

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MANN KENDALL TREND TEST DALAM
ANALISIS DAMPAK FENOMENA ENSO TERHADAP CURAH
HUJAN DI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI WIDAD SUCITRA
D121 19 1013**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

IMPLEMENTASI MANN KENDALL TREND TEST DALAM ANALISIS DAMPAK FENOMENA ENSO TERHADAP CURAH HUJAN DI PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

Andi Widad Sucitra
D121 19 1013

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 15 Maret 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Mukarramah Yusuf, B.Sc., M.Sc.
NIP 198310082012122003



Muhammad Alief Fahdal Imran Oemar, ST., M.Sc
NIP 199405222022043001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN, Eng.
NIP 197507162002121004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Andi Widad Sucitra
NIM : D121191013
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Implementasi Mann Kendall Trend Test dalam Analisis Dampak Fenomena ENSO terhadap Curah Hujan di Provinsi Sulawesi Selatan

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 15 Maret 2024

Menyatakan



Ano1 Widad Sucitra

ABSTRAK

ANDI WIDAD SUCITRA. *Implementasi Mann Kendall Trend Test dalam Analisis Dampak Fenomena ENSO terhadap Curah Hujan di Provinsi Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Mukarramah Yusuf dan Muhammad Alief Fahdal Imran Oemar)

El Nino Southern Oscillation (ENSO) memberikan dampak yang variatif terhadap curah hujan tergantung pada lokasi geografis. Sehingga, sangat penting untuk memahami sejauh mana *El Nino* atau *La Nina* berkontribusi terhadap peristiwa banjir atau kondisi kekeringan di daerah tersebut. Di wilayah seperti Sulawesi Selatan, peningkatan curah hujan yang sering menyebabkan banjir membuat pentingnya melakukan analisis terhadap pengaruh ENSO terhadap tren curah hujan di wilayah ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar korelasi ENSO mempengaruhi pola curah hujan di Sulawesi Selatan. Fokus utama adalah untuk mengetahui seberapa besar korelasi ENSO terhadap tren curah hujan di Sulawesi Selatan, serta mengetahui hubungan antara perubahan ekstrem pada curah hujan dan fenomena ENSO di wilayah ini. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam memahami pola perubahan iklim, mengidentifikasi risiko bencana yang terkait dengan ENSO, dan menyusun strategi mitigasi yang efektif.

Pada penelitian ini, *Mann Kendall Trend Test* adalah metode yang digunakan untuk menganalisis tren curah hujan pertiga bulan di Sulawesi Selatan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren naik atau turun, kekuatan dan tingkat signifikansi tren tersebut yang kemudian akan dikorelasikan dengan data ONI melalui korelasi Pearson. Hasilnya akan divisualisasikan dalam peta, untuk lebih memudahkan pemahaman dan interpretasi data.

Hasil penelitian ini mengungkapkan variabilitas signifikan di berbagai wilayah dengan korelasi terhadap ENSO yang berbeda-beda. Kota Makassar menunjukkan korelasi negatif terkuat dengan nilai korelasi -0.30, sementara Kabupaten Tana Toraja dan Kabupaten Luwu Utara menunjukkan korelasi yang jauh lebih lemah dan kurang konsisten dengan nilai korelasi -8.42×10^{-4} dan -0.14. Sedangkan Kabupaten Maros menerima dampak yang berbeda dari wilayah lain dengan nilai korelasi yang positif yaitu 0.28. Hasil juga menunjukkan bahwa terkadang perubahan ekstrem dalam curah hujan bisa bertepatan dengan ENSO namun tidak selalu terjadi.

Kata Kunci: *El Nino Southern Oscillation*, Tren Curah Hujan, *Mann-Kendall Trend Test*, Korelasi Pearson

ABSTRACT

ANDI WIDAD SUCITRA. *Implementation Mann Kendall Trend Test in Analysis Impact of the ENSO Phenomenon on Rainfall in South Sulawesi Province* (supervised by Mukarramah Yusuf dan Muhammad Alief Fahdal Imran Oemar)

The El Nino Southern Oscillation (ENSO) has variabel impacts on rainfall depending on geographic location. Therefore, it is crucial to understand to what extent El Nino or La Nina contributes to flooding events or drought conditions in a particular area. In regions like South Sulawesi, the increase in rainfall often leading to floods underscores the importance of analyzing the influence of ENSO on rainfall trends in the area.

This study aims to determine the extent of ENSO's correlation with the rainfall patterns in South Sulawesi. The primary focus is to ascertain the degree of ENSO's correlation with rainfall trends in South Sulawesi, as well as to understand the relationship between extreme changes in rainfall and the ENSO phenomenon in the region. The results of this study are expected to aid in understanding climate change patterns, identifying disaster risks associated with ENSO, and developing effective mitigation strategies.

In this research, the Mann Kendall Trend Test is utilized to analyze tri-monthly rainfall trends in South Sulawesi. The analysis aims to identify upward or downward trends, the strength and significance of these trends, which will then be correlated with ONI data through Pearson correlation. The results will be visualized in a map to facilitate easier understanding and interpretation of the data.

This research has revealed significant variability across different regions with varying correlations to ENSO. The city of Kota Makassar exhibits the strongest negative correlation with a correlation value of -0.30, while Kabupaten Tana Toraja Regency and Kabupaten Luwu Utara Regency show much weaker and less consistent correlations with values of -8.42×10^{-4} and -0.14, respectively. In contrast, Kabupaten Maros Regency experiences a different impact compared to other areas with a positive correlation value of 0.28. The results also indicate that extreme changes in rainfall can sometimes coincide with ENSO but do not always occur.

