di Kabupaten Maros dengan luas wilayah 1.619,12 km² dan terbagi 14 wilayah kecamatan [20].



Gambar 2.2 Peta Wilayah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan [23]

Kabupaten Pangkajene dan kepulauan (Pangkep) merupakan daerah bagian barat Provinsi Sulawesi Selatan. Secara administratif luas wilayah Kabupaten Pangkajene dan kepulauan adalah 12.362,73 Km², untuk wilayah laut seluas 11.464, 44 Km² dan untuk wilayah daratan seluas 898,29 Km² dengan panjang garis pantai yaitu 250 km. Wilayah daratan Kabupaten Pangkep ditandai dengan bentangan alam wilayah dari daerah daratan rendah sampai pegunungan [24]. Wilayah Kabupaten Pangkep terletak pada ketinggian 100–1000 m di atas permukaan laut, berada pada jarak ±60 Km dari Kota Makassar. Dari segi morfologis Kabupaten Pangkep dibagi menjadi 3 wilayah yaitu morfologi dataran rendah yang membentang dari pantai barat, perbukitan di bagian timur Kabupaten Pangkajene dan pulau-pulau kecil [25].

II.3 Pemupukan

Kegiatan pemeliharaan yang penting untuk tanaman seperti padi dapat dilakukan dengan cara pemupukan. Pemupukan merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan produktivitas tanaman serta hasil panen tanaman karena memberikan nutrisi yang baik bagi tanaman. Pemupukan berfungsi untuk meningkatkan kualitas tanaman dan hasil panen dengan cara memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah [26] [27] [17].

Menurut Mangoensoekarjo dan Semangun (2005), tumbuhan memerlukan unsur-unsur hara untuk pertumbuhan sel-sel dalam tumbuhan dan untuk keberlangsungan metabolisme tumbuhan tersebut. Oleh sebab itu, tumbuhan memerlukan akan unsur hara sepanjang kehidupan tanaman. Adapun jenis unsur hara yang diperlukan tumbuhan seperti Unsur Nitrogen (N) sebagai pembentuk protein dan pertumbuhan vegetatif tumbuhan, Unsur Phosphor (P) sebagai sumber energi dalam proses asimilasi dan meningkatkan daya absorbs hara dari tanah, unsur kalium (K) untuk membantu proses fotosintesis, serta unsur magnesium sebagai penyusun klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis [26]. Berdasarkan kandungan dan cara pembuatannya, pupuk dibagi menjadi dua yaitu pupuk anorganik dan pupuk organik.

II.3.1 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik merupakan pupuk hasil rekayasa kimia, fisika dan atau biologi dan merupakan hasil rekayasa pabrik atau industri [28]. Pupuk anorganik memiliki kelebihan antara lain mudah terurai dan terserap oleh tanaman sehingga pertumbuhan menjadi subur. Kelemahan dari pupuk anorganik adalah harganya

yang mahal, tidak dapat menyelesaikan masalah pada kerusakan fisik dan biologi tanah, serta pemupukan yang tidak tepat dapat merusak lingkungan [29].

Beberapa contoh pupuk anorganik antara lain,

1. Pupuk Urea. Pupuk urea adalah pupuk anorganik yang mengandung unsur Nitrogen sebanyak 46% yang dibutuhkan tanaman untuk dapat merangsang pertumbuhan secara keseluruhan dan pembentukan zat hijau daun [30].
2. Pupuk ZA. Pupuk Za mengandung unsure N (Nitrogen) dan unsur S (Sulfur). Unsur sulfur pada pupuk ZA membantu penyerapan unsur hara N lebih baik pada tanaman sehingga dapat membantu penyusunan inti sel dan pembentukan protein pada tanaman lebih baik [31].
3. Pupuk SP-36. Pupuk SP-36 merupakan pupuk yang mengandung unsur P (Phospor) [5] [30]. Unsur P pada pupuk berfungsi untuk pembentukan bunga dan memperkuat batang agar tidak mudah roboh [30].
4. Pupuk NPK. Pupuk NPK mengandung unsur N, P, dan K yang berfungsi untuk meningkatkan kandungan protein dan membantu metabolisme tanaman serta merangsang pembentukan bunga [6].

