

Skripsi Geofisika

**ANALISIS PENGARUH *EL NINO SOUTHERN OSCILLATION*
TERHADAP CURAH HUJAN DI PULAU SULAWESI**



OLEH:

Nurjinaan Fakri A.Mallarangeng

H061191054

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

2023

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS PENGARUH *EL NINO SOUTHERN OSCILLATION*
TERHADAP CURAH HUJAN DI PULAU SULAWESI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH

NURJINAAN FAKRI A.MALLARANGENG

H061191054

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH EL NINO SOUTHERN OSCILLATION
TERHADAP CURAH HUJAN DI PULAU SULAWESI**

Disusun dan Diajukan Oleh:

NURJINAAN FAKRI A.MALLARANGENG

H061191054

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 13 Januari 2023

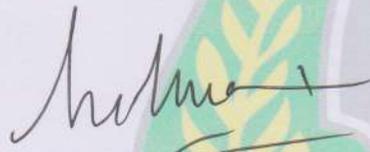
Dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc

NIP. 196303151987101001



Dr. Erfan, M.Si

NIP. 196709032001121001

**Ketua Departemen Geofisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin Makassar**



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng

NIP.196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurjinaan Fakri A.Mallarangeng

NIM : H061191054

Departemen : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *El Nino Southern Oscillation* Terhadap Curah Hujan di Pulau Sulawesi

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 Januari 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Nurjinaan Fakri A.Mallarangeng

SARI BACAAN

Prediksi Curah hujan seringkali dilakukan untuk memberikan antisipasi dimasa yang akan datang mengenai curah hujan yang akan terjadi. Wilayah Sulawesi termasuk kedalam wilayah yang dimana dipengaruhi kuat oleh fenomena ENSO. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi prediksi curah hujan *Indonesia's climate change projections* di Pulau Sulawesi dan menganalisis pengaruh *El Nino Southern Oscillation* terhadap curah hujan di Pulau Sulawesi. Untuk memverifikasi suatu prediksi dilakukan perhitungan nilai akurasi prediksi menggunakan *Heidke Skill Score* menggunakan data curah hujan. Untuk melihat pengaruh ENSO terhadap curah hujan dilakukan perhitungan korelasi menggunakan data Nino 3.4 dan data curah hujan. Berdasarkan hasil untuk verifikasi prediksi menggunakan *Heidke Skill Score* di dapatkan nilai dalam rentang 0 - 0.41 yang artinya prediksi yang dilakukan oleh *Indonesia's Climate Change Projections* masih belum tepat. Untuk korelasi *El Nino Southern Oscillation* dengan curah hujan didapatkan nilai dalam rentang 0.01 - -0.85 yang artinya pengaruh *El Nino Southern Oscillation* terhadap curah hujan rendah hingga tinggi di Pulau Sulawesi.

Kata kunci: Curah hujan, ENSO, *Heidke Skill Score* dan korelasi.

ABSTRACT

Prediction of rainfall is to anticipate in the future regarding rainfall that will occur. The Sulawesi region is included in the areas that are strongly affected by the ENSO phenomenon. This study aims to verify predictions of Indonesia's climate change rainfall on Sulawesi Island and analyze the effect of *El Nino Southern Oscillation* on rainfall on Sulawesi Island. To verify a prediction, the prediction accuracy value is calculated using the *Heidke Skill Score* using rainfall data. To determine the effect of ENSO on rainfall, correlation calculations were performed using Nino 3.4 data and rainfall data. Based on the results for verifying predictions using the *Heidke Skill Score*, values are obtained in the range 0 - 0.41, which means that the predictions made by Indonesia's Climate Change Projections are still not correct. For the correlation of the *El Nino Southern Oscillation* with rainfall, values were obtained in the range of 0.01 - -0.85, which means that the influence of *El Nino Southern Oscillation* on rainfall is low to high in Sulawesi Island.

Keywords: Rainfall, ENSO, *Heidke Skill Score* and correlation.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah *rabbil'alamin*. Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul **Analisis Pengaruh *El Nino Southern Oscillation* Terhadap Curah Hujan di Pulau Sulawesi** bisa diselesaikan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih saya ucapkan kepada kedua orang tua saya, **Fakri A.Mallarangeng** dan **Mulyani Lahuni La'adila** serta saudara saya **Syiriin Putri Fakri A.Mallarangeng** dan **Tubhaa Khasina Fakri A.Mallarangeng** yang memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Selain itu, ucapan terima kasih juga diberikan kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** selaku dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan ilmu dan nasihat sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan nasihat dan ilmunya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Muhammad Hamzah, M.T** dan Bapak **Saaduddin, M.Si** selaku tim penguji yang telah memberikan saran-saran dalam penulisan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin terkhusus Bapak **Dr. Sakka, Msi**

selakua dosen Penasehat Akademik, staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam terkhusus staf Departemen Geofisika, Staf Laboratorium, Staf Perpustakaan Pusat dan Staf Perpustakaan Fakultas atas segala bantuan, ilmu dan arahan yang bermanfaat bagi penulis.