Keywords: El Nino Southern Oscillation, Rainfall Trend, Mann-Kendall Trend Test, Pearson Correlation.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>El Nino Southern Oscillation</i> (ENSO).....	5
2.2 <i>Ocean Nino Index</i> (ONI).....	6
2.3 Dampak Kejadian ENSO.....	9
2.4 Hujan dan Pengukurannya oleh BMKG.....	10
2.5 <i>Mann Kendall Trend Test</i>	13
2.6 <i>Pearson Correlation</i>	16
2.7 <i>Geographic Information System</i> (GIS).....	17
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN.....	20
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	20
3.2 Instrumen Penelitian.....	20
3.3 Tahapan Penelitian.....	20
3.4 Perancangan Sistem.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Tren curah hujan menggunakan <i>Mann-Kendall Trend Test</i>	33
4.2 Perubahan ekstrem pada curah hujan.....	37
4.3 Korelasi ENSO terhadap tren curah hujan.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kondisi laut dan sirkulasi atmosfer di wilayah tropis samudera pasifik pada kondisi (a) normal, (b) <i>El Nino</i> , dan (c) <i>La Nina</i> (Sumber: Ashok & Yamagata, 2009).....	5
Gambar 2 Pembagian wilayah SST ENSO (Sumber: NOAA)	6
Gambar 3 Data <i>Ocean Nino Index</i> (Sumber: NOAA)	8
Gambar 4 Siklus Hidrologi (Sumber: Triatmodjo, 2008).....	11
Gambar 5 Grafik korelasi plot sebaran data (Sumber: https://www.statisticshowto.com)	17
Gambar 6 Tahapan Penelitian	21
Gambar 7 Rancangan Sistem	23
Gambar 8 Data Geografis Sulawesi Selatan	26
Gambar 9 Grafik korelasi pearson ENSO dan tren curah hujan untuk (a) Kota Makassar, (b) Kabupaten Maros, (c) Kabupaten Tana Toraja, dan (d) Kabupaten Luwu Utara.....	38
Gambar 10 Peta Korelasi Sulawesi Selatan terhadap ONI	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Klasifikasi ENSO berdasarkan anomali SPL di Samudera Pasifik.....	9
Tabel 2 Klasifikasi curah hujan.....	12
Tabel 3 Stasiun Pengukuran Curah Hujan di Sulawesi Selatan.....	13
Tabel 4 Klasifikasi kondisi pengambilan keputusan tren	15
Tabel 5 Interpretasi koefisien korelasi	17
Tabel 6 Data Penelitian	22
Tabel 7 Sebagian data curah hujan Kota Makassar	24
Tabel 8 Sebagian data nilai ONI	25
Tabel 9 Sebagian data curah hujan Kota Makassar sebelum cleaning.....	27
Tabel 10 Sebagian data curah hujan Kota Makassar setelah cleaning.....	27
Tabel 11 Sebagian hasil dari rata-rata bulanan curah hujan Kota Makassar	28
Tabel 12 Sebagian hasil dari rata-rata bergerak 3 bulan curah hujan Kota Makassar.....	29
Tabel 13 Data periode FMA yang telah diurutkan sampai tahun 2017	30
Tabel 14 Tren Curah Hujan Kota Makassar	33
Tabel 15 Tren Curah Hujan Kabupaten Maros	34
Tabel 16 Tren Curah Hujan Kabupaten Tana Toraja.....	35
Tabel 17 Tren Curah Hujan Kabupaten Luwu Utara	36
Tabel 18 Korelasi ENSO dan tren curah hujan.....	38

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
SPL	Suhu Permukaan Laut
S	Arah tren
Z	Standarisasi nilai S
DJF	Desember-Januari-Februari
JFM	Januari-Februari-Maret
FMA	Februari-Maret-April
MAM	Maret-April-Mei
AMJ	April-Mei-Juni
MJJ	Mei-Juni-Juli
JJA	Juni-Juli-Agustus
JAS	Juli-Agustus-September
ASO	Agustus-September-Oktober
SON	September-Oktober-November
OND	Oktober-November-Desember
NDJ	November-Desember-Januari

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis Tren	49
Lampiran 2 <i>Source Code</i>	53

KATA PENGANTAR

Kata syukur tidak henti penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Implementasi *Mann Kendall Trend Test* dalam Analisis Dampak Fenomena ENSO terhadap Curah Hujan di Provinsi Sulawesi Selatan” dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan studi program sarjana, sekaligus memperoleh gelar S.T. (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan, dan bantuan baik materi maupun non materi dari berbagai pihak. Sehingga, perkenankan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis yaitu Bapak Andi Herman S.Pd. dan Ibu A. Nakiang S.Pd. yang selalu mendampingi, mendukung dan mendoakan penulis hingga bisa sampai di titik ini.
2. Ibu Mukarramah Yusuf, B.Sc., M.Sc. selaku pembimbing I dan Muhammad Alief Fahdal Imran Oemar, ST., M.Sc selaku pembimbing II yang selalu membimbing, memotivasi, dan memberikan saran dan kritik dalam proses penelitian ini, serta atas kesediaannya memberikan waktu, tenaga, pikiran dan perhatiannya.
3. Segenap staf dan dosen atas bantuan dan ilmu yang diberikan kepada penulis selama penulis kuliah di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
4. Warga Bontokassi dan Pegawai Badan Pusat Statistik Kabupaten Gowa yang telah memberikan banyak pelajaran hidup kepada penulis selama Kuliah Kerja Nyata (KKN) dan Kerja Praktek (KP).
5. Debi Rizky Ramadhana, Andi Besse Adya dan teman-teman S19GNIFIER yang telah membantu dan berproses bersama penulis. Terima kasih juga atas pengingatnya sehingga penulis merasa tertekan dan akhirnya mengerjakan skripsi.
6. Teman-teman magang BPS Kab. Gowa, BPS Kab. Kabupaten Maros, KKN, SMA dan SMP penulis yang masih tetap berteman dengan penulis. Terima kasih atas hasutannya, Alhamdulillah penulis tidak terhasut untuk semakin menunda penelitian.
7. Serta pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung, namun tidak sempat penulis sebutkan. Penulis sangat bersyukur kalian ada dan menjadi bagian dari kehidupan penulis. Kalian merupakan salah satu rejeki penulis yaitu dikelilingi oleh orang-orang baik.

Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan menjadi pahala dan bekal dikemudian hari. Penulis menyadari dalam penulisan dan pelaksanaan tugas

akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi semua yang membaca dan membutuhkannya.

Gowa, 4 Januari 2024

Penulis,
Andi Widad Sucitra

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

El Nino Southern Oscillation (ENSO) merupakan suatu fenomena iklim perubahan suhu permukaan laut Samudera Pasifik menjadi lebih hangat atau lebih dingin. Fenomena ini dapat mempengaruhi sistem tekanan tinggi dan rendah, arah angin, dan curah hujan yang mengakibatkan pola cuaca di seluruh dunia ikut terpengaruh. Keadaan saat suhu permukaan laut dibagian timur Pasifik meningkat, namun pada bagian barat dan Indonesia turun digambarkan sebagai kejadian *El Nino*. Sedangkan sebaliknya, saat *La Nina* suhu permukaan laut pasifik timur menurun, namun pada pasifik bagian barat dan perairan Indonesia mengalami kenaikan suhu (S. Safitri, 2015). Saat *El Nino* intensitas curah hujan di Indonesia cenderung lebih sedikit sehingga saat terjadi pada musim kemarau, maka akan memperparah dampak kekeringan. Sedangkan saat kondisi suhu permukaan laut menurun atau *La Nina* intensitas curah hujan menjadi lebih banyak dibandingkan biasanya (A. M. Hidayat et al., 2018).

