

Skripsi Geofisika

**PEMODELAN FAKTOR IKLIM YANG MEMENGARUHI
PRODUKSI PADI DI KABUPATEN MAROS DAN
PANGKAJENE DAN KEPULAUAN DI SULAWESI SELATAN**



OLEH :

DEDDI RISWANTO MAKASAEHE

H061 18 1701

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

**PEMODELAN FAKTOR IKLIM YANG MEMENGARUHI PRODUKSI
PADI DI KABUPATEN MAROS DAN PANGKAJENE DAN KEPULAUAN
DI SULAWESI SELATAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH :

DEDDI RISWANTO MAKASAEHE

H061 18 1701

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN FAKTOR IKLIM YANG MEMENGARUHI PRODUKSI
PADI DI KABUPATEN MAROS DAN PANGKAJENE DAN KEPULAUAN
DI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

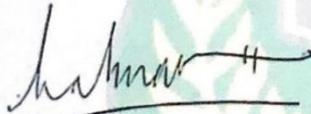
DEDDI RISWANTO MAKASAEHE

H061181701

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 7 Oktober 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pertama



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

Menyetujui,

Ketua Departemen Geofisika



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Deddi Riswanto Makasahe

NIM : H061181701

Departemen : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Pemodelan Faktor iklim yang memengaruhi Produksi Padi
di Kabupaten Maros dan Pangkajene dan Kepulauan di
Sulawesi Selatan

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 penelitian saya sendiri, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji

Makassar, 13 Oktober 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Deddi Riswanto Makasahe

SARI BACAAN

Dalam 20 tahun terakhir, Maros dan Pangkajene dan Kepulauan telah berkontribusi hampir 8% dari total produksi padi di provinsi Sulawesi Selatan. Namun berdasarkan data pengamatan, produksi ini berfluktuasi dari tahun ke tahun. Regresi bertahap sederhana digunakan untuk memodelkan naik turunnya variasi tahunan tersebut. Masukan yang digunakan terhadap model adalah variasi lokal dari curah hujan dan suhu udara serta pengaruh global terkait dengan *El-Niño Southern Oscillation*, *Indian Ocean Dipole*, dan *Monsoon*. Model ini divalidasi silang dan keterampilannya diukur menggunakan korelasi anomali (R) dan RMSE (*root mean squared error*). Hasilnya berbentuk persamaan regresi linear di dua wilayah yaitu Maros dan Pangkep secara berturut-turut: $Y = 303.810 - 4.645X_2 + 2,35e^{+4}$ dan, $Y = -111.760 + 7.760X_1 + 1,12e^{+4}$. Variabel bebas dalam persamaan linear adalah Suhu, sehingga suhu menjadi faktor iklim yang berperan penting dalam mengendalikan fluktuasi hasil panen padi tahunan.

ABSTRACT

In the last 20 years, Maros and Pangkajene Kepulauan (Pangkep) have contributed almost 8 % of the total rice production from South Sulawesi province. However, based on observational data, these productions fluctuated from year to year. Simple stepwise regression is used to model the ups and downs of these annual variations. Inputs to the model are both the local variation of rainfall and air temperature and the remote forcings related to the El-Niño Southern Oscillation, Indian Ocean Dipole, and Monsoon. The model is cross-validated and its skill is measured using anomaly correlation (R) and RMSE (root mean squared error). The results are in the form of linear regression equations for the two regions, namely Maros and $Y = 303.810 - 4.645X_2 + 2,35e^{+4}$ and, $Y = -111.760 + 7.760X_1 + 1,12e^{+4}$. The independent variable in the linear equation is temperature, so temperature is a climatic factor that has an important role in controlling fluctuations in annual rice yields.

KATA PENGANTAR

Segala pujian syukur dan kemuliaan hanya bagi Tuhan Yesus Kristus, Sahabat Sejati yang senantiasa menyertai di dalam kemelut perjuangan mengerjakan tugas akhir ini. Sepertinya tidak ada kata cukup untuk melukiskan segala perbuatan Tuhan dan rancanganNya yang tak teselami oleh pikiran manusia yang terbatas, maka hanya oleh anugerahNya sehingga penulis bisa menyelesaikan Skripsi dengan judul **Pemodelan Faktor iklim yang memengaruhi Produksi Padi di Kabupaten Maros dan Pangkajene dan Kepulauan di Sulawesi Selatan** yang merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih yang tak terhingga kepada orang-orang hebat, yaitu kedua orang tua, Bapak **Yusak Makasaehe** dan Ibu **Nerwasti Mehare**, adik **Jever Makasaehe**, bibi Ibu **Flora Mehare** dan Ibu **Rineke Mehare**, nenek **Sarah Sambai** beserta seluruh keluarga besar **Makasaehe** dan **Mehare** yang telah memberikan nasihat, dukungan secara materi dan selalu mendoakan penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan segala baik. Selain itu, ucapan terima kasih yang tulus disampaikan :

1. Kepada bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc.**, selaku dosen Pembimbing Utama dalam penulisan skripsi ini. Terima kasih atas segala waktu, nasihat, ilmu dalam segala hal yang diluangkan untuk penulis sehingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Kepada bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si.**, selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, nasihat, saran-saran serta ilmunya

sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dan telah memudahkan setiap tahapan sehingga tugas akhir ini bisa rampung.

3. Kepada bapak **Dr. Muh. Hamzah, M.T.** dan bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah memberikan nasihat dan kritik dalam penyempurnaan pembuatan skripsi ini.
4. Kepada kak **Sudirman, S.Tr.**, selaku pegawai BMKG di Stasiun Meteorologi Kelas III 'Rahadi Oesman', Ketapang, Kalimantan Barat, yang telah memberikan sumbangsi pikiran dan referensi terkait topik penelitian. Beliau dengan segala kerendahan hatinya telah banyak memberikan masukan terkait pembahasan di bab empat dan latar belakang daerah penelitian.
5. Kepada kak **Muh. Syafrizal, S.Si.**, selaku alumnus Geofisika Unhas, yang telah membantu mengarahkan pembuatan model penelitian terutama terkait penggunaan software Matlab.
6. Kepada kak **Solih Alfiandy, S.Tr., M.P.**, selaku pegawai BMKG di Stasiun Pemantau Atmosfer Global kelas I "Lore Lindu" Palu, yang telah memberikan referensi penelitian terdahulu terkait topik penelitian.
7. Kepada 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 produksi padi dan telah menjelaskan pola penanaman padi di kedua lokasi penelitian.
8. Kepada Kak **Indra Fermanto S.Si.** dan Kak **Epifania Sude, S.Si.** sebagai tempat bertanya terkait bidang penelitian.
9. Kepada teman-teman **Geofisika Unhas Angkatan 2018**, terlebih khusus juga

kepada teman-teman satu bimbingan, yaitu **Komang, Heraldo dan Fiskah**, yang memberikan dukungan dan saling melengkapi kekurangan masing-masing.

10. Kepada teman-teman **Komisi Pemuda GMPU Nafiri Talengen**, yang telah memberikan dukungan materi dan selalu mendoakan penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
11. Kepada **semua orang-orang spesial** yang tidak dapat penulis tuliskan semuanya, yang telah memberikan *support system*, waktu, tenaga, bahkan materi sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
SARI BACAAN.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Ruang Lingkup.....	4
I.4 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II. 1 Sirkulasi Walker	5
II.2 ENSO (El-Niño Southern Oscillation).....	6
II.2.1Fase Enso Netral.....	7

II.2.2 Fase La-Niña dan El-Niño.....	8
II.3 Indeks Osilasi Selatan (<i>Southern Oscillation Index</i>).....	10
II.4 Ocean Niño Index (ONI) 3.4	12
II.5. Indian Ocean Dipole (IOD)	13
II.5.1 Fase IOD Netral.....	14
II.5.2 Fase IOD Positif dan Negatif	15
II.6 Angin Monsun.....	16
II.6.1 Monsun Asia	17
II.6.2 Monsun Australia	18
II.7 Suhu Udara.....	19
II.8 Curah Hujan	20
II.9 Tanaman Padi.....	23
II.10 Produksi Padi.....	23
II.11 Metode Pendekatan	24
II.11.1 Metode Statistik.....	24
II.11.2 Metode <i>Stepwise Regression</i>	24
II.12 Verifikasi Prediksi.....	25
II.12.1 <i>Cross-Validation</i>	25
II.12.2 Korelasi Pearson.....	26
II.12.3 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28