5. Kepada Kakak-kakak Geofisika Universitas Hasanuddin terkhusus Kak **Muh. Syafrizal, S.Si**, Kak **Andika, S.Si, M.Si** Kak **Fira Angraini Syamsul, S.Si** dan Kak **Andri Moh. Wahyu Laode** yang telah memberikan saran dan bantuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Kepada **Muhammad Iqbal Rustan** atas semua pertengkaran dan badmood yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
7. Kepada teman *healing*-ku **Jiran Julita** atas bantuan dalam menghindari segala macam pusing yang berdatangan.
8. Kepada Teman curhatku Kak **Didi** dan **Kifli** yang setia mendengarkan segala keluhan dan memberikan masukan yang sangat bermanfaat.
9. Kepada Teman-teman Smunel-ku terkhusus **Fathin, Nilda, Aliya Magfirah, Aliyah Akhmad, Faisyah, Dea, Yoga, Husain, Putri, Ruhul, Ima** dan **Muti** atas dukungan dan motivasinya selama ini.
10. Kepada Teman-teman maba-ku **Nanda, Dian** dan **Andry** yang telah membersamai selama hampir 4 tahun perjalanan kuliah.
11. Kepada Saudara(i) **Geofisika 19** dan **HMGF 19** terkhusus **Ita, Asyifah, Nurmuslimah, Andi Fausta** dan Kak **Haidir** yang selalu ada dan membantu selama kuliah.
12. Kepada adik-adik **HMGF 20** dan **HMGF 21** terkhusus **Mimi** yang senantiasa memberikan tawa.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam proses penyusunan skripsi ini, namun sebagai manusia biasa yang memiliki banyak kekurangan penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna.

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 GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Ruang Lingkup..... | 3 |
| I.3 Rumusan Masalah | 4 |
| I.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| II.1 Hujan..... | 5 |
| II.2 Curah Hujan | 6 |
| II.3 <i>El Nino Southern Oscillation</i> | 9 |
| II.4 Verifikasi Prediksi | 14 |
| II.5 Regresi Polinomial | 14 |
| II.6 Analisis Korelasi..... | 15 |
| II.7 <i>Heidke Skill Score</i> | 17 |
| II.8 Interpolasi <i>Inverse Distance Weighted</i> | 18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 19 |

| | |
|--|-----------|
| III.1 Alat dan Bahan | 19 |
| III.1.1 Alat | 19 |
| III.1.2 Bahan | 19 |
| III.2 Prosedur Penelitian | 19 |
| III.2.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data | 19 |
| III.2.2 Tahap Pengolahan Data | 20 |
| III.3 Bagan Alir Penelitian | 22 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 23 |
| III.1 <i>Hedike Skill Score</i> Prediksi Curah Hujan di Pulau Sulawesi | 23 |
| III.2 Korelasi <i>El Nino Southern Oscillation</i> dan Curah Hujan di Pulau Sulawesi | 25 |
| BAB V PENUTUP | 28 |
| V.1 Kesimpulan | 28 |
| V.2 Saran | 28 |
| DAFTAR PUSTAKA | 29 |
| LAMPIRAN | 33 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----------|
| Gambar 2.1 Penakar Curah Hujan Biasa dan Jenis Hellmann | 8 |
| Gambar 2.2 Pola Sirkulasi Walker Keadaan La Nina dan Keadaan El Nino | 11 |
| Gamba 3.1 Bagan Alir Penelitian | 22 |
| Gambar 4.1 Peta Nilai HSS Prediksi Curah Hujan di Pulau Sulawesi..... | 24 |
| Gambar 4.2 Peta Nilai Korelasi El Nino Southern Oscillation dengan Curah Hujan di Pulau Sulawesi | 27 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----------|
| Tabel 2.1 Klasifikasi curah hujan menurut standar internasional | 8 |
| Tabel 2.2 Tahun Enso berdasarkan indicator SST Nino 3.4 | 13 |
| Tabel 4.1 Nilai Heidke Skill Score Curah Hujan di Pulau Sulawesi | 23 |
| Tabel 4.2 Nilai Korelasi El Nino Southern Oscillation dengan Curah Hujan di Pulau Sulawesi | 25 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pembahasan cuaca dan iklim tidak terlepas dari hubungannya dengan atmosfer darat, laut, dan wilayah [1]. Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, terletak di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua lautan (India dan Pasifik) [2], sehingga kondisi curah hujan di Indonesia dipengaruhi secara lokal, regional, dan global. Fenomena alam yang dapat mempengaruhi kondisi curah hujan di Indonesia antara lain Madden-Julian Oscillation (MJO), El Niño Southern Oscillation (ENSO), dan Dipole Mode Index (IOD). Ciri utama wilayah Indonesia terdiri dari bagian darat dan laut, yang kemudian disebut Benua Laut. Variabilitas iklim musiman dan tahunan di Indonesia dipengaruhi oleh Angin monsun yang didorong oleh siklon-siklon di benua Asia dan Australia.