Indonesia yang berbatasan dengan Samudera Pasifik dan Hindia tentunya sangat dipengaruhi oleh variasi tahunan suhu permukaan laut tropis (SST) yang berkaitan erat dengan fenomena ENSO (Qian et al., 2010). Di provinsi Bali pada iklim normal, intensitas curah hujan tiap harinya berkisar dari 20 - 30 mm sedangkan pada saat *El Nino* intensitas curah hujan menunjukkan penurunan rentang nilai menjadi 0 – 20 mm. Hal ini menunjukkan bahwa selain memperpanjang periode musim kemarau dan periode musim hujan yang semakin pendek, El Nino juga menurunkan volume curah hujan. Keadaan sebaliknya terjadi pada saat La nina yang membuat intensitas curah hujan meningkat menjadi 50 – 60 mm (Ryadi et al., 2019).

Beberapa penelitian mengenai pengaruh ENSO telah dilakukan di beberapa wilayah, seperti di Jawa Barat menghasilkan angka korelasi terhadap curah hujan yang cukup kuat yaitu 0,413 (Nabilah et al., 2017). Sedangkan penelitian yang dilakukan pada empat stasiun curah hujan di Kalimantan Barat menunjukkan angka korelasi yang rendah yaitu berkisar antara 0,0003, -0,29, -0,37, dan -0,13. Hal

tersebut menunjukkan bahwa ENSO tidak terlalu berpengaruh pada curah hujan di Kalimantan Barat (Dewanti et al., 2018). Adapun daerah yang memiliki angka korelasi yang kuat dengan ENSO yaitu di Bangka Belitung khususnya di Stasiun Pilang dengan nilai korelasi $R = -0.64$ sampai -0.71 (Narulita, 2020). Pengaruh ENSO yang berbeda-beda di tiap wilayah dipengaruhi oleh lokasi dan keadaan topografi wilayah tersebut (Qian et al., 2010).

Sulawesi Selatan merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang sering terkena banjir. Rencana Kontijensi (Renkon) Banjir tahun 2017 menunjukkan bahwa dari total 292 kecamatan di Provinsi Sulawesi Selatan, sebanyak 241 kecamatan memiliki tingkat risiko banjir yang tinggi, sementara 51 kecamatan memiliki tingkat risiko sedang (BPBD, 2017). Pada tahun 2019, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) mencatat terdapat 46 laporan bencana banjir yang masuk, tahun 2020 terdapat 52 laporan bencana banjir, tahun 2021 terdapat 73 laporan bencana banjir, tahun 2022 terdapat 54 laporan bencana banjir yang masuk, dan sejauh ini 26 Februari 2023 terdapat 12 laporan bencana banjir, data ini diambil dari laman resmi di <https://gis.bnpb.go.id/>. Faktor-faktor yang menjadi penyebab banjir terbagi menjadi 2 yaitu faktor karakteristik daerah aliran sungai dan faktor meteorologi. Indikator faktor karakteristik daerah aliran sungai adalah kemiringan lahan/ lereng, ketinggian lahan, tekstur tanah, dan penggunaan lahan. Sedangkan indikator faktor meteorologi adalah distribusi hujan, intensitas curah hujan, frekuensi dan lamanya hujan berlangsung (Suherlan, 2001).

Curah hujan merupakan salah satu faktor terjadinya banjir, sehingga sangat penting untuk mengetahui sebesar apa pengaruh yang diberikan ENSO terhadap tren curah hujan di Sulawesi Selatan. Namun, curah hujan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti tekanan udara, suhu udara, kecepatan angin dan kelembapan udara (Mandey et al., 2017). Sehingga pada penelitian ini akan dicari sebesar apa pengaruh ENSO terhadap curah hujan di Sulawesi Selatan. Oleh karena itu, diperlukan data informasi nilai ONI (*Oceanic Nino Index*) untuk mengetahui waktu terjadinya *El Nino* dan *La Nina*, serta data curah hujan kabupaten/kota yang ada di Provinsi Sulawesi Selatan. Data curah hujan tersebut akan dilakukan uji analisis tren kemudian melihat korelasi tren tersebut dengan data kejadian *El Nino* dan *La*

Nina. Analisis tren digunakan untuk melihat gambaran dan pola perubahan serta variabilitas curah hujan.

Analisis tren dilakukan menggunakan *Mann Kendall Trend Test*. *Mann Kendall Trend Test* adalah uji tren non-parametrik yang sering digunakan untuk analisis tren data klimatologi dan dalam deret waktu hidrologi. Uji tren tes ini bersifat non-parametrik yaitu tidak mengharuskan data terdistribusi secara normal (Yue et al., 2002). Analisis ini akan memperlihatkan apakah ada tren pada periode tersebut dan sebesar apa tren yang terbentuk, serta akan memperlihatkan waktu perubahan ekstrem pada curah hujan. Tren curah hujan yang akan dianalisis merupakan tren curah hujan pertiga bulan tiap tahun masing-masing wilayah kabupaten/kota. Hal ini disesuaikan dengan nilai ONI yang disajikan pertiga bulan.

Ocean Nino Index (ONI) digunakan untuk mengidentifikasi, memantau dan memprediksi kekuatan dan periode terjadinya ENSO maupun keadaan normal (A. M. Hidayat et al., 2018). ONI sendiri merupakan rata-rata Suhu Permukaan Laut (SPL) dari wilayah Nino 3.4 yang berada di pusat garis khatulistiwa Samudera Pasifik ($5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ dan $120^{\circ}\text{W} - 170^{\circ}\text{W}$) (Corvianawatie et al., n.d.). Hasil dari analisis tren curah hujan akan menunjukkan tren positif (tren meningkat), tren negatif (tren menurun), seberapa besar tren yang terbentuk, dan tingkat signifikan tren tersebut. Hasil dari tren tersebut nantinya akan dikorelasikan dengan data ONI menggunakan *pearson correlation*. Hasil dari analisis korelasi ini akan ditampilkan dalam bentuk visual peta, menggunakan data geografis batas wilayah kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan. Ini akan memungkinkan visualisasi yang lebih jelas dan mempermudah pemahaman tentang tingkat hubungan antara ONI dan tren curah hujan di wilayah tersebut. Dari analisis ini, diharapkan pihak pemerintah provinsi dan pemerintah daerah dapat melakukan antisipasi atau persiapan yang tepat menghadapi fenomena ENSO yang akan terus terjadi guna meminimalisir dampak yang didapatkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebesar apa korelasi ENSO dengan trend curah hujan di Sulawesi Selatan?
- b. Kapan saja terjadi perubahan ekstrem pada curah hujan? Apakah perubahan tersebut terjadi di tahun-tahun ENSO ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui seberapa besar Korelasi ENSO terhadap tren curah hujan di Sulawesi Selatan.
- b. Mengetahui hubungan antara perubahan ekstrem pada curah hujan dan fenomena ENSO.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Dengan mengetahui Korelasi ENSO terhadap tren curah hujan di Sulawesi Selatan akan membantu pemerintah provinsi maupun kabupaten/kota dalam menentukan langkah menghadapi anomali iklim.
- b. Memahami jika ada keterkaitan antara fenomena ENSO dengan perubahan ekstrem pada curah hujan di Sulawesi Selatan sehingga membantu dalam memahami pola perubahan iklim, mengidentifikasi risiko bencana yang terkait dengan ENSO, dan menyusun strategi mitigasi yang efektif.