III.1 Alat dan Bahan.....	28
III.1.1 Alat.....	28
III.1.2 Bahan	28
III.2 Prosedur Penelitian	28
III.2.1 Tahap persiapan dan Pengumpulan Data	29
III.2.2 Tahap pengolahan data.....	29
III.3 Bagan Alir	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
IV.1 Hasil	32
IV.1.1 Hasil Model <i>Training</i> dan Model <i>Testing</i>	32
IV.1.2 Hasil perhitungan regresi linear berganda metode <i>stepwise</i>	32
IV.1.2.1 Hasil perhitungan data <i>Training</i> untuk daerah Maros	37
IV.1.2.2 Hasil perhitungan data <i>Testing</i> untuk daerah Maros	37
IV.1.2.3 Hasil perhitungan data <i>Training</i> untuk daerah Pangkep.....	38
IV.1.2.4 Hasil perhitungan data <i>Testing</i> untuk daerah Pangkep.....	38
IV.2 Pembahasan	39
IV.2.1 Model faktor iklim terhadap produksi padi untuk daerah Maros.....	39
IV.2.2 Model faktor iklim terhadap produksi padi untuk daerah Pangkep	40
IV.2.3 Interpretasi hasil regresi linear berganda metode <i>Stepwise</i>	41
IV.2.3.1 Interpretasi data <i>Training</i> untuk daerah Maros.....	41
IV.2.3.2 Interpretasi data <i>Testing</i> untuk daerah Maros	41

IV.2.3.3 Interpretasi data <i>Training</i> untuk daerah Pangkep	42
IV.2.3.4 Interpretasi data <i>Testing</i> untuk daerah Pangkep.....	42
BAB V PENUTUP	44
V.1 Kesimpulan.....	44
V.2 Saran	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Keterampilan model diukur menggunakan korelasi anomali dan RMSE	32
Tabel 4.2 Estimasi koefisien model regresi linear berganda di Maros	38
Tabel 4.3 Estimasi koefisien model regresi linear berganda di Pangkep.....	38
Tabel 4.4 Hubungan antara suhu terhadap produksi padi di Maros.....	39
Tabel 4.5 Hubungan antara suhu terhadap produksi padi di Pangkep.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Sirkulasi Walker dalam keadaan normal dan saat terjadi El-Niño	5
Gambar 2.2 Fase ENSO Netral.....	7
Gambar 2.3 Kondisi saat La-Niña	8
Gambar 2.4 Kondisi saat El-Niño	9
Gambar 2.5 Bagan sirkulasi dasar dalam tahun El-Niño	10
Gambar 2.6 Daerah pengukuran Indeks Osilasi Selatan dan Indeks Niño 3.4.....	12
Gambar 2.7 Fase IOD Netral.....	14
Gambar 2.8 Fase IOD Positif.....	15
Gambar 2.9 Fase IOD Negatif.....	15
Gambar 2.10 Bagan sirkulasi Monsun ketika musim panas dan dingin.....	19
Gambar 2.11 Pola Tipe curah hujan Monsunal (Semarang), ekuatorial (Pontianak) dan tipe hujan lokal (Ambon).....	22
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Periode <i>training</i> tahun 2001-2010 di Maros.....	32
Gambar 4.2 Periode <i>training</i> tahun 2001-2010 di Maros	33
Gambar 4.3 Hasil <i>testing</i> dari seluruh periode tahun 2001-2020 di Maros.....	34
Gambar 4.4 Periode <i>training</i> tahun 2001-2010 di Pangkep.....	36
Gambar 4.5 Periode <i>training</i> tahun 2010-2020 di Pangkep.....	36

Gambar 4.6 Hasil <i>testing</i> dari seluruh periode tahun 2001-2020 di Pangkep.....	37
Gambar 4.7 Hubungan antara produksi padi terhadap suhu di Maros.....	40
Gambar 4.8 Hubungan antara produksi padi terhadap suhu di Pangkep.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Padi (Latin : *Oryza Sativa. L*) merupakan salah satu produk pertanian yang menjadi makanan pokok bagi masyarakat Indonesia. Sebagai bahan pangan utama, tentunya memiliki peranan penting dalam kebutuhan masyarakat dan berbanding lurus terhadap pertambahan jumlah penduduk. Produksi beras tidak selalu stabil, adakalanya terjadi fluktuasi yang ditimbulkan oleh bermacam-macam faktor di antaranya, iklim [1]. Iklim merupakan rerata cuaca pada suatu daerah dalam kurun periode yang lebih panjang serta mencakup wilayah yang lebih luas. Deskripsi iklim memuat informasi seperti rerata suhu pada setiap musim, curah hujan, sinar matahari, dan potensi terjadinya kejadian ekstrem [2]. Faktor utama [3] yang berpengaruh terhadap produksi suatu tanaman adalah keadaan genetik dan faktor lingkungan. Iklim adalah contoh dari faktor lingkungan yang memengaruhi tanaman padi. Keterkaitan curah hujan dan suhu dalam pertumbuhan tanaman menentukan hasil panen yang akan diperoleh. Hasil panen yang baik ditentukan oleh suhu dan curah hujan yang sesuai dengan kondisi padi [4:5] sebab kedua unsur tersebut memberikan efek langsung dan tidak langsung pada tanaman padi. Efek langsungnya adalah pada proses fisiologis yang memengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan biji-bijian tanaman pembentukannya, sedangkan pengaruh secara tidak langsung adalah serangan hama dan penyakit. [6] Peningkatan suhu dapat meningkatkan kualitas produksi padi, tetapi kenaikan suhu di atas ambang suhu tertentu akan berdampak buruk pada produksi beras.

Kabupaten Maros dan Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep) merupakan dua wilayah di Provinsi Sulawesi Selatan dengan kondisi iklim yang hampir mirip, dikarenakan letak geografisnya yang saling berdekatan. Kondisi iklim di Maros terkait curah hujan rata-rata bulanan sebesar 347 mm/bulan dengan 16 hari jumlah rata-rata hari hujan. Kelembaban nisbi berkisar antara 60-82% dengan suhu udara rata-rata sebesar 29°C dan rata-rata kecepatan angin sebesar 2-3 knot/ jam [7]. Sedangkan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, terkait curah hujan rerata bulanan sebesar 241 mm/bulan dengan 13 hari jumlah rata-rata hari hujan. Suhu udara rata-rata sebesar 26,4°C dengan tingkat kelembapan nisbi sekitar 81% [8]. Menurut Oldeman, Kabupaten Maros memiliki iklim bertipe C2 yakni bulan basah sebesar 200 mm dalam waktu 2-3 bulan berturut-turut. Namun terdapat pula anomali bagi sebagian desa di kecamatan Camba sebagaimana kabupaten Maros memiliki ciri iklim Sulawesi Selatan bagian barat. Pada beberapa desa tersebut mengikuti pola iklim daerah timur yakni Oktober-Maret untuk musim panas dan April-September untuk periode musim hujan [7]. Sedangkan kabupaten Pangkajene dan Kepulauan memiliki 3 tipe iklim yaitu tipe C1 (bulan kering kurang dari 2 bulan), tipe C2 (bulan kering 2 sampai 3 bulan), dan tipe untuk bulan kering selama 3 bulan. Dua daerah tersebut memiliki ciri iklim yang hampir mirip yakni bertipe iklim agak basah dengan ciri-ciri bulan basah selama 5 sampai 6 bulan berturut-turut pada kurun waktu setahun dan rata-rata curah hujan sebesar 2.500-3.000 mm/tahun [9].

Berdasarkan penelitian [10] terhadap produksi beras di sepuluh provinsi di Indonesia (termasuk Sulawesi Selatan) dari tahun 1985 hingga 2017, maka diperoleh hasil bahwa ada beberapa perbedaan kondisi iklim di setiap wilayah di Indonesia. Analisis regresi menunjukkan bahwa suhu maksimum dan suhu minimum memiliki dampak positif pada produksi beras, sebaliknya El-Niño dan La-Niña berpengaruh negatif terhadap produksi.