II.3.2 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar terdiri dari bahan organik yang berasal dari alam seperti tanaman dan hewan yang diproses melalui proses rekayasa [28]. Pupuk organik merupakan hasil rekayasa campuran bahan-bahan organik yang diurai oleh mikroba dan menghasilkan unsur hara yang diperlukan tanaman. Pupuk organik dibagi menjadi dua yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Penggunaan kedua macam pupuk organik ini sangat dianjurkan

karena saling melengkapi satu sama lain. Pupuk organik padat diberikan melalui tanah, dan pupuk organik cair diberikan pada daun tanaman untuk memaksimalkan perkembangan tumbuhan [32]. Pupuk organik memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pupuk organik adalah dapat memperbaiki sifat fisik maupun kimia tanah, namun memiliki kekurangan yaitu diperlukan dengan jumlah yang banyak untuk luasan dibandingkan pupuk anorganik [29].

II.4 Parameter Atmosfer

Perubahan dan variabilitas iklim merupakan fenomena anomali iklim yang menjadi perhatian serius karena berdampak besar terutama terhadap sektor pertanian. Di Indonesia, dalam 30 tahun terakhir telah terjadi beberapa kali kondisi iklim ekstrim yang ditandai oleh frekuensi variabilitas iklim yang semakin tinggi [33]. Iklim merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan dan produksi tanaman yang dibudidayakan. Iklim merupakan faktor yang sulit, bahkan tidak dapat dikendalikan. Budidaya tanaman pada areal terbuka sangat dipengaruhi oleh parameter iklim [26].

II.4.1 Temperatur

Perubahan iklim menyebabkan perubahan pola musim, meningkatnya suhu udara dan terbatasnya sumber air yang dapat menyebabkan kekeringan yang berkepanjangan [34]. Suhu permukaan bumi menunjukkan peningkatan secara linear secara terus menerus dari tahun ke tahun dan diperkirakan akan terus mengalami peningkatan yang tinggi sebesar 2.5-5.8°C pada akhir abad ke-21. Indonesia yang merupakan salah satu Negara tropis diperkirakan akan mengalami dampak peningkatan suhu global [35]. Peningkatan suhu dapat menjadi ancaman terhadap produksi padi [34].

Pertumbuhan tanaman padi sensitif terhadap paparan suhu diatas 35°C yang menyebabkan gabah padi menjadi mengapur, jumlah gabah berkurang dan bobot gabah menurun. Selain berefek pada produksi gabah, peningkatan suhu juga dapat menurunkan tingkat viabilitas dan ukuran benih padi ditanam hingga menjadi masak [34]. Pengaruh suhu berperan dalam proses pertumbuhan tanaman padi pada proses respirasi dan fotosintesis. Dalam proses respirasi, suhu berperan untuk mengatur laju pertumbuhan dengan mengubah hasil fotosintesis menjadi CO₂ dan H₂O, karena itu peningkatan suhu udara harus terus dikendalikan [9].