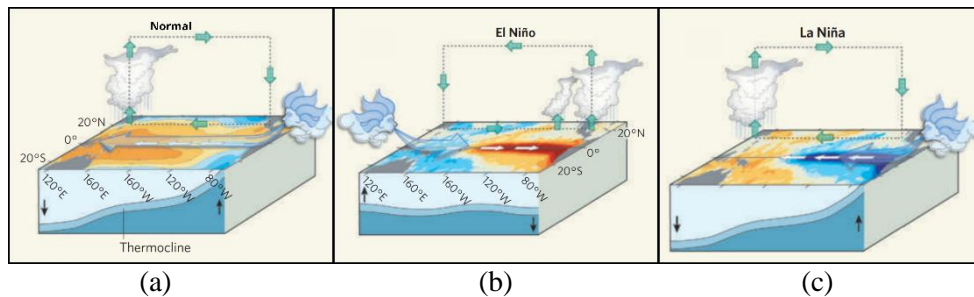
1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan Kota Makassar, Kabupaten Maros, Kabupaten Tana Toraja, dan Kabupaten Luwu Utara yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *El Nino Southern Oscillation (ENSO)*

El Nino Southern Oscillation (ENSO) merupakan suatu fenomena iklim perubahan suhu permukaan laut Samudera Pasifik menjadi lebih hangat atau lebih dingin (A. M. Hidayat et al., 2018). Fenomena ini terbagi atas 3 kondisi yaitu *El Nino*, *La Nina*, dan kondisi netral. Istilah *El Nino* berasal dari bahasa Spanyol *El Niño* yang berarti anak laki-laki sedangkan *La Nina* atau *La Niña* dalam Bahasa Spanyol artinya anak perempuan (Raj & Chendhoor, 2021). Gambar 1(a) menunjukkan kondisi netral dimana sirkulasi atmosfer yang bergerak dari timur ke barat (sirkulasi walker) mengakibatkan suhu permukaan laut (SPL) dan bawah permukaan laut bagian timur menjadi lebih dingin dan termoklin menjadi lebih dangkal (suhu lebih rendah), sedangkan SPL dibagian barat lebih hangat dan termoklin yang lebih dalam (suhu lebih tinggi) (Behera & Yamagata, 2018).



Gambar 1 Kondisi laut dan sirkulasi atmosfer di wilayah tropis samudera pasifik pada kondisi (a) normal, (b) *El Nino*, dan (c) *La Nina* (Sumber: Ashok & Yamagata, 2009)

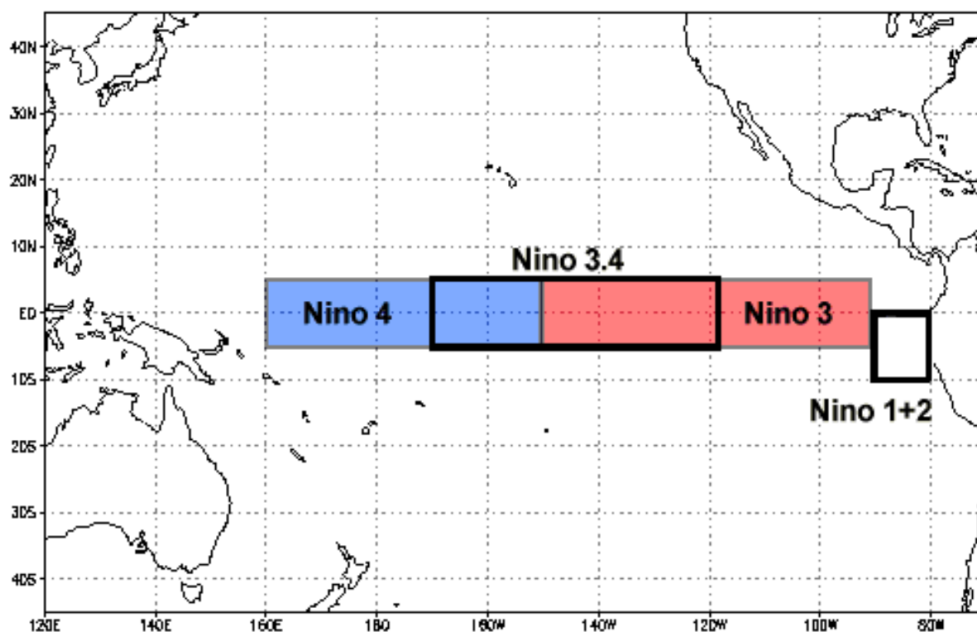
Pada saat *El Nino*, anomali SPL menjadi lebih hangat di wilayah timur Pasifik khatulistiwa. Hal ini mengakibatkan penurunan SPL dan gradien termal (perbedaan suhu) di kedua wilayah yang biasanya memiliki perbedaan suhu yang signifikan, ini terlihat dari termoklin bagian timur menjadi lebih dalam. Penurunan gradien termal ini melemahkan angin timur di permukaan dan juga melemahkan sirkulasi walker. Gambar 1(b) menunjukkan proses dimana kondisi angin timur melemah selama periode *El Nino* yang kemudian memicu perubahan dalam sirkulasi laut dan membawa kembali suhu panas ke wilayah timur yang memperkuat anomali SPL. (Behera & Yamagata, 2018). Sebaliknya saat periode *La Nina* sirkulasi walker meningkat dengan adanya konveksi (perpindahan panas) yang lebih besar di Pasifik

barat dan angin pasat yang semakin kuat. Dengan penguatan angin pasat ini, terjadi penumpukan air hangat di sebagian besar wilayah barat Pasifik sehingga SPL di wilayah tersebut menjadi lebih hangat dari kondisi normal. Sementara itu, suhu permukaan laut di sebelah timur samudera Pasifik tropis menjadi lebih rendah dari biasanya seperti yang digambarkan pada Gambar 1(c) (Bureau of Meteorology, 2012).