Penelitian lain telah dilakukan di Provinsi Maluku, [11] mengenai produksi tanaman pangan yang dipengaruhi faktor iklim dengan menggunakan data klimatologi dari tahun 1995-2012. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 1997 dan 2002 saat terjadi peristiwa El-Niño mengakibatkan penurunan produksi tanaman pangan di provinsi Maluku. Padi yang umumnya dibudidayakan di lahan basah, mengalami penurunan produksi sebesar 2,9% selama El Nino dan peningkatan produksi sebesar 2,4% saat La-Nina terjadi. Studi lain [12] menunjukkan bahwa perubahan dalam faktor iklim secara signifikan memengaruhi produksi padi dan memiliki perbedaan efek untuk setiap daerah. Misalnya, penurunan produksi beras di dataran tinggi Indonesia lebih rendah dari dataran rendah. Di Jawa, setiap kenaikan 1°C suhu akan mengurangi produksi sebesar 15%. Sementara itu, [10] kenaikan suhu rata-rata tahunan 1°C dapat mengurangi produksi gabah nasional sebesar 1,45%. Oleh karena itu, [12] Perubahan variabel iklim seperti curah hujan, suhu dan kelembaban memiliki efek yang signifikan pada hasil panen. [13] Cuaca yang lebih hangat dan lebih basah di daerah beriklim sedang dan tropis cenderung meningkatkan hama dan penyakit yang dapat mengganggu produksi tanaman. Dalam artian lain [14] Iklim adalah salah satu faktor utama di luar kendali manusia yang menentukan hasil panen. Dalam hal ini, pemodelan dan prediksi hasil panen dengan mempertimbangkan variabel iklim telah menjadi topik penelitian yang menarik. Berdasarkan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa pemodelan faktor iklim terhadap produksi padi merupakan hal yang penting untuk dilakukan. Karena beras sebagai makanan pokok dan selain itu, kebaruan terkait subjek penelitian ini perlu dilakukan terutama untuk wilayah yang berbeda dengan cakupan wilayah yang lebih sempit lagi. Hal ini berdasar pada data meteorologi yang cenderung dinamis dan dampaknya berbeda-beda untuk setiap wilayah.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana fluktuasi produksi padi tahunan di Kabupaten Maros periode tahun 2001-2020 ?
2. Bagaimana fluktuasi produksi padi tahunan di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan periode tahun 2001-2020 ?
3. Bagaimana pengaruh faktor Iklim terhadap produksi padi di Kabupaten Maros ?
4. Bagaimana pengaruh faktor Iklim terhadap produksi padi di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan ?

I.3 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan untuk melihat fluktuasi produksi padi tahunan yang diregresikan dengan menggunakan faktor-faktor Iklim
2. Faktor iklim yang dipakai berupa data lokal Curah Hujan dan Suhu, data anomali iklim global seperti ENSO, IOD dan Monsun.
3. Model yang digunakan adalah *Multiple Stepwise Regression* yang diuji kebenarannya menggunakan metode *Cross-Validated* dan keakuratannya diukur dengan koefisien korelasi (R) dan Root Mean Square Error (RMSE)

I.4 Tujuan Penelitian

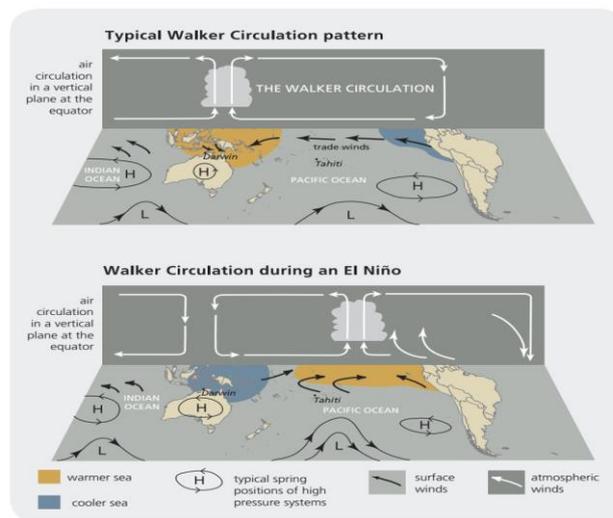
1. Memodelkan variasi produksi padi tahunan di Maros dan Pangkep dengan menggunakan input faktor iklim.
2. Menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dalam menstabilkan produksi padi di dua kabupaten tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sirkulasi Walker

Sirkulasi Walker merupakan sirkulasi zonal dari arah timur ke barat yang pergerakannya mengikuti garis ekuator. Nama Sirkulasi ini diberikan untuk mengenang jasa Sir Gilbert Walker atas penemuannya pada tahun 1920-an terhadap variasi tekanan atmosfer di Samudera Pasifik arah timur-barat [15]. Perbedaan gradien tekanan udara menyebabkan terjadinya Sirkulasi Walker, dimana pada bagian timur dari Samudera Pasifik memiliki tekanan yang tinggi sedangkan pada bagian barat Samudera Pasifik memiliki tekanan udara yang rendah. Di sisi lain, hembusan angin pasat dari timur-barat dan cenderung tetap sepanjang tahun mengakibatkan terjadinya arus permukaan yang membawa masa air ke wilayah pasifik bagian barat [16 : 17].



Gambar 2.1 Pola Sirkulasi Walker dalam keadaan normal dan saat terjadi El-Niño

[18].

Gambar 2.1 menunjukkan pola Sirkulasi Walker. Dalam keadaan normal, bagian barat dari Samudera Pasifik (dekat benua maritim Indonesia) akan mengalami peningkatan

suhu udara yang menyebabkan daerah tersebut sebagai sentral terbentuknya awan konvektif yang mengandung banyak uap air. Sedangkan di bagian timur dari Samudera Pasifik (lepas pantai Amerika Selatan) terjadi kondisi yang sebaliknya [19].

Keberagaman suhu permukaan laut (SST) yang ada di bagian timur dan barat dari Samudera Pasifik memengaruhi jangkauan Sirkulasi Walker. Tekanan atmosfer dibentuk oleh perubahan terhadap SST dan kandungan panas dari samudera yang selanjutnya dialirkan ke atas atmosfer [15]. Pergerakan arus laut yang dipengaruhi oleh angin pasat dan penyinaran matahari secara perlahan akan memanaskan permukaan laut di bagian barat samudera pasifik sehingga suhu permukaan laut mencapai 8-10°C dibandingkan dengan suhu yang ada di samudera Pasifik bagian timur [18].

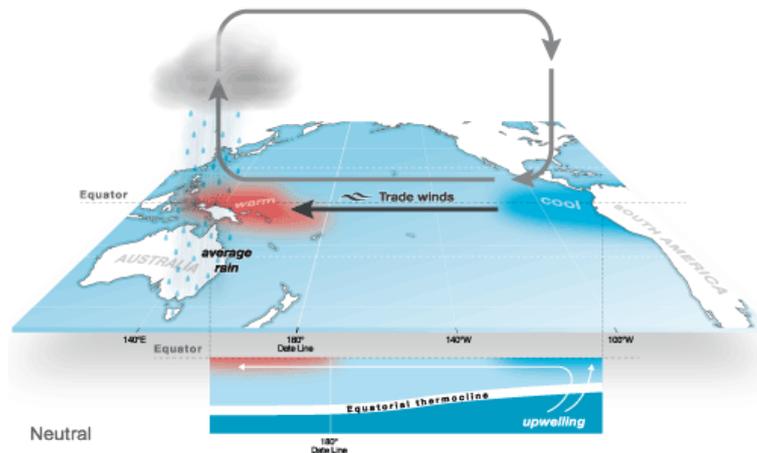
II. 2 ENSO (El-Niño Southern Oscillation)

ENSO ialah peristiwa korelasi antara samudera dan atmosfer di Samudera Pasifik yang menimbulkan adanya perbedaan pada iklim tahunan dunia [20]. Perubahan dalam suhu permukaan laut dan karena adanya masa udara panas samudera, maka selanjutnya akan dialirkan ke atas atmosfer sebagai bentuk perubahan terhadap tekanan atmosfer. Peristiwa interaksi samudera dan atmosfer demikian disebut peristiwa ENSO [15]. Istilah El-Niño dalam bahasa Spanyol yakni bayi laki-laki yang dikaitkan dengan peristiwa Natal pada bulan Desember, ketika itu para nelayan Peru mengamati pergerakan arus hangat tahunan yang lemah dan melewati pantai selatan Peru dan Ekuador sebagai penyebab terhadap tangkapan ikan yang menurun [21]. Namun dalam perkembangannya istilah El-Niño merujuk pada suhu permukaan laut (SST) di Pasifik Ekuator bagian timur yang meningkat dari suhu biasanya. Sedangkan La-Niña merupakan fenomena kebalikan dari El-Niño, dimana suhu permukaan laut di wilayah ekuator bagian timur dari samudera Pasifik lebih rendah dari kondisi normal [22].