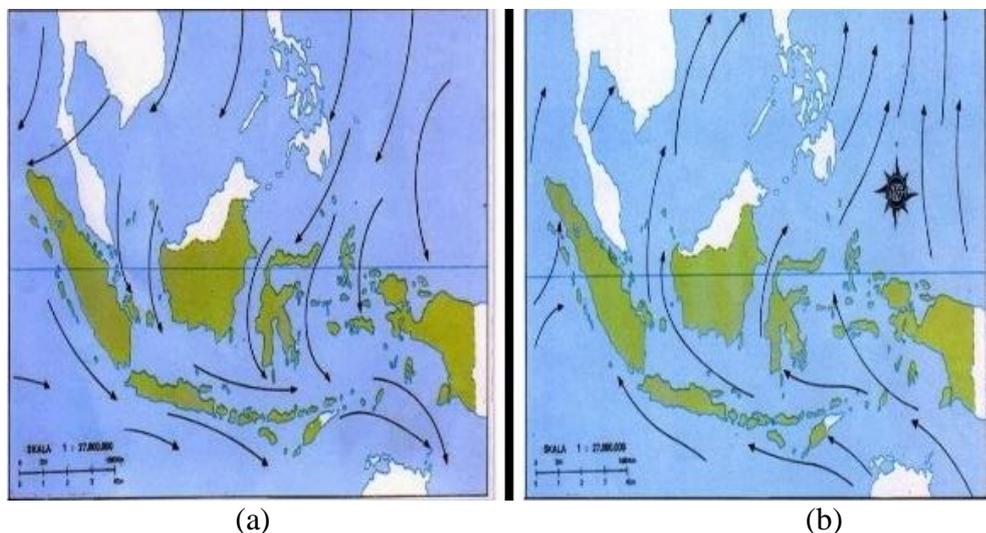
II.4.2 Curah Hujan

Air merupakan sumber daya alam yang penting bagi kehidupan berkelanjutan di dunia. Curah hujan merupakan salah satu variable lingkungan penting yang sering digunakan untuk melacak variabilitas perubahan iklim serta mempengaruhi ketersediaan air dimasa yang akan datang. Perubahan iklim jangka panjang terkait dengan perubahan pola dan intensitas curah hujan, berpotensi meningkatkan frekuensi kekeringan atau banjir. Potensi bencana hidrometeorologi bergantung pada volume curah hujan, intensitas dan durasi hujan. Air hujan meningkatkan debit sungai dan menyebabkan banjir [36].

Sektor pertanian terkena dampak langsung, sehingga ketahanan pangan sangat rentan terhadap bencana ini, baik kekeringan di musim kemarau maupun banjir di musim hujan. Gagal panen bisa terjadi karena kekurangan air pada tanaman, begitu juga saat tanaman mendekati masa panen dan terkena banjir. Sektor pertanian sangat bergantung pada kondisi iklim dan variabilitasnya yang dapat mengubah ekosistem pertanian, yang berdampak pada produksi pertanian dan ketahanan pangan [36].

II.4.3 Angin Munson

Matahari mengalami pergerakan yang disebut gerak semu matahari yang menyebabkan adanya tekanan udara dibelahan bumi utara (BBU) dan belahan bumi selatan (BBS). Indonesia berada pada garis katulistiwa yang merupakan pergerakan udara dari akibat perbedaan tekanan udara pada kedua belahan bumi. Pergerakan tekanan udara yang terjadi dikenal sebagai angin Munson. Angin Munson berhembus secara periodik (minimal 3 bulan) dan antara periode satu dengan yang lain dengan pola akan berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun [37]. Angin muson secara bergantian terus bergerak melintasi Kawasan wilayah Indonesia pada sepanjang tahun dengan periode enam bulan yakni bulan April hingga September (angin muson timur) sedangkan Oktober hingga Maret (angin muson barat) [38].



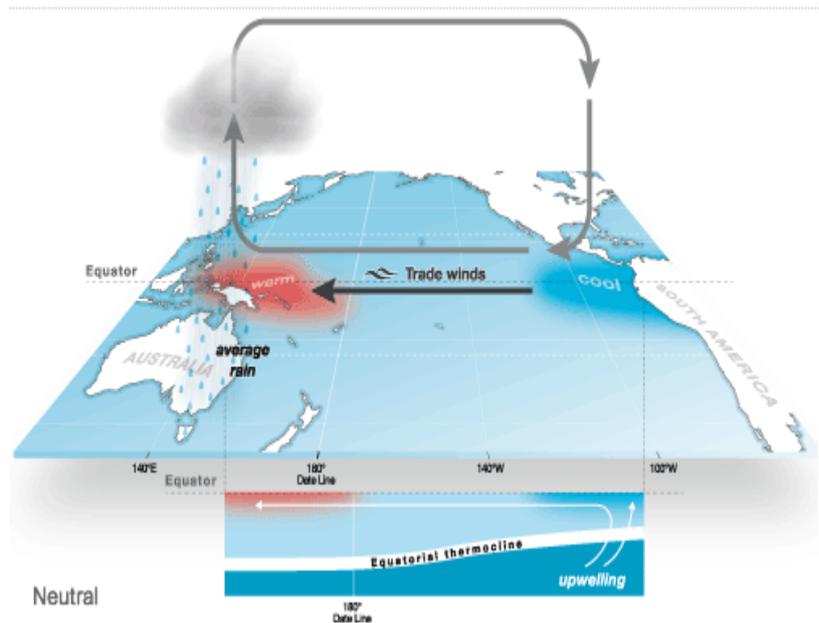
Gambar 2.3 Skema (a) angin munson barat (b) angin munson timur [39]