2.2 Ocean Nino Index (ONI)

Di wilayah samudera Pasifik tropis, ada beberapa parameter yang digunakan dalam memantau anomali SPL di wilayah tersebut. Biasanya, perubahan ini dihitung dengan membandingkannya dengan periode dasar selama 30 tahun. Indeks seperti Niño 3.4 dan Oceanic Niño Indeks (ONI) adalah contoh indeks yang sering digunakan untuk mengenali peristiwa *El Niño* dan *La Niña*, sementara indeks lain digunakan untuk memberikan informasi tambahan tentang karakterisasi atau sifat unik dari setiap peristiwa (Trenberth, 2023).

Terdapat empat parameter yang digunakan untuk mengevaluasi anomali suhu permukaan laut (SST) di Samudera Pasifik, yang diberi label sebagai Niño 1,2,3, dan 4. Penentuan wilayah-wilayah ini didasarkan pada rute kapal yang melewati daerah tersebut. Gambar 2 menunjukkan pembagian wilayah index SST ENSO.



Gambar 2 Pembagian wilayah SST ENSO (Sumber: NOAA)

Niño 1 + 2 (0-10S, 90W-80W): Wilayah Niño 1 + 2 adalah yang paling kecil dan paling timur dalam klasifikasi wilayah Suhu Permukaan Laut (SST) Niño, terletak di sepanjang pesisir Amerika Selatan, di mana peristiwa *El Nino* pertama kali diakui oleh penduduk setempat. Indeks ini sering menunjukkan fluktuasi suhu yang paling signifikan dalam indeks SST Niño.

Niño 3 (5N-5S, 150W-90W): Dahulu, wilayah Niño 3 adalah pusat perhatian utama untuk pemantauan dan prediksi *El Nino*, tetapi penelitian kemudian mengungkapkan bahwa interaksi kunci antara laut dan atmosfer yang membentuk ENSO terletak lebih ke barat. Oleh karena itu, Niño 3.4 dan ONI menjadi lebih disukai untuk mendefinisikan *El Nino* dan *La Nina* .

Niño 3.4 (5N-5S, 170W-120W): Anomali suhu permukaan laut Niño 3.4 dapat dianggap mewakili rata-rata suhu di sepanjang khatulistiwa Pasifik, dari sekitar garis tanggal hingga pantai Amerika Selatan. Indeks Niño 3.4 biasanya mengambil rata-rata suhu dalam periode lima bulan, dan peristiwa *El Nino* atau *La Nina* dinyatakan terjadi ketika anomali suhu Niño 3.4 melebihi +/- 0.4 derajat Celsius selama enam bulan atau lebih.

ONI (5N-5S, 170W-120W): ONI menggunakan wilayah yang sama dengan indeks Niño 3.4. ONI mengambil rata-rata suhu dalam periode tiga bulan, dan untuk dikategorikan sebagai *El Nino* atau *La Nina* , anomali suhu harus melebihi +0.5 derajat Celsius atau -0.5 derajat Celsius selama minimal lima bulan berturut-turut. Ini adalah definisi operasional yang digunakan oleh NOAA.

Niño 4 (5N-5S, 160E-150W): Indeks Niño 4 mencakup anomali suhu permukaan laut di kawasan khatulistiwa di tengah Samudera Pasifik. Wilayah ini cenderung menunjukkan fluktuasi suhu yang lebih sedikit daripada wilayah Niño lainnya (Trenberth, 2023).

Pusat Prediksi Iklim (Climate Prediction Center atau CPC) yang dikelola oleh Badan Oseanografi dan Atmosfer Nasional (National Oceanic and Atmospheric Administration atau NOAA) memantau perubahan suhu permukaan laut (SST) di Samudera Pasifik tropis untuk memprediksi permulaan dan melacak siklus hidup peristiwa *El Nino* menggunakan ONI (Glantz & Ramirez, 2020). Nilai ONI dapat dilihat pada Gambar 3.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.3	1.5			

Gambar 3 Data *Ocean Nino Index* (Sumber: NOAA)

El Nino terjadi saat nilai ONI berada diatas 0.5, pada Gambar 3 ditandai dengan warna merah. Sedangkan *La Nina* terjadi saat nilai ONI berada dibawah

-0.5, pada Gambar 3 ditandai dengan warna biru. Tahun *El Nino* atau *La Nina* diidentifikasi dengan melihat anomali SPL yang menunjukkan nilai lebih besar dari 0.5 atau lebih kecil dari -0.5 selama lima musim atau lebih secara berturut-turut. Selain itu, tahun dengan nilai diluar rentang tersebut maka dikategorikan sebagai tahun Netral (Muharsyah & Ratri, 2021). Tingkat intensitas *El Nino* dan *La Nina* diklasifikasikan berdasarkan besaran anomali suhu permukaan laut. Klasifikasi tersebut meliputi kategori sangat kuat, kuat, sedang, dan lemah. Klasifikasi anomali iklim ini dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi ENSO berdasarkan anomali SPL di Samudera Pasifik

Anomali	Klasifikasi
> 2°C	<i>El Nino</i> sangat kuat
1.5 s.d 2°C	<i>El Nino</i> kuat
1 s.d 1.5°C	<i>El Nino</i> sedang
0.5 s.d 1°C	<i>El Nino</i> lemah
-0.5 s.d 0.5°C	Netral
-0.5 s.d -1°C	El Nina lemah
-1 s.d -1.5°C	El Nina sedang
-1.5 s.d -2°C	El Nina kuat
> -2°C	El Nina sangat kuat

Sumber: Yuniasih, B. dkk, 2022

2.3 Dampak Kejadian ENSO

ENSO merupakan fenomena yang memiliki dampak secara global. Saat *El Nino*, negara-negara kepulauan yang berada di Pasifik Tengah dan wilayah barat Amerika Selatan mengalami hujan lebat. Sementara itu, beberapa negara seperti Indonesia dan Australia mengalami kekeringan. Sebaliknya, kekeringan dirasakan di wilayah selatan Amerika Serikat, Afrika Timur, Brazil bagian selatan, dan Uruguay sebagai dampak dari *La Nina*. Sedangkan di Alaska, Kanada Barat dan Tengah, serta Amerika Serikat bagian utara menjadi lebih dingin. Sementara itu, beberapa negara seperti Afrika Selatan, Brazil bagian timur laut, Australia bagian Utara, India, dan Indonesia mengalami peningkatan curah hujan yang tidak biasa (McPhaden, 2002).