Ketika El Niño dan La Niña terjadi, fenomena ini lebih sering disebut sebagai ENSO karena keduanya berkaitan dengan Osilasi Selatan. ENSO memiliki tiga fase yakni, Fase Normal, Fase El-Niño dan Fase La-Niña.

II. 2. 1 Fase ENSO Netral

Pada fase netral, angin pasat menggerakkan udara yang lembap dan hangat menuju ke daerah tropis Samudra Pasifik. Hembusan angin dari arah timur ke barat mengakibatkan daerah Pasifik barat memiliki suhu permukaan laut yang lebih hangat dibandingkan daerah tengah dari Samudra Pasifik yang bersifat relatif sejuk. Evaporasi yang disebabkan oleh suhu permukaan laut di daerah pasifik barat yang lebih hangat menjadikan daerah barat memiliki Termoklin yang lebih dalam dibandingkan daerah timur.



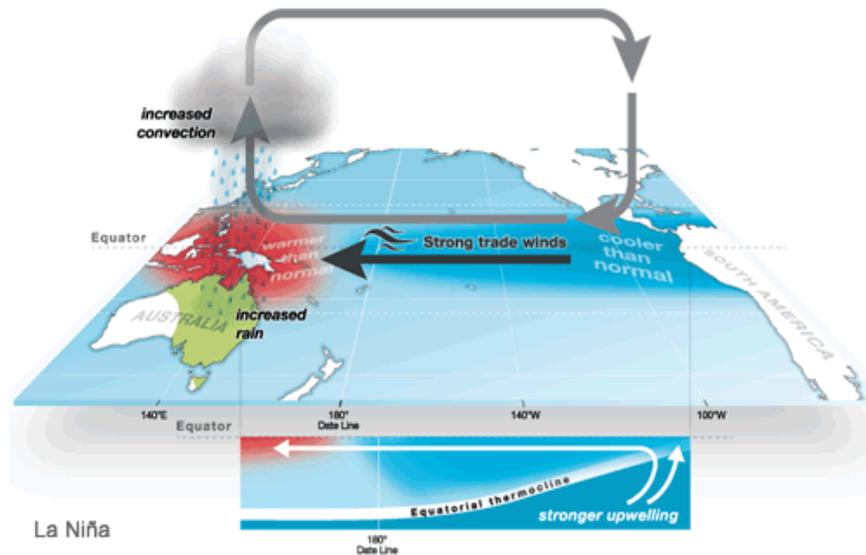
Gambar 2.2 Fase ENSO Netral [23]

Gambar 2.2 menunjukkan kondisi samudera pasifik pada saat ENSO Netral. Peristiwa konveksi atmosfer dapat membentuk awan cumulonimbus sebagai penyebab curah hujan yang tinggi apabila terjadi pergerakan udara hangat dan lembap ke atas atmosfer. Sedangkan udara bersifat lebih kering di bagian timur daerah tropis samudera pasifik dengan kondisi yang lebih dingin.

Suhu permukaan laut di bagian utara dan timur laut Australia kurang lebih atau sama

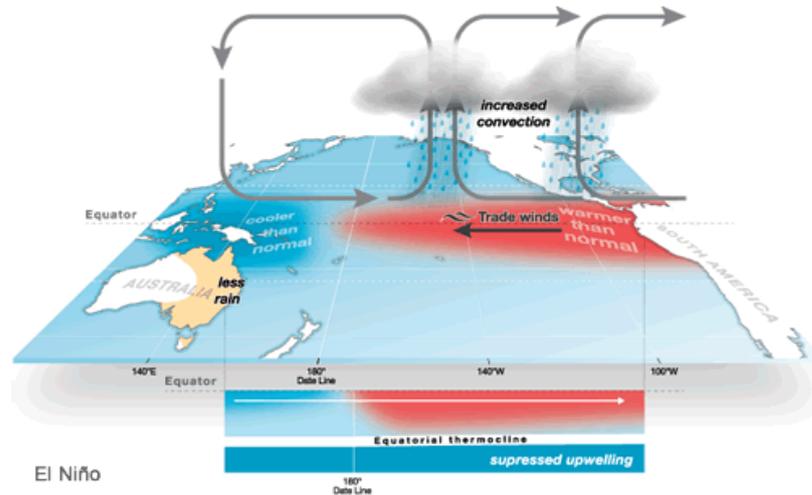
dengan 28°C pada kondisi tahun normal sedangkan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik dekat Amerika Selatan kurang lebih 20°C. Pada kondisi wajar terjadi kenaikan air bersuhu rendah pada laut dalam yang naik ke permukaan dan bersifat membawa banyak nutrisi di daerah dekat tepi laut Amerika Selatan tepatnya di daerah Ekuador serta menyebar sampai ke Peru. Peristiwa ini dikenal sebagai *upwelling* [24].

II. 2. 2 Fase La-Niña dan El-Niño



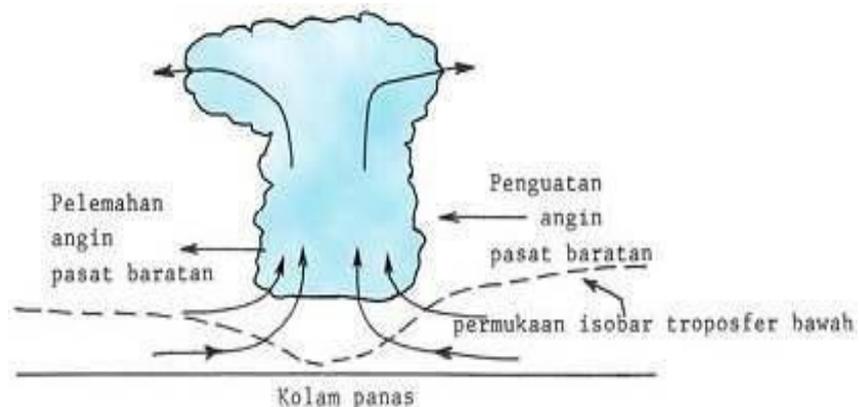
Gambar 2.3 Kondisi saat La-Niña [23]

Gambar 2.3 di atas menunjukkan selama peristiwa La Niña, Sirkulasi Walker dan Angin Pasat menyebabkan daerah Pasifik barat mengalami peningkatan aliran konveksi. Ketika terjadi peningkatan intensitas angin pasat akan menyebabkan suhu di permukaan laut wilayah Australia utara dan Indonesia menjadi lebih hangat. Hal ini dipicu oleh genangan air hangat yang dibawa oleh angin pasat ke wilayah tropis bagian barat samudera Pasifik. Kondisi sebaliknya terjadi di bagian tengah hingga timur dari samudera pasifik dimana suhu permukaan laut lebih dingin dari biasanya sehingga menyebabkan terjadinya *Upwelling* yakni pergerakan lapisan termoklin yang mendekati permukaan [23].



Gambar 2.4 Kondisi saat El-Niño [23]

Gambar 2.3 di atas menunjukkan kondisi saat El Niño terjadi. Peristiwa itu ditandai dengan kolam air hangat yang berpindah ke arah tengah hingga timur dari samudera Pasifik. Hal ini disebabkan oleh intensitas angin pasat yang berubah menjadi lemah atau bahkan terjadi pembalikan arah. Suhu laut menjadi lebih hangat dari biasanya dikaitkan dengan letak termoklin yang lebih dalam di Pasifik tengah hingga timur. Meningkatnya temperatur muka laut atau *sea surface temperature* menyebabkan terjadinya banyak penguapan dan konveksi yang kuat di daerah bagian timur samudera pasifik. Kondisi sebaliknya terjadi di Indonesia yakni curah hujan menurun atau bahkan dapat menyebabkan terjadinya kekeringan.



Gambar 2.5 Bagan sirkulasi dasar dalam tahun El-Niño [15].

Gambar 2.5 Menunjukkan sirkulasi zonal yang menyebar ketika peristiwa El-Niño terjadi di wilayah Indonesia dan sekitarnya. Sirkulasi ini menyebabkan parcel udara yang bersifat kering dan padat di atmosfer menjadi turun atau dikenal dengan istilah Subsistensi. Sehingga Indonesia mengalami penurunan curah hujan atau bahkan dapat menyebabkan bencana kekeringan. Hal ini akan berdampak pada pergeseran musim menanam padi di tahun-tahun terjadinya El-Niño. Apabila tidak ada sistem irigasi dapat mengakibatkan terjadinya penurunan produksi padi. Musim kemarau menjadi lebih panjang dan musim hujan menjadi lebih pendek ketika terjadi peristiwa El-Niño. Sedangkan di wilayah tengah hingga timur dari samudera pasifik terjadi banyak penguapan akibat berkumpulnya banyak awan konveksi [15].