Angin Muson dibagi menjadi 2 macam, yaitu Muson Barat atau dikenal dengan Angin Musim Barat dan Muson Timur. Angin Muson Barat adalah angin yang menyebabkan adanya musim hujan, di mana angin ini mengalir dari Benua Asia (musim dingin) ke Benua Australia (musim panas). Angin ini mengandung

curah hujan yang banyak di Indonesia bagian Barat, hal ini disebabkan karena angin melewati tempat yang luas, seperti perairan dan samudra. Angin ini terjadi pada bulan Desember, Januari, Februari, dan maksimal pada bulan Januari dengan kecepatan minimum 3 m/s. Angin Muson Timur adalah angin yang menyebabkan adanya musim kemarau (sedikit curah hujan), dimana angin ini mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas). Adanya curah hujan sedikit dikarenakan angin melewati celah-celah sempit dan berbagai gurun (Gibson, Australia Besar, dan Victoria). Angin ini terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, dan maksimal pada bulan Juli [38].

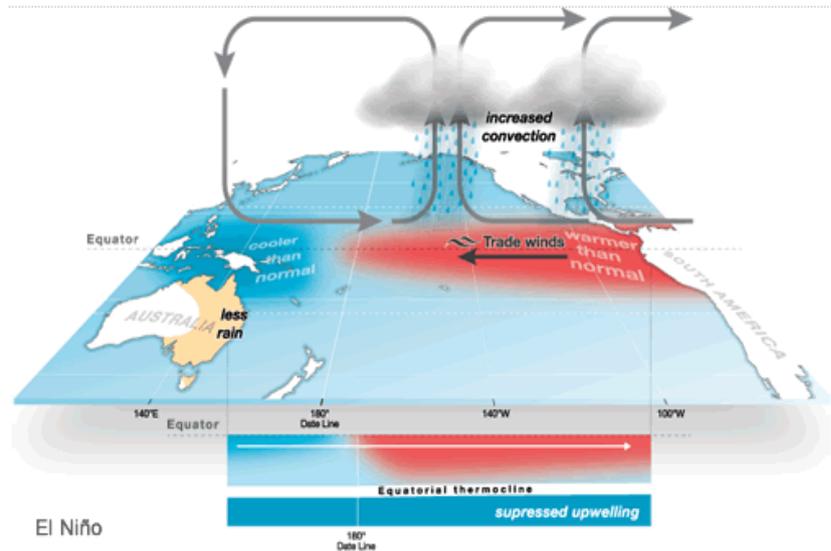
II.4.4 *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)*

Indonesia merupakan Negara yang terletak pada wilayah belahan bumi dengan iklim yang sangatlah sensitif terhadap anomali - anomali iklim salah satunya adalah ENSO (*El Niño -Southern Oscillation*) [40]. ENSO merupakan sebuah interaksi laut atmosfer yang berpusat di wilayah ekuator Samudra Pasifik yang menyebabkan anomali iklim global atau kondisi iklim, yang timbul dari variasi suhu permukaan laut dan tekanan atmosfer melintasi Samudra Pasifik tropis [41] [42]. Fenomena ENSO terbagi menjadi 3 yaitu ENSO Netral, El Niño, dan La Niña yang ketiganya memberikan pengaruh terhadap curah hujan. Peristiwa ENSO dikategorikan berdasarkan *Oceanic Nino Index* (ONI). Indeks Oseanik Nino didasarkan pada rata-rata berjalan selama 3 bulan dari rata-rata spasial anomali SST di wilayah Nino ($5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$, $120^{\circ} - 170^{\circ}\text{W}$). Fase *El Niño* ketika anomali SST lebih besar dari $0,5^{\circ}\text{C}$ selama minimal 6 bulan berturut-turut dan jika anomali SST di bawah $-0,5^{\circ}\text{C}$, tahun tersebut dianggap berada dalam fase *La Niña*, sedangkan jika tidak termasuk dalam keduanya, itu dianggap sebagai tahun netral [43].