Pergerakan monsun melalui puncak matahari mempengaruhi iklim Indonesia sehingga menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan dengan angin bertiup dari benua Asia ke Australia dan musim kemarau dari Australia ke Asia [3][4][5].

Iklim Indonesia tidak selalu berhasil setiap tahun. Karena terkadang curah hujan yang lebih sedikit dapat menyebabkan kekeringan dan peningkatan curah hujan dapat menyebabkan banjir, yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Faktor yang mempengaruhi variabilitas iklim di Indonesia dan sebagian besar belahan dunia lainnya adalah ENSO. ENSO adalah interaksi atmosfer-laut yang berpusat di Pasifik khatulistiwa yang menyebabkan anomali iklim global. Hal ini menyebabkan dua fenomena, El Niño dan La Niña.

Fenomena ENSO memainkan peran penting dalam perubahan iklim tahunan. Banyak orang yang tertarik untuk mengetahui jenis fenomena ENSO (La Niña, Netral atau El Niño) untuk mengetahui prakiraan cuaca esok hari. Indonesia merupakan salah satu dari banyak negara di dunia yang mengembangkan pengetahuan di bidang peramalan ENSO.

Gejala ENSO berdampak pada kondisi laut di Indonesia, yaitu tahun El Niño yang lebih dingin dan tahun La Nina yang lebih hangat. ENSO terdiri dari tiga fenomena yaitu kejadian normal, El Niño dan La Niña. Distribusi masing-masing kriteria tergantung pada Southern Oscillation Index (SOI) dari April (0) sampai Maret (+1) [7][8][9].

Fenomena ENSO dapat diidentifikasi berdasarkan nilai Southern Oscillation Index (SOI) dan Niño Index sebesar 3,4. Indeks Nino 3.4 mewakili anomali suhu permukaan laut di Pasifik tropis. Sedangkan SOI mewakili perbedaan tekanan antara Tahiti dan Darwin [8]. Baik indeks SOI maupun Indeks Nino 3.4 dapat menunjukkan perkembangan dan intensitas peristiwa El Niño atau La Nina di Samudera Pasifik.

Prediksi Curah hujan seringkali dilakukan untuk memberikan antisipasi dimasa yang akan datang mengenai curah hujan yang akan terjadi. Namun tidak jarang prediksi yang diberitahukan kurang akurat sehingga dilakukan verifikasi terhadap prediksi-prediksi yang dilakukan berdasarkan data observasi yang ada untuk mengetahui kekurangan dari prediksi yang ada. *Indonesian's Climate Change Projections* mengeluarkan prediksi/proyeksi mengenai perubahan pola curah hujan

di Indonesia sehingga perlu dilakukan verifikasi terhadap prediksi yang telah dikeluarkan oleh *Indonesian's climate change rojections* untuk mengetahui *skill* prediksi yang ada apakah benar ataupun tidak benar.

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh ENSO terhadap curah hujan di Indonesia dan hasil-hasil yang didapatkan itu bervariasi tergantung dengan wilayah yang dijadikan objek penelitian. Hal ini dapat terjadi karena wilayah Indonesia sangat luas sehingga topografi dan dan letak geografi sangat mempengaruhi curah hujan di setiap wilayah sehingga pengaruh ENSO terhadap curah hujan di setiap wilayah. Wilayah Sulawesi termasuk kedalam wilayah yang dimana dipengaruhi kuat oleh fenomena ENSO [32]. Adapun beberapa penelitian yang memperlihatkan bahwa anomaly curah hujan di beberapa wilayah di Indonesia mempunyai korelasi nyata dengan anomali Nino 3.4 [34].

Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai verifikasi prediksi curah hujan di Pulau Sulawesi menggunakan metode *heidke skill score* untuk mengetahui akurasi dari prediksi berdasarkan data observasi dan dilakukan penelitian mengenai pengaruh ENSO terhadap curah hujan di Pulau Sulawesi dengan menggunakan metode analisis korelasi untuk mengetahui bagaimana pengaruh *El Nino Southern Oscillation* terhadap curah hujan di Pulau Sulawesi.

I.2 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini yaitu memverifikasi prediksi curah hujan *Indonesia's climate change projections* di Pulau Sulawesi menggunakan metode *heidke skill score* dan menganalisis pengaruh *El Nino Southern Oscillation*

pada curah hujan menggunakan data Nino 3.4 dan data curah hujan menggunakan metode analisis korelasi.

I.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu

1. Bagaimana akurasi prediksi curah hujan *Indonesia's climate change projections* di Pulau Sulawesi?
2. Bagaimana pengaruh *El Nino Southern Oscilation* terhadap curah hujan di Pulau Sulawesi?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu

1. Memverifikasi prediksi curah hujan *Indonesia's climate change projections* di Pulau Sulawesi.
2. Menganalisis pengaruh *El Nino Southern Oscilation* terhadap curah hujan di Pulau Sulawesi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Hujan

Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi. Menurut [9] Presipitasi adalah jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang dapat berupa hujan, salju, kabut, embun, dan hujan es. Di daerah tropis seperti Indonesia, presipitasi lebih diartikan sebagai hujan karena presipitasi jarang terjadi dalam bentuk bongkahan es yang jatuh.

Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor iklim seperti angin, suhu udara, dan tekanan atmosfer. Uap air naik ke atmosfer, di mana ia mendingin dan mengembun menjadi tetesan air dan kristal es, yang akhirnya jatuh sebagai hujan. Air hujan adalah sumber dari semua air di atas dan di bawah tanah di sungai dan waduk. Jumlah dan variasi aliran sungai tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi curah hujan. Ada hubungan antara aliran sungai dan curah hujan di DAS terkait [9].

Di daerah tropis hujannya lebih lebat daripada di daerah lintang tinggi. Garis yang menghubungkan antar titik-titik dengan curah hujan yang sama selama periode tertentu disebut isohyets. Ada tiga jenis hujan, yaitu [10] :

1. Hujan konvektif

Dipanaskan oleh radiasi matahari, udara permukaan mengembang dan naik ke atas, tempat ia mengembun. Gerakan vertikal dari udara lembab yang mendingin dengan cepat menyebabkan hujan deras. Awan Cumulonimbus (Cb) yang terjadi biasanya menutupi wilayah yang relatif kecil, sehingga hujan lebat berlangsung singkat.

2. Hujan orografik

Jika udara melewati gunung atau bukit, udara didorong ke atas. Setelah terjadi kondensasi, awan tumbuh pada lereng di atas arah angin (windward side), dan curah hujannya disebut hujan orografis, sedangkan pada lereng di bawah arah angin (leeward side), udara yang jatuh akan menunjukkan sifat kering dan panas, dan daerah ini disebut daerah ternaungi hujan.

3. Hujan konvergensi dan frontal

Jika dua massa udara yang bertemu secara horizontal memiliki suhu dan kerapatan yang berbeda, massa udara yang lebih hangat akan dipaksa naik di atas massa udara yang lebih dingin. Batas antara dua massa udara dengan sifat fisik yang berbeda disebut front.

Dari bentuk dan sifatnya, hujan disebut pancuran atau pancuran. Hujan ditandai dengan awal dan akhir yang tiba-tiba, umumnya berubah dengan cepat dalam intensitas, tetesan atau partikel yang lebih besar dari hujan normal, cumulonimbus (Cu) atau cumulonimbus (Cb) jatuh, dan pertumbuhannya bersifat konvektif. Hujan berturut-turut yang mulai dan berakhir tidak terjadi secara tiba-tiba, dan tidak terlihat penurunan tutupan awan dari awal hingga akhir kegiatan. Hujan ini jatuh dari awan yang umumnya berbentuk seragam seperti stratus (St), altostratus (As), dan nimbus (Ns) [11].

II.2 Curah Hujan

Menurut catatan [28], dua provinsi di Pulau Sulawesi masuk kedalam 5 daftar daerah dengan curah hujan yang tinggi. Dimana Sulawesi Utara menempati posisi kedua lalu Sulawesi Selatan di posisi kelima. Secara umum, pola curah hujan di Pulau Sulawesi terdiri dari pola monsun, equatorial dan anti monsun [11]. Curah

hujan di Pulau Sulawesi juga dipengaruhi oleh fenomena inter-seasonal seperti El Niño Southern Oscillation (ENSO).

Curah hujan adalah tetesan air atau kristal es yang jatuh atau keluar dari awan atau massa awan. Curah hujan disebut hujan jika dapat mencapai permukaan bumi.. Jika muncul dari dasar awan tetapi tidak jatuh ke permukaan bumi disebut Vigna [11].

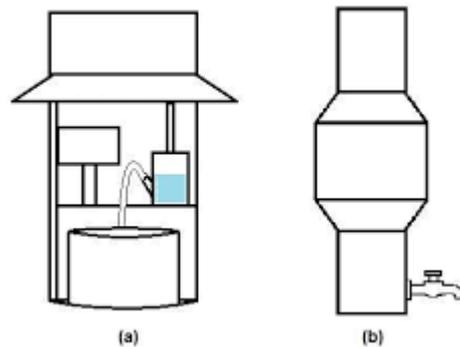
Curah hujan adalah jumlah air pada tanah datar yang diukur dengan ketinggian (mm) di atas permukaan horizontal selama periode waktu tertentu tanpa adanya evaporasi, limpasan, dan infiltrasi [22]. Curah hujan dicatat dalam inci atau milimeter. Curah hujan 1 mm merupakan tinggi hujan yang menutupi 1 meter persegi permukaan bumi yang datar jika air tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer [2]. Berdasarkan keseragaman luasan, diasumsikan bahwa tinggi hujan di sekitar dosing area sama dengan luas yang tercakup oleh rain gauge.

Menurut [12], curah hujan yang digunakan untuk perencanaan air dan perencanaan perlindungan banjir adalah curah hujan rata-rata untuk seluruh wilayah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik. Curah hujan di atas disebut curah hujan regional atau regional dan dinyatakan dalam milimeter. Itu tergantung pada homogenitas daerah.