II.3 Indeks Osilasi Selatan (*Southern Oscillation Index*)

Osilasi Selatan adalah mekanisme yang berbanding terbalik antara tekanan udara yang tinggi dan rendah pada wilayah timur dan barat daerah tropis di Samudera Pasifik serta berkaitan dengan besar atau kecilnya intensitas dari Sirkulasi Walker [25]. Besarnya nilai Osilasi Selatan dinyatakan dalam Indeks Osilasi Selatan (IOS) yang bisa mengidentifikasi kejadian El-Niño dan La-Niña di Samudera Pasifik. Karena besar energi El-Niño selalu berubah maka Intensitasnya dapat diukur melalui peningkatan nilai tekanan udara di atas rata-rata sebagai akibat dari anomali suhu permukaan laut. Perubahan nilai tekanan udara terukur dalam Indeks Osilasi Selatan yang mengidentifikasi besarnya intensitas El-Niño dilihat dari nilai SOI yang semakin negatif. Demikian pula sebaliknya, semakin positif IOS maka semakin besar indikasi La-Niña. Perhitungan IOS diukur berdasarkan anomali terhadap beda tekanan antara permukaan laut di Tahiti dan Darwin. Indeks Osilasi Selatan dikalkulasikan melalui data yang diambil dari dua wilayah di ekuator bagian selatan yakni Tahiti (17°LS dan

150°BB) dan Darwin (12°LS dan 130°BT). Nilai *Southern Oscillation Indeks* (SOI) diambil dari rumus yang telah ditemukan sebelumnya [26], kemudian digunakan oleh *Bureau of Meteorology* (BoM) Australia dalam persamaan berikut :

$$SOI = \frac{MSLP\ Tahiti - MSLP\ Darwin}{MSD} \times 10 \quad (2.1)$$

Keterangan :

SOI = *Southern Oscillation Index*

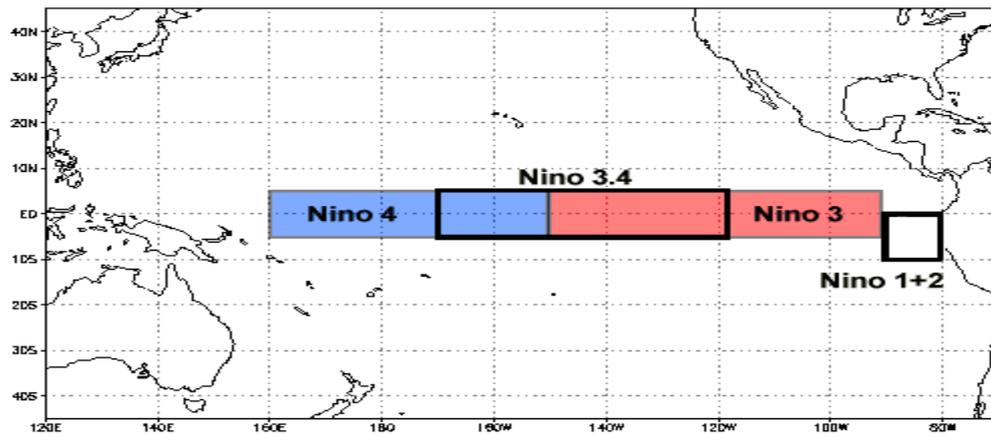
MSLP = *Mean sea-level pressure*

MSD = *Monthly standard deviation*

Perkalian dengan 10 adalah konversi. Dengan menggunakan konversi ini, SOI berkisar dari sekitar -35 hingga sekitar +35, dan nilai SOI dapat dikutip sebagai bilangan bulat. Apabila di Tahiti memiliki tekanan udara yang lebih besar dibandingkan Darwin maka SOI akan bernilai positif, demikian pula sebaliknya ketika SOI bernilai negatif. Kategori yang ditentukan oleh *Bureau of Meteorology* (BoM) Australia, yaitu apabila nilai SOI kecil dari negatif tujuh secara terus menerus menunjukkan kejadian El-Niño sedangkan nilai SOI besar dari positif tujuh secara terus menerus menunjukkan kejadian La-Niña [27].

II.4 Ocean Niño Indeks (ONI) 3.4

Oceanic Niño Indeks (ONI) merupakan pengelompokkan wilayah dalam pengukuran suhu permukaan laut. Pembagian ini didasarkan atas kajian klasik terhadap daerah yang diamati nilai SST [28] dan kemudian mengalami perubahan [29], yaitu Niño 1+2 (0°-10°LS, 90°-80°BB), Niño 3 (5°LU-5°LS, 150°-90°BB), Niño 4 (5°LU-5°LS, 160°BT-150°BB) dan Niño 3.4 (5°LU-5°LS, 170°-120°BB).



Gambar 2.6 Daerah pengukuran Indeks Osilasi Selatan dan Indeks Niño 3.4 [30].

Gambar 2.6 di atas menunjukkan pembagian daerah osilasi di sepanjang samudera pasifik. Intensitas kejadian El-Niño maupun La-Niña dapat diukur berdasarkan besar penyimpangan terhadap suhu permukaan air laut. [31] Oleh karena itu Intesitas dari El-Niño terbagi dalam 3 kelompok yakni :

1. El-Niño kuat apabila anomali $> 1,5^{\circ}\text{C}$ dan terjadi minimal dalam 3 bulan secara terus menerus,
2. El-Niño Sedang (moderat) untuk $+1,1^{\circ}$ sampai $+1,5^{\circ}\text{C}$ apabila terjadi secara terus menerus minimal dalam 3 bulan,
3. El-Niño Lemah untuk $+0,5^{\circ}\text{C}$ - $1,0^{\circ}\text{C}$ apabila berlangsung secara terus menerus minimal dalam 3 bulan.

Sedangkan intensitas La-Niña diukur dari penyimpangan suhu permukaan laut [23]:

1. La-Niña bersifat lemah apabila nilai suhu permukaan laut $< 0,5^{\circ}\text{C}$ apabila terjadi secara terus menerus minimal dalam 3 bulan,
2. La-Niña bersifat sedang apabila nilai suhu permukaan laut antara $-0,5^{\circ}\text{C}$ s/d -1°C apabila terjadi secara terus menerus minimal dalam 3 bulan,

3. La-Niña bersifat kuat apabila nilai suhu permukaan laut bernilai >-1 °C dan berlangsung minimal 3 bulan berturut-turut

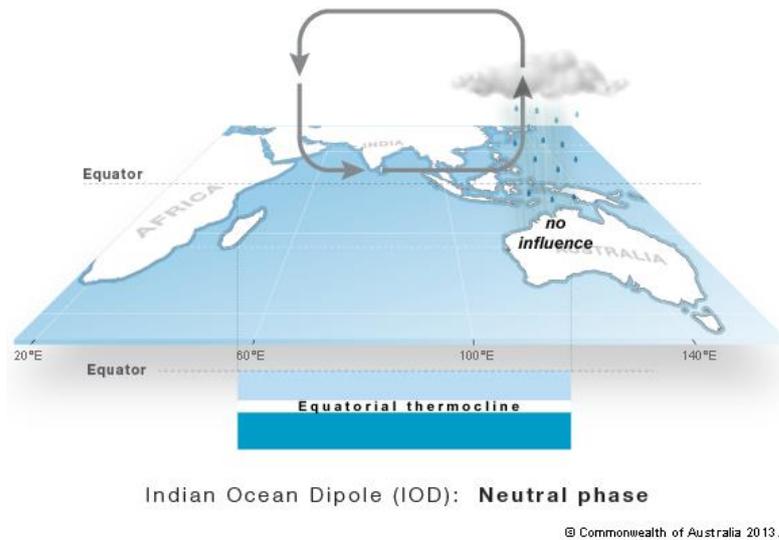
II.5 Indian Ocean Dipole (IOD)

Indian Ocean Dipole (IOD) merupakan mode alami variabilitas iklim yang ditemukan pada akhir abad ke-20 sebagai interaksi laut-atmosfer di Samudera Hindia. Hal ini berkaitan dengan perubahan besar keadaan atmosfer laut di atas Samudra Hindia bagian khatulistiwa di skala waktu antar tahunan. Variabilitas IOD menonjol selama *summer* dan *autumn* di belahan bumi utara (BBU), dengan intensitas maksimum berkembang pada akhir musim gugur BBU. Antara puncak fase negatif dan positif IOD, menggambarkan perbedaan yang nyata dalam anomali suhu permukaan laut dan memengaruhi curah hujan. Dalam fase positifnya mengakibatkan pendinginan di bagian timur, dan pemanasan moderat di daerah tengah hingga barat dari wilayah khatulistiwa di Samudera Hindia. Peristiwa ini mengakibatkan terjadinya defisit curah hujan pada daerah timur, serta kelebihan curah hujan di daerah barat Samudra Hindia [32].