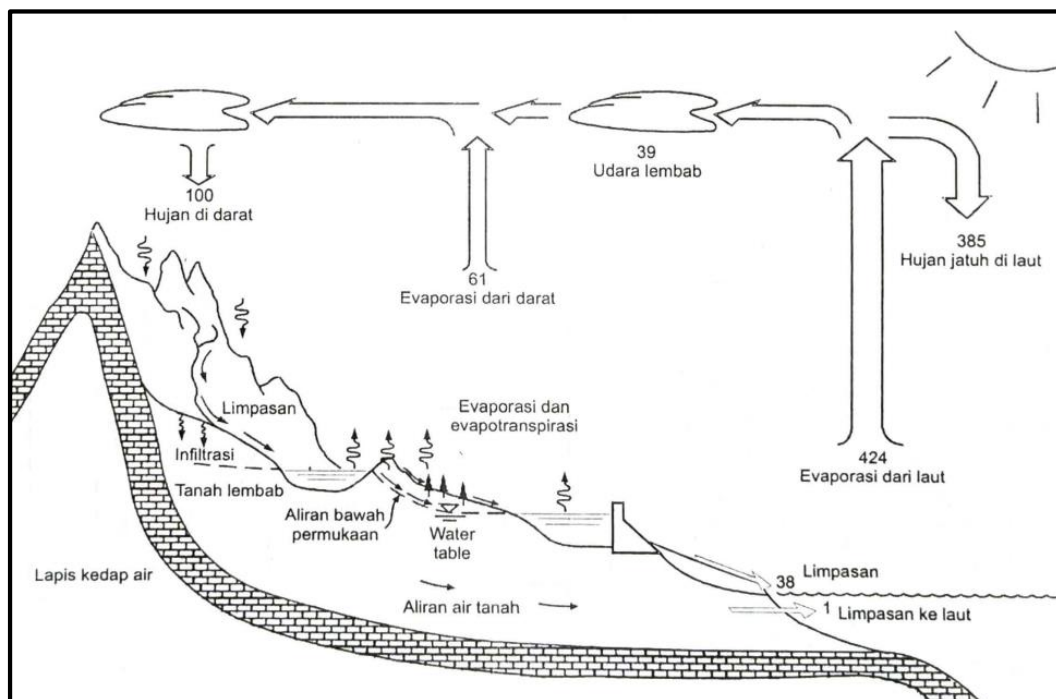
Cuaca dan iklim di Indonesia dipengaruhi oleh tiga wilayah lautan tertentu, terutama yang berkaitan dengan perubahan suhu permukaan laut yang tidak biasa. Ini mencakup suhu permukaan laut di perairan Indonesia, suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4 (Pasifik Tengah), dan suhu permukaan laut di Samudera Hindia (Supriyadi, 2015). Oleh karena itu, pengaruh ENSO yang diterima oleh tiap wilayah berbeda-beda karena pengaruh lokasi dan keadaan topografi wilayah tersebut (Qian et al., 2010). Sebagai contoh, di Jawa Barat pengaruh ENSO cukup kuat dengan nilai korelasi 0,413 (Nabilah et al., 2017). Sedangkan di Kalimantan Barat menunjukkan nilai korelasi yang rendah di empat stasiun pengukur hujan yaitu berkisar antara 0,0003, -0,29, -0,37, dan -0,13. Hal tersebut menunjukkan bahwa ENSO tidak terlalu berpengaruh pada curah hujan di Kalimantan (Dewanti et al., 2018). Sementara di Bangka Belitung khususnya di Stasiun Pilang, ENSO memiliki pengaruh yang cukup kuat dengan nilai korelasi -0.64 sampai -0.71 (Narulita, 2020).

2.4 Hujan dan Pengukurannya oleh BMKG

Presipitasi adalah proses saat air jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi dalam bentuk hujan, salju, embun dan sejenisnya. Presipitasi yang paling sering terjadi di Indonesia yaitu hujan, hal ini dikarenakan letak wilayah yang berada di daerah tropis (A. K. Hidayat & Empung, 2016). Definisi hujan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah titik-titik air yang jatuh dari udara akibat proses pendinginan. Hujan merupakan bagian dari siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim. Siklus hidrologi menggambarkan pergerakan air dari permukaan laut ke atmosfer, kemudian kembali ke permukaan tanah sebagai hujan atau bentuk presipitasi lainnya, dan akhirnya mengalir kembali ke laut. Dalam siklus hidrologi ini, terdapat serangkaian proses yang saling terhubung yaitu hujan, penguapan, transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan, dan aliran di bawah tanah (Azwar et al., 2021).

Siklus hidrologi dimulai ketika air yang terdapat di permukaan tanah, sungai, danau, serta laut menguap ke atmosfer. Uap air ini naik ke atmosfer hingga mendingin dan mengalami kondensasi menjadi titik-titik air yang membentuk awan. Partikel debu, kristal garam serta kristal es yang melayang di udara memiliki

peran dalam mempercepat proses pendinginan. Tahap selanjutnya yaitu titik-titik air yang jatuh ke permukaan laut dan daratan dalam bentuk hujan. Sebagian dari hujan yang jatuh ini akan tertahan oleh tumbuhan (intersepsi) dan sebagian lainnya jatuh ke permukaan tanah. Bagian dari air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan diserap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sisanya akan mengalir di permukaan tanah mengisi cekungan tanah. Setelah cekungan tanah terisi penuh, aliran air (melimpas) yang berada di atas permukaan tanah akan mengalir masuk ke dalam selokan-selokan maupun parit-parit yang ada. Akhirnya, air ini bergabung dan membentuk anak sungai, yang pada akhirnya menjadi bagian dari aliran sungai utama dan menuju laut (Triatmodjo, 2008). Proses ini terus berlangsung berulang kali yang kemudian dikenal sebagai siklus hidrologi yang prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Siklus Hidrologi (Sumber: Triatmodjo, 2008)

Curah hujan berasal dari penguapan uap air di atmosfer, sehingga karakteristik dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim seperti arah angin, suhu, dan tekanan atmosfer (Triatmodjo, 2008). Curah hujan biasanya diukur dalam satuan milimeter atau inci. Di Indonesia, satuan yang umum digunakan untuk mengukur curah hujan adalah milimeter (mm). Curah hujan adalah volume air hujan yang terkumpul di permukaan yang datar, dimana air tersebut tidak mengalir,

tidak meresap, serta tidak menguap. Curah hujan 1 mm (milimeter) berarti bahwa dalam area seluas satu meter persegi (1 m^2), air hujan terkumpul setinggi satu milimeter yaitu sama dengan satu liter air. Sedangkan, intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang turun dalam jangka waktu tertentu (Maulidani et al., 2015). Pada Tabel 2 dapat dilihat klasifikasi curah hujan menurut intensitas curah hujannya.