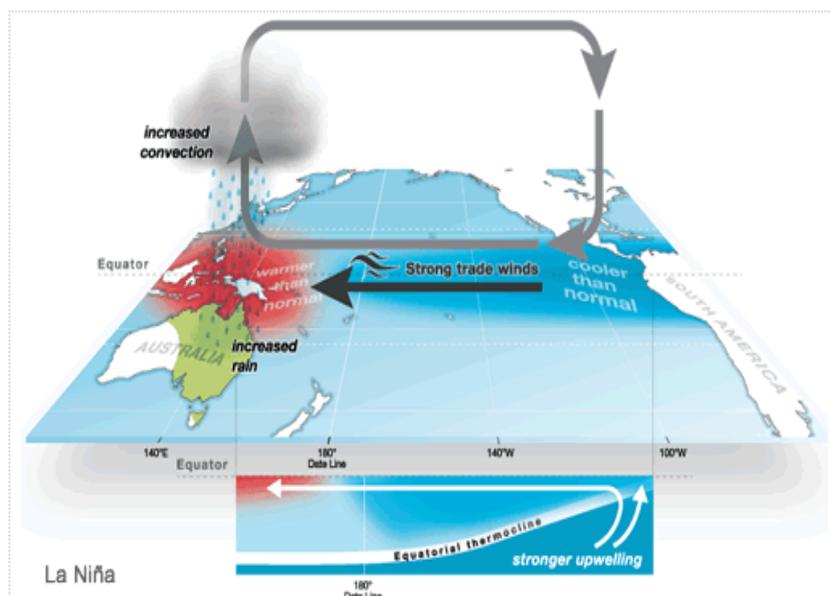
Gambar 2.4 Skema fase ENSO Netral [44]

Fenomena ENSO Netral menyebabkan keadaan angin pasat tenggara yang bertiup dari arah yang tetap sepanjang tahun dan menyebarkan arus permukaan yang membawa massa air permukaan ke wilayah Pasifik bagian barat. Keberadaan daratan di Indonesia dan Australia membuat massa air tersebut tertahan dan lama-kelamaan terkumpul. Massa air yang terkumpul bersifat hangat sehingga meningkatkan suhu permukaan laut di Pasifik Barat, hal ini menyebabkan terbentuknya suatu sirkulasi arus permukaan menuju arah barat sedangkan arus di lautan dalam menuju ke arah timur. Massa air yang terkumpul di Pasifik barat bergerak turun (*downwelling*) sehingga arus di pasifik timur akan naik (*upwelling*). Arus yang naik akan membawa massa air dari lautan dalam bersifat dingin. Kejadian ini adalah hal normal yang terjadi di Samudera Pasifik dimana suhu muka laut di Pasifik barat lebih hangat dibandingkan di Pasifik Timur di sekitar Pantai bagian barat Peru [44].



Gambar 2.5 Skema fase El Niño [44]

El Niño merupakan peristiwa meningkatnya suhu muka laut di Samudra Pasifik ekuatorial bagian Tengah dan Timur [45]. Pada wilayah Indonesia, El Niño berdampak pada berkurangnya curah hujan. Pengaruh El Niño tidak sama diseluruh wilayah Indonesia bahkan beberapa wilayah hampir tidak nyata, hal ini disebabkan letak geografis Indonesia yang dikenal sebagai benua Maritim [46].