IOD memiliki tiga fase: netral, positif dan negatif. Peristiwa ini biasanya dimulai sekitar bulan Mei atau Juni, puncaknya antara Agustus dan Oktober dan kemudian dengan cepat menghilang ketika monsun tiba di belahan bumi selatan sekitar akhir musim semi [33].

II.5.1 Fase IOD Netral

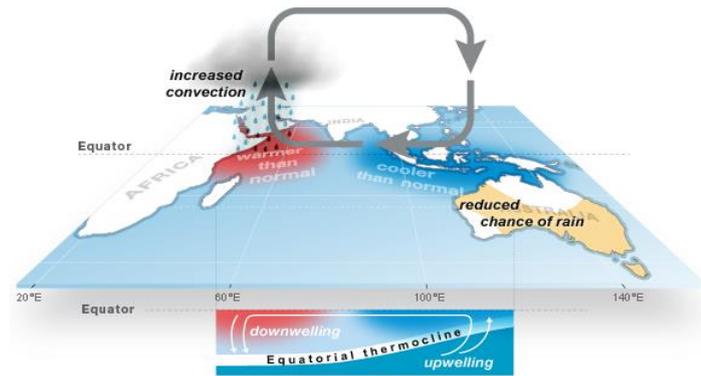
Air dari Pasifik mengalir di antara pulau-pulau di Indonesia membuat laut di barat laut Australia tetap hangat. Udara naik di atas daerah ini dan jatuh di atas bagian barat cekungan Samudra Hindia, kemudian angin barat berhembus di sepanjang ekuator yang mengakibatkan seluruh daerah tropis dari samudera Hindia memiliki suhu udara yang menghampiri normal.



Gambar 2.7 Fase IOD Netral [33]

II.5.1 Fase IOD Positif dan Negatif

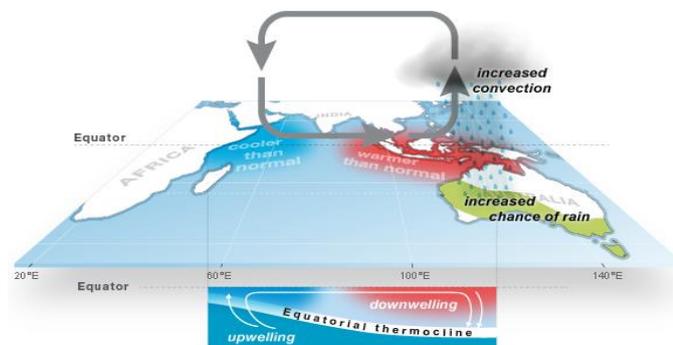
Pada fase positif, angin barat melemah di sepanjang khatulistiwa yang memungkinkan air hangat bergeser ke arah Afrika. Perubahan angin juga memungkinkan air dingin naik dari laut dalam di timur. Hal ini menyebabkan perbedaan suhu antara Samudra Hindia tropis dengan air yang lebih dingin dari biasanya di timur dan lebih hangat dari air normal di barat. Sedangkan pada fase negatif, angin barat meningkat di sepanjang khatulistiwa, memungkinkan perairan yang lebih hangat terkonsentrasi di dekat Australia. Hal ini menyebabkan perbedaan suhu di seluruh Samudra Hindia tropis dengan air yang lebih panas di wilayah timur serta lebih dingin di wilayah barat dari keadaan biasanya [33].



Indian Ocean Dipole (IOD): **Positive phase**

© Commonwealth of Australia 2013.

Gambar 2.8 Fase IOD Positif [33]



Indian Ocean Dipole (IOD): **Negative phase**

© Commonwealth of Australia 2013.

Gambar 2.9 Fase IOD Negatif [33]

II.6 Angin Monsun

Monsun dalam bahasa Inggris diterjemahkan sebagai *Season*, dalam bahasa Arab sebagai *Mausim* dan dalam bahasa Indonesia sebagai musim. Arah angin monsun berubah berdasarkan pergantian musim. Ketika terjadi perubahan arah angin maka gradien tekanan ikut berubah atau mengalami pembalikan. Gaya gradien tekanan merupakan gaya yang dihasilkan oleh perbedaan tekanan di atmosfer (F_p) yang diformulasikan sebagai berikut [15] :

$$F_p = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \quad (2.2)$$

Selain itu pula terdapat angin geostropik yang merupakan perbandingan antara gaya gradien tekanan terhadap gaya coriolis. Angin ini terjadi pada ketinggian sekitar 1500m saat mengabaikan efek dari gesekan permukaan dan letaknya sejajar dengan garis isobar. Angin geostropik dirumuskan sebagai berikut :

$$V_g = \frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n} \quad (2.3)$$

Keterangan :

V : kecepatan angin Geostropik (g)

∂p : perbedaan antara tekanan tinggi dan rendah

∂n : jarak dua isobar

ρ : kerapatan udara

f : parameter Coriolis, $f = 2\Omega \sin \phi$

ϕ : lintang geografi

Ω : Kecepatan sudut rotasi bumi ($7.29 \times 10^{-5} \text{ rad.s}^{-1}$)

Tanda negatif dalam persamaan (2.2) mengisyaratkan bahwa gaya gradien tekanan (F), arah tekanannya (P) dari tinggi ke rendah.

Angin Monsun memiliki periode yang berubah arah setiap 6 bulan sekali. Perbedaan kemampuan menyimpan kalor antara benua dan samudera menyebabkan terjadinya angin monsun. Sifat permukaan samudera terhadap radiasi matahari diserap lebih banyak daripada benua. Selain itu juga arus laut membantu radiasi matahari agar mencapai kedalaman laut tertentu. Sedangkan panas matahari di darat hanya diserap dalam kedalaman beberapa sentimeter saja. Perbedaan sifat fisis antara benua dan samudera mengakibatkan wilayah daratan cepat mengalami pemanasan akibat efek radiasi matahari dibandingkan wilayah samudera yang lebih lama panas dan menyimpan

kalor lebih lama bahkan di saat tidak ada radiasi matahari. Hal ini merupakan dampak pada karakteristik samudera yang lebih dingin saat musim panas dibandingkan daratan dan lebih panas saat musim dingin. Angin monsun dapat berbalik arah apabila terjadi pembalikan arah gaya gradien tekanan di saat terjadi perubahan musim[15].

II.6.1 Monsun Asia

Gerak semu tahunan matahari berada di wilayah Australia pada rentang bulan Oktober-April mengakibatkan terjadinya musim panas. Pada periode tersebut kondisi udara di Australia bertekanan rendah sedangkan di wilayah Asia bertekanan tinggi sehingga angin akan berhembus dari Asia ke Australia. Akibatnya angin akan bergerak dari Asia ke Australia. Pergerakan angin ke Australia membawa banyak uap air karena melewati wilayah laut yang luas seperti Laut Cina Selatan dan Samudera Pasifik hingga menyebabkan daerah di sekitarnya termasuk Indonesia berpotensi terhadap peningkatan curah hujan. Angin ini disebut sebagai Monsun Asia. Peristiwa El-Niño dapat melemahkan sirkulasi Monsun Asia, karena akan terjadi pembelokkan arah angin ke samudera pasifik bagian tengah hingga timur, sebab tekanan udara di wilayah tersebut menjadi rendah akibatnya wilayah di Indonesia akan terjadi defisit curah hujan [21].

Monsun Asia memiliki 2 subsistem yang berbeda dari seluruh sistem monsun asia yang ada. Subsistem tersebut yakni monsun Asia timur dan monsun Asia selatan akibat adanya perbandingan yang kontras antara darat dan laut serta perbedaan letak relatif terhadap dataran tinggi di Tibet [34: 35].