Tabel 2 Klasifikasi curah hujan

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Sumber: (Yuniasih et al., 2022)

Indonesia memiliki BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) yaitu lembaga yang bertugas di bidang meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika, termasuk pengukuran curah hujan. Stasiun pemantauan curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3. Tugas ini menjadi penting dalam konteks seringnya kejadian banjir di berbagai wilayah, termasuk di Sulawesi Selatan. Provinsi Sulawesi Selatan sering mengalami banjir, yang tercatat dalam laporan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Data Renkon Banjir tahun 2017 menunjukkan bahwa dari 292 kecamatan di Sulawesi Selatan, 241 di antaranya memiliki risiko banjir yang tinggi, sementara 51 kecamatan lainnya memiliki risiko sedang (BPBD, 2017). Catatan banjir tahunan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan peningkatan jumlah laporan yaitu 46 laporan pada tahun 2019, 52 laporan pada tahun 2020, 73 laporan pada tahun 2021, dan 54 laporan pada tahun 2022. Hingga 26 Februari 2023, sudah ada 12 laporan banjir.

Tabel 3 Stasiun Pengukuran Curah Hujan di Sulawesi Selatan

Nama Stasiun	Kab/ Kota	Lokasi Koordinat	Ketinggian
Stasiun Meteorologi Maritim Paotere	Kota Makassar	(119.41983, -5.11375)	5
Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin	Kabupaten Maros	(119.55000, -5.07000)	14
Stasiun Meteorologi Toraja	Toraja	(119.81885, -3.04524)	829
Stasiun Meteorologi Andi Jemma	Kabupaten Luwu Utara	(120.32422, -2.55472)	43

Sumber: BMKG

2.5 Mann Kendall Trend Test

Trend adalah gambaran tentang arah pergerakan jangka panjang yang dapat bergerak naik ataupun turun, diukur dari rata-rata perubahan dari waktu ke waktu. Jika arah pergerakannya naik atau rata-rata perubahannya meningkat, maka disebut sebagai trend positif atau trend cenderung naik. Sebaliknya, jika arah pergerakannya turun atau rata-rata perubahannya menurun, maka disebut sebagai trend negatif atau trend cenderung turun (Fikri, 2020). Dalam analisis data time series, trend digunakan untuk menyelidiki pola perubahan dalam data yang terkumpul secara berkala. Data time series menjadi dasar untuk membentuk garis trend, yang menggambarkan arah perkembangan data secara keseluruhan (Frisca, 2022). Analisis data time series juga dapat digunakan untuk melihat keragaman iklim yang akan memberikan informasi tentang keberadaan trend atau pola kecenderungan, siklus, dan fluktuasi disekitar nilai rata-rata jangka panjang. Ada banyak metode untuk melihat trend perubahan data time series. Istilah yang paling umum dan sering digunakan untuk membedakan metode-metode tersebut yaitu uji parametrik dan uji non-parametrik (Susilokarti et al., 2015). Uji parametric adalah metode statistik untuk pengujian hipotesis dimana sampel dianggap berasal dari populasi yang terdistribusi secara normal. Sebaliknya, uji non-parametrik adalah metode statistik untuk pengujian hipotesis dimana sampel tidak dianggap berasal dari populasi yang terdistribusi secara normal (Herdayani et al., n.d.).

Mann Kendall Trend Test merupakan uji tren non-parametrik yang sering digunakan dalam mengidentifikasi tren dalam data deret waktu hidrometeorologi, seperti tingkat air tanah, kualitas air, debit sungai, tinggi danau, suhu, dan curah

hujan (Wang et al., 2020). Mann-Kendall tidak bergantung pada asumsi bahwa data harus terdistribusi secara normal dan dapat menangani data yang independen serta mengatasi nilai outlier. Uji non-parametrik seperti Mann-Kendall memberikan hasil yang lebih baik daripada uji parametrik yang bergantung pada asumsi bahwa data harus terdistribusi normal. Hal ini disebabkan karena data yang terkait dengan fenomena alam seringkali tidak mengikuti distribusi normal secara sempurna (Jannah et al., 2023).

Uji tren Mann-Kendall dihitung berdasarkan hubungan antara peringkat dan urutan dalam deret waktu. Dalam deret waktu tertentu $\{X_i, i = 1, 2, \dots, n\}$, hipotesis nol (H_0) mengasumsikan bahwa data tersebut terdistribusi secara independen dan tidak memiliki trend atau kecenderungan, sementara hipotesis alternatif (H_1) menunjukkan adanya tren monotonik (Wang et al., 2020). Statistik uji S yang menunjukkan arah perubahan tren dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

$\text{sgn}(x_j - x_i)$ dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

dimana,

n = jumlah total titik data

x_i dan x_j = nilai data dalam deret waktu pada posisi i dan j (dengan $j > i$)

$\text{sgn}(x_j - x_i)$ = menunjukkan arah perubahan nilai data.

Varians S dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

dimana,

m = jumlah pasangan data yang bernilai sama

t_i = jumlah data ke- i (dalam kumpulan data yang sama)

Tanda *summary* (Σ) menunjukkan penjumlahan dari semua kelompok data yang memiliki nilai yang sama. Jika tidak ada kelompok data yang memiliki nilai yang sama, maka bagian *summary* (Σ) dapat diabaikan. Nilai S positif menunjukkan adanya trend meningkat dari waktu ke waktu, sedangkan jika nilai S negatif menunjukkan adanya trend menurun dari waktu ke waktu. Metode Mann-Kendall

menggunakan parameter statistik Z . Perhitungan uji statistic Z dapat dilihat pada persamaan 4.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Nilai Z_c merupakan ukuran signifikansi dari tes yang digunakan untuk menguji hipotesis H_0 . Dalam uji hipotesis, $\alpha = 0.05$ (tingkat kepercayaan 95%) dengan nilai $Z_c = 1.96$ (Jannah et al., 2023). Tabel 4 memperlihatkan dasar yang digunakan dalam pengambilan keputusan trend untuk metode uji Mann-Kendall.