Curah hujan sangat bervariasi dalam ruang dan waktu. Pada skala spasial, variabilitas sangat dipengaruhi oleh lokasi geografis, topografi, arah angin, dan garis lintang. Pada skala waktu, keragaman curah hujan dibagi menjadi tiga jenis: hari, bulan dan tahun. Variasi curah hujan harian sangat dipengaruhi oleh faktor lokal, dan variasi bulanan dipengaruhi oleh angin laut-darat, aktivitas konveksi,

arah aliran udara permukaan dan distribusi laut dan darat. Variabilitas curah hujan tahunan dipengaruhi oleh atmosfer global, siklon tropis dan faktor lainnya [13].

Menurut [35] Intensitas curah hujan mengacu pada tinggi curah hujan yang terjadi selama periode curah hujan terkonsentrasi, dalam milimeter per jam. Curah hujan dengan intensitas tinggi biasanya berlangsung singkat dan tidak mencakup wilayah yang luas. Ada dua jenis penakar hujan yang biasanya digunakan untuk mengukur curah hujan yaitu penakar curah hujan biasa dan penakar curah hujan jenis Hellmann, beda dari keduanya dimana penakar curah hujan biasa masih harus diukur manual sedangkan penakar curah hujan jenis Hellmann tinggal menerima hasil catatan (otomatis).



Gambar 2.1 Penakar Curah Hujan Biasa dan Jenis Hellmann

Tabel 2.1 Klasifikasi curah hujan menurut standar internasional [36].

| Kriteria Hujan | Intensitas Hujan (24 jam) |
|----------------|---------------------------|
| Sangat ringan | <5.0 mm |
| Ringan | 5.0 – 20 mm |
| Sedang/Normal | 20 – 50 mm |
| Lebat | 50 – 100 mm |
| Sangat Lebat | >100 mm |

Secara umum, curah hujan di Indonesia terutama dipengaruhi oleh beberapa fenomena seperti sistem monsun Asia-Australia, El Niño, sirkulasi timur-barat (sirkulasi Walker) dan sirkulasi utara-selatan (sirkulasi Hadley), serta karena faktor lokal [13]. Cuaca permukaan di Indonesia relatif sama. Massa udara di wilayah Sulawesi selama monsun Asia berasal dari Laut Cina Selatan dan Pasifik Barat Daya. Saat monsun Asia melemah, kemungkinan hujan akan berkurang.

Curah hujan paling melimpah biasanya terjadi di daerah khatulistiwa dan menurun ke arah kutub. Indonesia memiliki tiga pola curah hujan, yaitu Pola curah hujan monsoon dimana curah hujan melimpah selama musim barat dan sedikit curah hujan selama musim timur. Curah hujan muson di Indonesia sangat luas. Hujan Khatulistiwa dimana curah hujan maksimum terjadi setelah vernal equinox. Tempat-tempat yang terletak di daerah khatulistiwa seperti Pontianak dan Padang. Jenis pola hujan lokal dimana distribusi curah hujan bulanan berlawanan dengan tipe monsun yang sangat dipengaruhi oleh karakteristik lokal. Ada beberapa daerah dengan karakteristik lokal, seperti daerah Ambon [10]

II.3 El Nino Southern Oscillation

ENSO adalah perubahan periodik yang tidak teratur dalam angin dan suhu permukaan laut di Pasifik timur tropis yang mempengaruhi sebagian besar daerah tropis dan subtropis. Fase pemanasan disebut El Niño dan fase pendinginan disebut La Niña. Gejala ENSO berdampak pada kondisi laut di Indonesia yaitu tahun El Niño yang lebih dingin dan tahun La Niña yang lebih hangat [5].

ENSO merupakan salah satu fenomena global yang terjadi di Samudra Pasifik yang ditandai dengan penyimpangan (anomali) suhu permukaan laut (SPL) di pantai

barat khatulistiwa dan Peru di atas batas normalnya. Pusat aktivitas ENSO terletak di Samudra Pasifik dekat khatulistiwa [6][14]. Pada tahun normal, suhu permukaan laut di Australia bagian utara dan timur laut adalah 28°C , sedangkan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik di sekitar Amerika Selatan adalah $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Dalam kondisi normal, air laut dalam yang dingin dan kaya nutrisi bergerak naik ke permukaan di daerah pantai yang disebut upwelling di lepas pantai Amerika Selatan, dekat Ekuador, dan meluas ke perairan Peru [5].