Monsun Musim Panas Asia (ASM) adalah salah satu dari komponen energi yang terbesar dari sistem iklim bumi, sehingga kajian variasi antar tahunan ASM menjadi hal yang sangat penting [36]. Indeks WNPMI [34:36] merupakan perbedaan angin zonal pada 850 milibar antara wilayah selatan (100° BT – 130° BT, 5° LU – 15° LU) dan utara

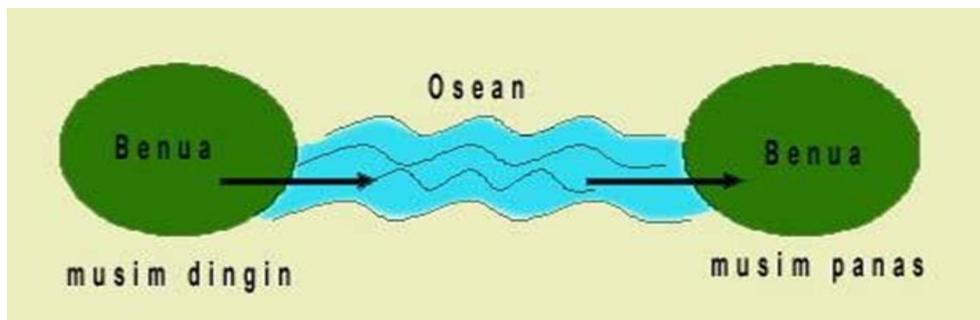
(110° BT –140° BT, 20° LU–30° LU).

II.6.2 Monsun Australia

Keadaan yang sebaliknya ketika Monsun Australia terjadi, maka di wilayah Indonesia dan sekitarnya bisa terjadi musim kemarau karena uap air yang dibawa dari Australia ke Asia dalam jumlah sedikit, sebab pergerakannya hanya melewati wilayah laut yang sempit dan daerah di utara Australia merupakan wilayah gurun sehingga tidak ada uap air yang bisa diserap. [21].

Wilayah utara Australia yang terletak pada 25°S dikategorikan sebagai tipe monsunal berdasarkan kriteria perbedaan sirkulasi atmosfer pada rentang bulan Januari-Juli. Melalui proses kajian terhadap massa udara di daerah Australia, model sirkulasi di samudera Hindia bagian timur dan proses pemanasan di wilayah Australia Utara, maka arus monsunal dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu Pseudo Monsun, Quasi Monsun dan True Monsun [35].

Monsun Australia terukur dalam indeks yang disebut AUSMI (*Australian monsoon index*) melalui perataan angin zonal di level 850 milibar di atas wilayah 110° BT – 130° BT, 5° LS – 15° LS. Monsun Australia dapat digambarkan secara luas melalui indeks ini serta berkaitan terhadap pola musiman dan variabilitas tahunan [35].



Gambar 2.10 Bagan sirkulasi Monsun ketika musim panas dan dingin [35].

Gambar 2.10 di atas menunjukkan pola monsun yang berpengaruh terhadap curah hujan musiman yaitu musim panas dan dingin. Sirkulasi ini menghasilkan periode hujan apabila terjadi hembusan angin ke pantai (daratan) ketika musim panas dan periode kering jika angin berhembus menuju ke lepas pantai (lautan) saat terjadi musim dingin.

II.7 Suhu Udara

Suhu udara adalah satu dari berbagai unsur cuaca dan iklim yang paling penting. Suhu udara adalah ukuran kandungan panas atmosfer sebagai respons terhadap efek gabungan penyerapan di permukaan bumi terhadap radiasi matahari, fluks vertikal panas sensibel dan laten yang dilepaskan ke udara melalui proses konveksi, dan pergerakan adveksi horizontal massa udara hangat dan dingin. Suhu atmosfer dikendalikan oleh sistem interaksi yang kompleks antara biosfer, atmosfer, dan litosfer. Energi terus menerus dipertukarkan antara permukaan dan udara di atas tempat dan sirkulasi udara di seluruh dunia [37].

Fahrenheit merupakan skala yang lumrah digunakan untuk mengukur suhu di Inggris sedangkan negara di seluruh dunia lebih banyak menggunakan skala Celcius. Konversi derajat Fahrenheit menjadi Celcius dirumuskan sebagai berikut [38] :

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) \quad (2.4)$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 \quad (2.5)$$

Dalam kondisi tertentu sering menggunakan skala Kelvin yang merupakan skala mutlak dari suhu dengan menambahkan 273 pada derajat Celcius [38].

II.8 Curah hujan

Curah hujan adalah tingginya air hujan yang terkumpul dalam tempat datar, tidak

menguap dan tidak mengalir dan biasanya diukur dalam satuan milimeter [38]. Hujan merupakan contoh dari presipitasi. [15] Presipitasi dapat didefinisikan sebagai *output* dari atmosfer yang jenuh kemudian mengembun lalu jatuh di permukaan bumi dalam bentuk yang cair, misalnya tetes hujan dan bisa juga dalam bentuk padatan, misalnya salju. Di negara Indonesia, istilah presipitasi diartikan sebagai hujan karena sangat jarang terjadi presipitasi berbetuk padatan es. Curah hujan memiliki keragaman dalam skala ruang maupun waktu. Variabilitas dalam skala ruang, sangat ditentukan oleh letak geografi, topografi, arah angin dan letak lintang. Sedangkan variabilitas pada skala waktu terbagi menjadi tipe curah hujan harian, tipe bulanan bahkan tahunan. Faktor lokal cenderung memengaruhi keragaman curah hujan harian, pengaruh angin darat dan laut memengaruhi tipe bulanan ditambah dengan peristiwa konveksi dan arah aliran udara di permukaan serta variasi sebaran antara daratan dan lautan. Variabilitas curah hujan tahunan disebabkan oleh sifat atmosfer global, siklon tropis dan lain sebagainya [39].

Ada tiga jenis hujan yakni sebagai berikut [38] :

1. Hujan konvektif

Hujan ini terbentuk sebagai akibat dari pemanasan oleh sinar matahari yang menyebabkan udara naik dan memuai. Udara yang naik secara vertikal dan bersifat lembab kemudian mengembun dan terbentuklah awan cumulonimbus (Cb) sebagai awan penghasil terjadinya hujan deras. Hujan ini biasanya meliputi wilayah yang relatif sempit sehingga peristiwa hujan deras berlangsung tidak lama.

2. Hujan orografik

Hujan orografik terbentuk akibat massa udara yang dipaksa naik ketika melewati daerah pegunungan atau bukit. Sesudah kondensasi terjadi, terbentuklah awan pada lereng yang

disebut sebagai daerah atas angin (*windward side*). Sedangkan pada daerah bawah angin (*leeward side*) terjadi pergerakan udara secara menurun lalu mengalami pemasan yang sifatnya kering. Daerah ini dinamakan sebagai daerah bayangan hujan.

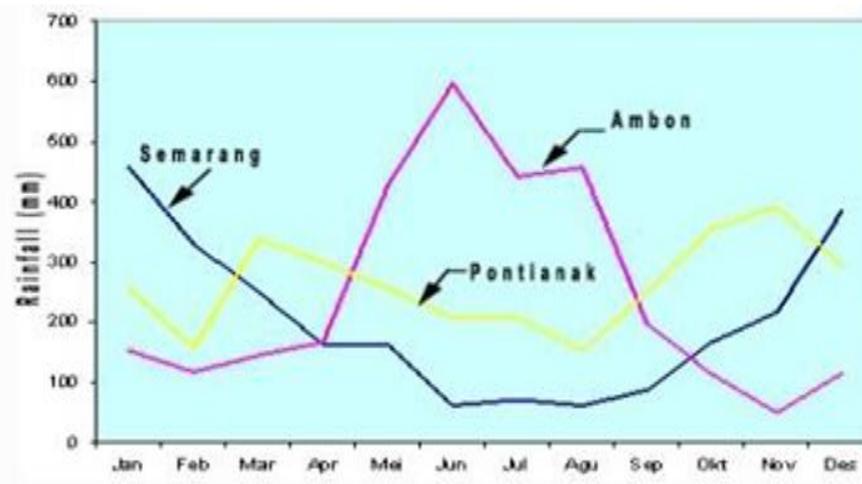
3. Hujan konvergensi dan frontal

Hujan ini terbentuk apabila terjadi pertemuan antara dua masa udara secara horizontal namun keduanya berbeda suhu dan massa jenis yang menyebabkan massa udara yang lebih panas berada di atas massa udara yang dingin. Bidang yang membatasi antara kedua massa yang memiliki perbedaan sifat fisis tersebut dinamakan front.