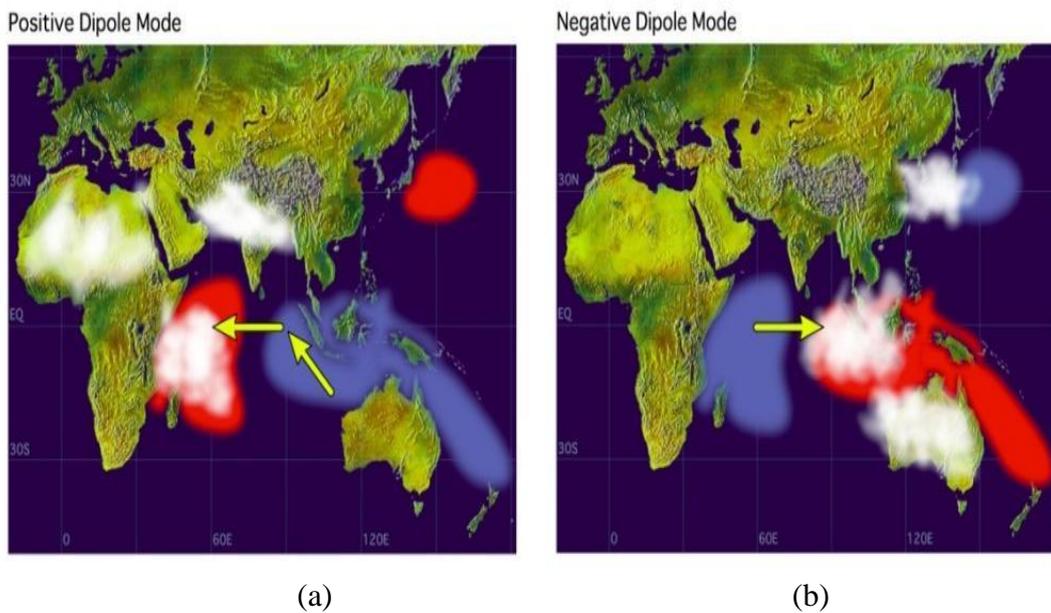
Gambar 2.6 Skema fase La Niña [44]

La Niña merupakan fase dingin Samudra Pasifik bagian Tengah dan Timur ditandai dengan menghangatnya suhu muka laut bagian Pasifik Barat sehingga di beberapa wilayah mengalami intensitas curah hujan yang tinggi dan berkepanjangan [45]. Fenomena La Niña menyebabkan suhu muka laut di Pasifik ekuator timur lebih rendah dari pada kondisi normalnya, sedangkan suhu muka laut di wilayah Indonesia menjadi lebih hangat. Kondisi ini menyebabkan terjadi banyak konveksi dan mengakibatkan massa udara berkumpul di wilayah Indonesia, termasuk massa udara dari Pasifik ekuator timur yang menunjang pembentukan awan dan hujan. Sehingga fenomena La Niña ditandai dengan terjadinya hujan deras dan angin kencang pada kawasan wilayah Indonesia terutama Indonesia bagian timur [46].

II.4.5 *Indian Ocean Dipole (IOD)*

IOD (*Indian Ocean Dipole*) merupakan penyimpangan iklim yang dihasilkan oleh interaksi laut dan atmosfer di Samudera Hindia di sekitar khatulistiwa. Interaksi yang terjadi menghasilkan tekanan tinggi di Samudera Hindia bagian Timur (bagian Selatan Jawa dan Barat Sumatra) yang menimbulkan aliran massa udara yang berhembus ke Barat [47]. Hembusan angin yang terjadi akan mendorong massa air di depannya dan mengangkat massa air dari bawah ke permukaan [48]. Peristiwa IOD menunjukkan dua daerah yang mengalami anomali suhu permukaan laut, yaitu pada ekuator tropis bagian tenggara Samudera Hindia di sekitar Sumatera dan selatan Jawa atau yang disebut *Southeastern Tropical Indian Ocean (SETIO)*, serta ekuator tropis bagian barat Samudera Hindia atau yang disebut dengan *Western Tropical Indian Ocean*

(WITIO). Fenomena IOD dimulai dari bulan Mei atau Juli, kemudian pada bulan-bulan selanjutnya intensitas meningkat hingga puncak pada bulan Agustus atau Oktober. Fenomena IOD dibagi 2 fase berdasarkan Suhu Permukaan Laut yaitu IOD Positif dan IOD Negatif [47].



Gambar 2.7 Skema peristiwa (a) IOD Positif; (b) IOD Negatif [49]

Fenomena IOD Positif, Suhu Permukaan Laut secara anomali akan menghangat di Samudera Hindia Barat, sedangkan pada bagian timur lebih dingin dari normalnya. Perubahan suhu ini terkait dengan medan angin di tengah Samudera Hindia ekuator, sehingga angin bergerak berlawanan dari biasanya barat ke timur [48]. Fenomena IOD Negatif merupakan kebalikan dari IOD Positif. Pada fase IOD Negatif, suhu permukaan laut bagian barat Samudera Hindia akan menjadi lebih dingin dan bagian timur Samudera Hindia akan menjadi lebih hangat. Anomali angin terjadi sepanjang ekuator yang mengarah ke timur sehingga termoklin jauh lebih dalam di bagian timur samudera [47].