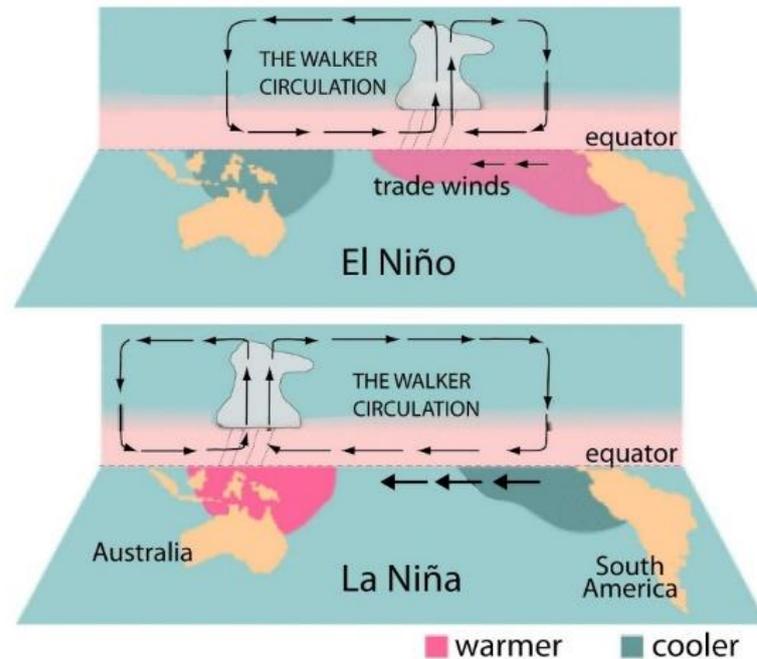
Fenomena ENSO dimulai dengan kondisi normal di ekuator, kemudian Pasifik bagian barat lebih hangat daripada Pasifik bagian timur. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh tiga faktor, yaitu rotasi bumi, daerah tropis di sekitar ekuator, dan lapisan campuran [5].

Dalam kondisi normal tersebut, angin permukaan di kawasan Pasifik di sekitar ekuator disebut angin pasat timur (Sirkulasi Walker), dan lautan di bawahnya mengalir dari timur ke barat [15]. Arah aliran ini sedikit ke utara di belahan bumi utara dan selatan di belahan bumi selatan.

Dalam hal ini, penguapan dari Samudra Pasifik akan secara signifikan meningkatkan kelembaban udara di atasnya, memungkinkan angin pasat timur untuk menciptakan daerah-daerah yang berpotensi membentuk awan hujan di Pasifik bagian barat, wilayah Indonesia, dan Australia bagian utara [15].

Saat El Niño terjadi, suhu permukaan laut di Samudra Pasifik timur khatulistiwa berada di atas rata-rata. Jumlah air dingin yang mengalir di sepanjang pantai selatan Amerika Serikat dan Samudra Pasifik bagian timur telah berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Saat suhu naik, tekanan udara di atas permukaan laut menjadi

lebih rendah, sehingga udara cenderung bergerak naik turun di daerah yang lebih dingin [15].



Gambar 2.2 Pola Sirkulasi Walker Keadaan Normal Dan Keadaan El-Nino [8]

Suhu permukaan laut di perairan Pasifik barat yang lebih dingin menyebabkan tekanan udara tinggi di atas, dan udara cenderung bergerak ke bawah dan kemudian ke daerah dengan tekanan lebih rendah, yang berarti di atas permukaan laut di Pasifik barat, angin akan bergerak ke arah timur [21]. Hal ini menyebabkan massa udara yang mengandung uap air di atas Australia, Indonesia dan sekitarnya terdorong ke arah timur, sehingga secara langsung mengurangi kemungkinan terjadinya hujan.

Angin monsun adalah angin yang bertiup dengan arah berlawanan secara periodik setiap enam bulan. Dari Oktober hingga April, matahari berada di belahan bumi selatan, sehingga daratan Australia mengalami musim panas. Pada saat ini, tekanan

udara terendah di Australia dan tertinggi di benua Asia yang lebih dingin. Akibatnya, angin akan bergerak dari Asia ke Australia [21].

Angin yang melintasi Samudra Pasifik dan Laut Cina Selatan yang dikenal sebagai monsun Asia, membawa banyak uap air sehingga berpotensi membawa hujan ke Indonesia dan Malaysia. Sebaliknya, monsun Australia menyebabkan musim kemarau di Indonesia, karena massa udara yang bergerak dari Australia ke Asia membawa sedikit uap air karena melewati gurun pasir di utara Australia dan hanya melewati laut yang sempit. Saat El Niño terjadi, monsun Asia yang seharusnya melewati Indonesia akan tertarik dan berbelok ke arah Pasifik Tengah karena adanya tekanan ke bawah di kawasan tersebut. Sehingga sirkulasi monsun melemah [21].

Secara umum, ketika El Niño terjadi ketika angin pasat timur melemah, itu berarti angin berbalik ke timur, mendorong daerah yang berpotensi hujan ke timur. Hal ini dapat menyebabkan perubahan pola cuaca. Wilayah potensi curah hujan meliputi perairan Pasifik Tengah dan Timur serta Amerika Tengah, dimana sirkulasi monsun lemah, akumulasi curah hujan menurun di Indonesia, Amerika Tengah dan Amerika Utara dan Selatan, serta terdapat potensi curah hujan di sepanjang khatulistiwa tengah dan timur. Pasifik dan Argentina [21].