Sedangkan pola hujan di Indonesia terdiri dari tiga jenis yakni [38] :

1. Pola curah hujan jenis monsun

Penyebaran curah hujan bulanan bentuknya seperti huruf "V" dengan jumlah curah hujan musiman pada bulan Juni, Juli, atau Agustus. Monsun barat menyebabkan banyak terjadi presipitasi, sebaliknya ketika Monsun timur terjadi defisit curah hujan. Wilayah-wilayah di Indonesia banyak mengalami curah hujan jenis ini.



Gambar 2.11 Pola Tipe curah hujan Monsunal (Semarang), ekuatorial (Pontianak) dan tipe hujan lokal (Ambon) [40].

2. Pola curah hujan jenis ekuator

Jenis hujan ini biasanya terjadi di wilayah yang tepat dilalui oleh garis khatulistiwa.

Ketika matahari berada di ekuator maka akan menyebabkan curah hujan maksimum.

3. Pola curah hujan jenis lokal

Penyebaran curah hujan bulanan pada model ini berbanding terbalik dengan curah hujan Monsun karena faktor lokal lebih mendominasi. Daerah yang memiliki sifat lokal misalnya, Ambon.

II.9 Tanaman Padi

Padi merupakan jenis tanaman pangan berupa rumput berumpun yang berasal dari dua benua Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis. Menurut bukti histori, padi mulai ditanam sejak 3.000 tahun SM di Cina. Padi memiliki dua subspecies yakni *yaponica* (padi bulu) yang ditanam di daerah subtropis dan *Indica* (padi cere) yang ditanam di Indonesia. Berdasarkan tempat membudidayakannya padi dibagi ke dalam dua jenis yakni padi sawah dan padi ladang (gogo). Perbedaannya terletak pada kebutuhan air, yakni pada padi sawah harus selalu tergenang air sedangkan padi gogo ditanam di lahan kering [41].

Tanaman padi mampu bertumbuh dengan baik di tempat yang bersuhu panas dan terdapat banyak air. Topografi yang cocok untuk menanam padi yakni pada wilayah dataran rendah hingga ketinggian 1300 MDPL. Sedangkan curah hujan yang cocok dengan pertumbuhan padi sekitar 1500-2000 mm per tahun. Faktor lain agar pertumbuhannya optimal terkait dengan lingkungan yang terbuka pada suhu normalnya kira-kira 23°C, tanah di sekitarnya mengandung fraksi pasir, debu dan lempung serta ketersediaan air yang cukup. Pertumbuhan padi yang ideal terjadi di tanah yang memiliki Ph antara 4-7 [42].

II.10 Produksi Padi

Padi merupakan komoditas pertanian yang menjadi bahan pangan pokok bagi masyarakat Indonesia. Sebagai pangan utama tentunya kebutuhan padi akan selalu meningkat apabila jumlah penduduk juga semakin bertambah. Namun di sisi lain produksi padi tiap tahunnya tidak selalu sama atau mengalami fluktuasi [1]. Apabila produksi padi mengalami penurunan akibat gagal panen atau karena faktor lain maka akan berpengaruh besar terhadap kebutuhan pangan Nasional [41].

Ketidakpastian dalam produksi menjadi salah satu ciri khusus pada bidang agraris yang susah dikendalikan karena dipengaruhi oleh faktor iklim. Hal ini tentunya berdampak terhadap variabilitas produksi sebagai akibat dari iklim yang sering berubah-ubah. Apabila kondisi iklim itu kondusif bagi tanaman padi tentu akan meningkatkan hasil produksi, demikian pula sebaliknya jika kondisinya tidak kondusif maka akan mengakibatkan hasil produksi menurun [43].

II.11 Metode Pendekatan

II.11.1 Metode Statistik

Model statistik digunakan untuk mengetahui keberadaan nilai masukan dan luaran dengan menggunakan kumpulan data historis. Tujuannya untuk menentukan korelasi antara dua variabel berdasarkan analisis statistik yang dibuat pada catatan histori dari data yang disebut sebagai *time series*. Dua set variabel tersebut yakni :

1. Satu set variabel yang akan diprediksi (Y), dinamakan prediktan atau respon / variabel dependen.
2. Satu set variabel yang digunakan untuk membuat prediksi (X), dinamakan prediktor atau variabel independen.

II.11.2. Metode *Stepwise Regression*

Metode *stepwise*/bertatar merupakan prosedur untuk memilih peubah bebas x_i yang dominan kemudian dibuatkan input model regresi untuk mengetahui peubah tak bebas y pada setiap satuan x_i . Metode ini adalah gabungan dari analisis penyisihan mundur (*backward procedure*) dan analisis pemilihan maju (*forward procedure*). Tahapan pada model ini diawali dengan memasukkan peubah bebas yang memiliki korelasi tertinggi terhadap y , selanjutnya dilanjutkan dengan perhitungan koefisien korelasi parsial, kemudian nilai tertinggi akan masuk ke dalam model [44]. Dalam hasil prediksi, model bertatar memiliki keakuratan hasil prediksi yang lebih baik dibandingkan dengan model regresi lengkap dalam pemodelan hasil tanaman [45]. Selain itu, regresi *stepwise* memiliki prosedur yang termasuk salah satu prosedur terbaik dalam pemilihan himpunan variabel prediktor. Pendekatan analisis regresi dinyatakan dalam persamaan berikut [46:47]:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (2.6)$$

Dimana :

Y = variabel bergantung

β_0 = konstanta regresi

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = koefisien regresi

X_1, X_2, \dots, X_k = variabel bebas

ε = galat taksiran (sisa residu).

II.12 Verifikasi Prediksi

II.12.1 Cross-Validation

Cross-Validation adalah skenario untuk menilai bagaimana hasil analisis statistik akan digeneralisasikan ke *dataset* yang *independen*. Selain itu, skenario ini juga memprediksi seberapa akurat model prediksi dalam praktiknya. Cross-validation bertujuan untuk mendefinisikan kumpulan data untuk menguji model dalam fase pelatihan/*Training*, yakni pengujian data untuk meminimalisir terjadinya masalah seperti *overfitting*, contohnya. Dalam model ini akan diberikan kumpulan data/*dataset* yang telah diketahui sebelumnya untuk dipakai saat melaksanakan metode *training*, beserta kumpulan data yang tidak diketahui terhadap model tersebut sehingga nantinya akan menghasilkan data *testing* [48].

II.12.2 Korelasi Pearson

Korelasi Pearson [49] merupakan korelasi sederhana yang terdiri dari satu variabel terikat/*dependent* dan satu variabel bebas/*independent*. Koefisien Pearson yang dihasilkan oleh koefisien korelasi akan digunakan untuk mengukur seberapa kuat hubungan linear dari dua variabel tadi. Jika hubungannya tidak linier, maka koefisien korelasi pearson tidak menggambarkan besarnya korelasi antara dua faktor yang sementara dilakukan penelitian bahkan jika kedua faktor memiliki hubungan yang kuat.

Koefisien korelasi dirumuskan dalam [50] :

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2\} \{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2\}}} \quad (2.7)$$

Dengan :

R = Koefisien korelasi Pearson antara data prediksi dan data observasi

n = Banyak sampel

x_i = Variabel bebas

y_i = Variabel terikat

Nilai koefisien korelasi di antara rentang -1 sampai +1. Jika $R = 1$, maka korelasi positif sempurna, apabila -1, maka korelasi negatif sempurna dan apabila 0, maka tidak ada hubungan antara kedua variabel tersebut. Jika nilai R semakin mendekati satu (1) artinya korelasi semakin baik.

II.12.3 Root Mean Square Error (RMSE)

Root mean square error merupakan metode evaluasi dalam teknik peramalan yang bertujuan untuk mengukur tingkat keakuratan hasil perkiraan suatu model. Nilai rata-rata kuadrat dari jumlah kesalahan model prediksi merupakan esensi dari nilai RMSE tersebut [51]. Dengan kata lain, bahwa nilai RMSE merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil nilainya (mendekati 0), maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan [50] berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (2.8)$$

Dengan :

n = jumlah data

X_i = data observasi

Y_i = data prediksi