II.5 Analisis *Multiple Regression* (MR) Metode Stepwise

Analisis regresi merupakan suatu metode statistik yang bertujuan untuk mengetahui hubungan sebuah variabel bebas dengan beberapa variabel tak bebas. Regresi dibagi menjadi dua yaitu regresi linear dimana hubungan antara variabel bebas dan variabel terikatnya adalah linier, dan regresi non linear dimana hubungan antara variabel bebas dan variabel terikatnya tidak linier [50]. Suatu analisis yang hanya melibatkan sebuah variabel bebas saja, maka analisis yang digunakan adalah analisis regresi linier sederhana. Apabila analisis melibatkan lebih dari satu atau beberapa variabel bebas, maka analisis yang digunakan adalah analisis regresi linier berganda (*Multiple Regression*) [51].

Regresi linier berganda adalah model persamaan yang menjelaskan hubungan satu variabel tak bebas/ response (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas/ predictor (X_1, X_2, \dots, X_n). Uji regresi linier berganda bertujuan untuk memprediksi nilai variabel tak bebas/ response (Y) apabila nilai-nilai variabel bebasnya/ predictor (X_1, X_2, \dots, X_n) diketahui. Selain itu, metode ini berfungsi untuk mengetahui bagaimanakah arah hubungan variabel tak bebas dengan variabel - variabel bebasnya [52].

Menurut Yuliara (2016), persamaan regresi linier berganda dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana :

Y : Variable terikat/hasil regresi

A : konstanta

b_1, b_2, \dots, b_n : nilai koefisien regresi

X_1, X_2, \dots, X_n : Variable bebas

Regresi *stepwise* merupakan model regresi terbaik pada kasus multikolinieritas. Model regresi yang baik harusnya tidak terjadi korelasi di antara variabel bebas (tidak terjadi multikolinieritas) dan dapat menjelaskan perilaku peubah tak bebas dengan sebaik-baiknya dengan memilih peubah-peubah bebas dari sekian banyak peubah bebas yang tersedia dalam data. Terjadinya korelasi antara variabel bebas dapat disebabkan karena tidak terpenuhinya asumsi kalsik regresi yaitu, asumsi normalitas, non-heteroskedastisitas, non-autokorelasi dan non-multikolinearitas. Jika terjadi masalah multikolinearitas maka koefisien beta akan sangat tidak stabil sehingga mempengaruhi hasil prediksi [53] [54].

Metode *stepwise* merupakan gabungan dari dua metode yaitu analisis pemilihan maju dan penyisihan mundur. Metode pemilihan maju (*The Forward Selection Method*) merupakan metode pemilihan model regresi terbaik dengan menguji suatu peubah yang telah dimasukkan dalam model perlu dikeluarkan dari dalam model atau tidak. Metode penyisihan mundur (*The Backward Elimination Method*) merupakan kebalikan dari *the forward selection method*, dimana metode ini dimulai dengan meregresikan peubah respon dengan semua peubah bebas potensial dan kemudian mengeluarkan satu per satu peubah bebas. Proses metode ini dilakukan terus menerus hingga tidak ada variabel yang memenuhi kriteria untuk ditambahkan atau dihilangkan [55] [53].

II.6 Verifikasi Model Prediksi

Verifikasi adalah proses menilai kualitas suatu prediksi (*forecast*). Dalam proses ini, suatu hasil prediksi dibandingkan dengan nilai pengamatan/observasi. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui keserasian antara model dan data. Untuk melihat kesesuaian dari hasil prediksi dan observasi maka dapat dilakukan secara kualitatif, sedangkan untuk menentukan akurasi model sekaligus kesalahan dalam memprediksi maka dapat dilakukan secara kuantitatif menggunakan seperangkat formulasi matematika. Ada 3 (tiga) alasan utama mengapa sebuah verifikasi dilakukan. Pertama, untuk memantau akurasi prediksi dan 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 lainnya dan mengetahui letak/alasan keunggulan model tersebut [56].