Ada dua metode yang dapat digunakan untuk memprediksi terjadinya ENSO [21] :

1. *Sea Surface Temperature (SST)*

Nilai suhu permukaan laut yang digunakan adalah outlier. El Niño terjadi ketika suhu permukaan laut tropis di Pasifik timur meningkat sekitar $0,5^{\circ}\text{C}$. Dari segi besaran anomali SST, indeks El Niño terbagi menjadi tiga kategori yaitu El Niño

lemah, jika deviasi SST Pasifik ekuatorial $+0,5^{\circ}\text{C}$ sampai $+1,0^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal 3 bulan, El Niño sedang jika penyimpangan suhu permukaan laut di Pasifik khatulistiwa adalah $+1,1^{\circ}\text{C}$ hingga $+1,5^{\circ}\text{C}$ selama minimal 3 bulan dan El Niño Kuat jika penyimpangan suhu permukaan laut di Pasifik khatulistiwa $>1,5^{\circ}\text{C}$ dan berlanjut selama minimal 3 bulan berturut-turut [14].

Indikator SST Nino 3.4 paling umum digunakan untuk menganalisis terjadinya ENSO di Indonesia. Tahun ENSO menurut indikator Nino 3.4 merupakan tahun El Nino (La Niña) dimana nilai tertinggi $> +1$ standar deviasi (< -1 standar deviasi untuk La Nina) [16].

Tabel 2.2 Tahun ENSO berdasarkan indikator SST Nino 3.4 [18]

| | | |
|-----------|---------------|--|
| Indikator | Tahun El Nino | 1972, 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, |
| SST | | 1994-1995, 1997-1998, 2002, 2007 |
| Nino 3.4 | Tahun El Nina | 1971, 1973-1976, 1988, 1999-2000 |

2. *Southern Oscillation Index (SOI)*

Southern Oscillation Index (SOI) adalah perbedaan tekanan udara antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia akibat perbedaan suhu permukaan laut antara kedua wilayah tersebut. El Niño terjadi saat SOI -5 hingga -10 (El Niño lemah), yang berarti tekanan rendah di Tahiti dan tekanan tinggi di Darwin. La Niña terjadi saat SOI $+5$ hingga $+10$ (La Niña lemah), yang artinya Tekanan tinggi di Tahiti dan Tekanan rendah di Darwin. Kondisi normal ketika $+5$ sampai -5 . Jika tekanan Pasifik barat meningkat (tekanan Darwin tinggi) dan tekanan Pasifik timur melemah (tekanan Tahiti rendah), maka SOI negatif, menunjukkan El Niño, dan peristiwa sebaliknya menunjukkan La Niña.

II.4 Verifikasi Prediksi

Verifikasi prediksi adalah menilai kualitas prediksi dengan membandingkannya dengan hasil observasi curah hujan yang diperoleh atau kejadian sebenarnya sehingga layanan informasi prediksi curah hujan yang rutin dibuat oleh pemerintah ataupun kelompok dapat memenuhi standar. Verifikasi prediksi memberikan manfaat, bukan saja pada saat prediksi itu benar, tetapi juga pada saat prediksi itu salah dapat dimanfaatkan untuk memahami bagaimana memperbaiki prediksi yang telah dilakukan. Verifikasi juga berguna untuk meyakinkan apakah prakiraan yang dibuat, mempunyai ketepatan dan keunggulan [31].

Ada tiga alasan utama untuk melakukan verifikasi yaitu administrasi, ilmiah dan ekonomi. Tidak ada klasifikasi yang sempurna dan akan selalu ada tumpang tindih antara tiga kategori. Namun yang terpenting yang umum untuk ketiganya adalah bahwa setiap skema verifikasi harus menjadi informatif bukan hanya karena alasan kenyamanan [30].

II.5 Regresi Polinomial

Regresi polinomial merupakan hasil modifikasi dari model regresi linier berganda. Regresi polinomial adalah jenis regresi khusus yang bekerja pada hubungan lengkung antara nilai dependen dan nilai independen. Regresi Polinomial merupakan model Regresi Linier yang dibentuk dengan menjumlahkan pengaruh masing-masing variabel prediktor (X) yang dipangkatkan meningkat sampai orde ke-n. Apabila Y merupakan nilai yang di prediksi maka model Regresi Polinomial ditulis [33] :

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + \dots + b_nX^n + \varepsilon$$

diamana Y merupakan variabel yang diprediksi, b_0 merupakan intersep, b_1, b_2, \dots, b_n merupakan koefisien-koefisien regresi, X merupakan variabel bebas, n merupakan orde atau derajat polynomial dan ε faktor sesatan atau galat [33].

II.6 Analisis Korelasi Pearson

Kekuatan dan sifat ketergantungan antar variabel merupakan masalah sentral yang ingin diketahui pada suatu penelitian. Kadang peneliti ingin mengetahui apakah terdapat hubungan antara dua variabel dan seberapa kuat hubungan kedua variabel tersebut. Uji statistika yang mengukur keeratan hubungan antara dua variabel ini disebut analisis korelasi [18].

Analisis Korelasi digunakan untuk mengetahui arah hubungan, kuat hubungan, dan signifikansi kuatnya hubungan antara dua variabel atau lebih [19]. Analisis korelasi merupakan studi yang membahas tentang hubungan antara dua peubah [20]. Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuat hubungan suatu variabel dengan variabel lain dengan tidak mempersoalkan apakah suatu variabel tertentu tergantung kepada variabel lain [24]. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih.

Korelasi Pearson merupakan suatu bentuk hubungan linear yang melibatkan antara dua variabel yaitu variabel bebas (independent) dan variabel terikat (dependent) [23]. Korelasi Pearson menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Jika hubungan dua variabel tidak linier, maka koefisien korelasi Pearson tersebut tidak mencerminkan

kekuatan hubungan dua variabel yang sedang diteliti, meski kedua variabel mempunyai hubungan kuat.

Ukuran untuk menentukan kuatnya atau derajat keeratan hubungan antar dua variabel dinamakan koefisien korelasi [18]. Koefisien korelasi tidak dapat menaksir dan meramalkan nilai Y dari peubah bebas X seperti Analisis regresi [20].

Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada salah satu variabel disertai dengan perubahan pada variabel lainnya secara linier [19]. Koefisien korelasi antara dua peubah adalah suatu ukuran hubungan linear. Dimana, nilai $r=0$ maka tidak ada hubungan linear namun bukan berarti kedua peubah tidak memiliki hubungan. Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menghitung koefisien korelasi [20].

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

dengan X dan Y adalah variabel-variabel yang diamati dan banyaknya sampel pengamatan.

Keeratan hubungan antara dua variabel dapat diukur kekuatannya. Indeks yang mengukur keeratan hubungan dua variabel disebut koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi paling (r) dapat dinyatakan sebagai berikut [18] :

$$-1 \leq r \leq 1$$

Dimana $r = 1$ yaitu hubungan X dan Y sempurna dan positif (mendekati 1, yaitu hubungan sangat kuat dan positif). Lalu $r = -1$ yaitu hubungan X dan Y sempurna dan negatif (mendekati -1, yaitu hubungan sangat kuat dan negatif). Kemudian $r = 0$, hubungan X dan Y lemah sekali atau tidak ada hubungan [18].

Uji signifikan dilakukan untuk mengetahui bagaimana peluang kesalahan dari penelitian yang dilakukan. Beberapa peneliti menerapkan taraf signifikan sebesar 5% (taraf kesalahan) yang artinya peluang kesalahan yang ditoleransi dalam penelitian yang dilakukan sebesar 5% atau 0,05. Apabila hasil penelitian didapatkan $p\text{-value} \leq 0,05$, berarti peluang kesalahan yang didapatkan masih dalam toleransi yang ditetapkan, sehingga dikatakan signifikan. Apabila hasil pengujian statistik didapatkan $p\text{-value} > 0,05$, berarti peluang kesalahan yang didapatkan di luar toleransi yang ditetapkan, sehingga dikatakan tidak signifikan [18].

II.7 Heidke Skill Score

Skor HSS memiliki rentang $-\infty$ sampai 1 (skor sempurna 1 dan non skill 0). Nilai negatif menunjukkan peningkatan prediksi ke arah yang lebih baik. Skor HSS mengukur peningkatan skor prediksi berdasarkan kriteria prediksi yang telah ditentukan. Seperti kebanyakan skor lainnya, HSS dinormalisasi ke kisaran total kriteria peningkatan yang memungkinkan, yang berarti bahwa skor keahlian Heidke dapat dibandingkan dengan mudah di seluruh kumpulan data yang berbeda. HSS adalah skor yang populer. [25].

$$HSS = \frac{(\sum_{i=1}^k p_i - \sum_{i=1}^k p_i \hat{p}_i)}{(1 - \sum_{i=1}^k p_i \hat{p}_i)}$$

Dimana p_i merupakan banyaknya data observasi dan \hat{p}_i merupakan banyaknya data prediksi. Ukuran verifikasi keterampilan yang dikoreksi untuk perkiraan kategori yang serupa dengan peluang terjadinya tetapi yang memperhitungkan jumlah prakiraan acak yang benar (peluang mencapai + kemungkinan penolakan yang benar) [26].

II.8 Interpolasi *Inverse Distance Weighted*

Untuk mengolah dan menganalisis data secara spasial, Sistem Informasi Geografis (SIG) sering digunakan. Dalam analisis spasial, diperlukan data yang mencakup seluruh wilayah studi, baik dalam format vektor maupun raster. Oleh karena itu diperlukan proses interpolasi untuk mendapatkan nilai antar titik sampel. Interpolasi adalah metode untuk memperoleh data berdasarkan beberapa data yang diketahui. Interpolasi merupakan proses pendugaan nilai pada wilayah yang tidak diambil sampel atau diukur untuk menghasilkan peta atau sebaran nilai untuk seluruh wilayah [29].

Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) merupakan metode deterministik sederhana yang mempertimbangkan titik-titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah interpolasi akan lebih mirip pada sampel data yang lebih dekat daripada sampel data yang lebih jauh. Bobot akan bervariasi secara linear berdasarkan jarak dari data sampel. Bobot ini tidak akan terpengaruh oleh posisi data sampel [29].