Untuk menguji akurasi suatu model, ada dua besaran yang lazim digunakan yakni Korelasi Pearson dan kesalahan RMSE (*Root-Mean-Squared Error*). Selain nilai numerik korelasi dan RMSE tersebut, tampilan akurasi juga dapat disajikan melalui diagram sebar (*scattered diagram*) [57].

II.6.1 Korelasi Pearson dan RMSE

Korelasi pearson adalah suatu bentuk rumus yang digunakan untuk mencari dan mengukur hubungan linear antara dua variabel yaitu variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen) [58]. Akurasi prediksi sebuah model

berbanding lurus dengan hasil korelasi pearsonnya dimana semakin besar nilai korelasi maka semakin baik pula akurasi sebuah prediksi model [59]. Koefisien korelasi dinyatakan dalam persamaan berikut [58]:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2\} \{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

n = jumlah data

r = koefisien korelasi antara data observasi dan data prediksi

X = data observasi

Y = data prediksi

Korelasi digunakan untuk menyatakan hubungan variabel satu terhadap variabel yang lainnya yang dinyatakan dalam persen. Berikut adalah tabel klasifikasi interpretasi nilai r [58]:

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 berkolerasi
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

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan kebalikan dari korelasi Pearson. Semakin kecil nilai RMSE-nya maka akan semakin bagus pula akurasi prediksi sebuah model. Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) diperoleh dengan cara menghitung nilai akar dari rata-rata kuadrat dari nilai kesalahan yang menggambarkan selisih antara data antara observasi dengan nilai hasil prediksi, yang dapat di hitung dengan menggunakan persamaan [59]:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

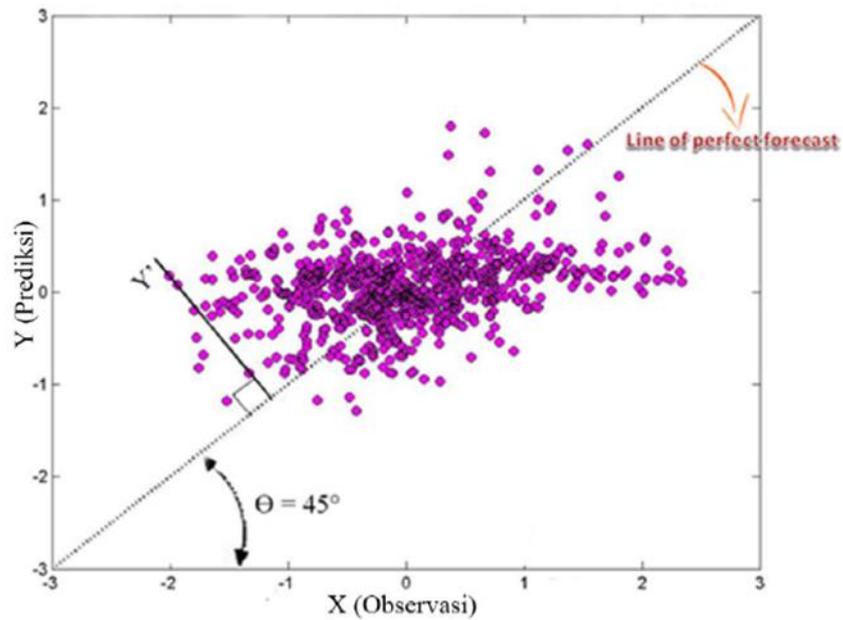
Dimana:

X = data observasi

Y = data prediksi

n = jumlah data

II.6.2 Diagram Sebaran



Gambar 2.8 Diagram sebaran

Diagram sebaran menunjukkan akurasi prediksi untuk sebuah model dinamik yang dapat dilihat dari sebaran data setiap model, dimana semakin dekat sebaran data dari *line of perfect forecast* (garis dengan sudut 45°) maka semakin bagus akurasi prediksi model tersebut. Sebaliknya semakin jauh jarak titik data dari *line of perfect forecast* maka semakin berbeda pula kemiripan antara prediksi dan observasi [57].