Tabel 4 Klasifikasi kondisi pengambilan keputusan tren

Nilai S	Nilai Z_{uji} dan Nilai Z_c	Kesimpulan
Positif	$Z_{uji} > Z_c$	Trend meningkat
Positif	$Z_{uji} \leq Z_c$	Tidak ada trend
Negatif	$Z_{uji} > Z_c$	Trend menurun
Negatif	$Z_{uji} \leq Z_c$ $C_v < 1$	Trend tetap
Negatif	$Z_{uji} \leq Z_c$ $C_v \geq 1$	Tidak ada trend

Sumber: (Pratiwi et al., 2016)

Setelah itu, menghitung nilai slope untuk melihat besarnya kemiringan linier yang dibentuk oleh tren (Puspita, 2022). Perhitungan nilai slope dapat dilihat pada persamaan 5.

$$Q = \text{med} \left(\frac{X_j - X_k}{j - k} \right) \quad (5)$$

dimana,

x_i dan x_j = nilai data dalam deret waktu pada posisi i dan j (dengan $j > i$)

Jika nilai Q positif berarti menandakan adanya tren yang meningkat, sedangkan jika nilai Q negatif berarti menandakan adanya tren yang menurun (Puspita, 2022).

2.6 Pearson Correlation

Korelasi adalah istilah yang menggambarkan hubungan antara satu variabel dan variabel lainnya. Analisis korelasi bertujuan untuk menentukan apakah terdapat hubungan antar variabel. Sedangkan, koefisien korelasi digunakan untuk mengukur seberapa besar hubungan antar variabel tersebut (Togatorop et al., 2022). Semakin jelas hubungan linier (berupa garis lurus), maka derajat hubungan antara dua variabel atau lebih menjadi semakin kuat atau tinggi.

Bujang (2017) melakukan penelitian ukuran sampel yang diperlukan untuk analisis korelasi dengan menetapkan kekuatan statistik dan tingkat signifikansi. Untuk kekuatan statistik (kekuatan mendeteksi) 80% dan tingkat signifikansi 0.05, ukuran sampel yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah 152, 66, 36, 22, 15, 10, 7, dan 5 dengan tingkat korelasi dari 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, dan 0.9. Sedangkan, untuk kekuatan sebesar 90% dan tingkat signifikansi 0.05, ukuran sampel yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah 210, 91, 50, 30, 20, 13, 9, dan 6 dengan tingkat korelasi dari 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, dan 0.9.

Ada beberapa metode atau teknik korelasi, namun yang sangat populer hingga saat ini adalah Korelasi Pearson Product Moment dan Korelasi Rank Spearman. Koefisien korelasi yang dihasilkan oleh Korelasi Pearson berfungsi sebagai ukuran untuk menilai sejauh mana kekuatan hubungan linier antara dua variabel (W. R. Safitri, 2016). Rumus uji korelasi pearson dapat dilihat pada persamaan 6.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (6)$$

dimana,

r : koefisien korelasi

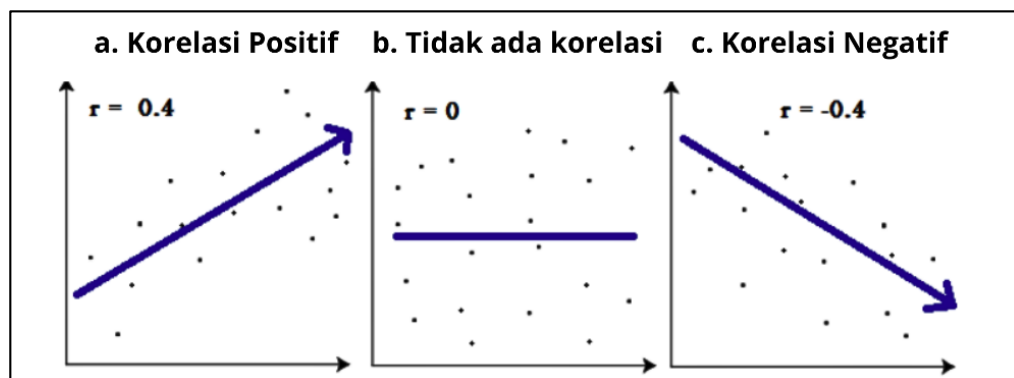
n : jumlah sampel

x : variabel pertama

y : variabel kedua

Nilai koefisien korelasi berada dalam rentang $-1 < 0 < 1$, dengan $r = -1$ menunjukkan korelasi negatif sempurna dan $r = 1$ menunjukkan korelasi positif sempurna, menandakan bahwa pengaruh variabel X terhadap variabel Y sangat kuat. Sedangkan, jika $r = 0$ berarti bahwa kedua variabel yang diuji tidak memiliki

hubungan (W. R. Safitri, 2016). Gambar 5 menunjukkan plot sebar yang digunakan untuk mengilustrasikan korelasi antara data dalam bentuk grafik.



Gambar 5 Grafik korelasi plot sebaran data (Sumber: <https://www.statisticshowto.com>)

Jika nilai korelasi (r) berada dalam rentang $0 < r$, itu menunjukkan bahwa ketika variabel x meningkat, variabel y juga meningkat, dan sebaliknya, jika variabel x menurun, variabel y juga menurun. Sebaliknya, jika nilai korelasi berada dalam rentang $-1 < r$, itu menunjukkan bahwa ketika variabel x meningkat, variabel y menurun, dan sebaliknya, jika variabel x menurun, variabel y meningkat (Purba & Purba, 2022). Interpretasi nilai r dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Interpretasi koefisien korelasi

r	Tingkat Hubungan
1	Sempurna
0.81 – 0.99	Sangat Kuat
0.61 – 0.80	Kuat
0.41 – 0.60	Sedang
0.21 – 0.40	Rendah
0.01 – 0.20	Sangat Rendah
0	Tidak ada

Sumber: (Siregar et al., 2020)

2.7 Geographic Information System (GIS)

Informasi Geospasial merupakan sebuah informasi terkait lokasi dan keberadaan suatu objek pada permukaan bumi (Maulana et al., 2020). Sistem Informasi Geografi atau yang lebih dikenal dengan *Geographic Information System*

(GIS) adalah sistem yang digunakan dalam memvisualisasikan, memeriksa, menggabungkan, memodifikasi, menganalisis, dan menampilkan data secara spasial yang terkait dengan kondisi di bumi (Adelino et al., n.d.). Informasi geospasial dibagi menjadi dua kategori yaitu Informasi Geospasial dasar (IGD) dan Informasi Geospasial Tematik (IGT). Informasi Geospasial Dasar (IGD) mencakup detail-detail yang dapat dilihat atau diukur secara langsung dari fitur fisik di permukaan bumi yang cenderung stabil dalam jangka waktu yang panjang seperti bentuk muka bumi, garis pantai, dan lainnya. Sedangkan Informasi Geospasial Tematik (IGT) berkaitan dengan informasi yang menggambarkan satu atau lebih tema khusus, yang dibuat berdasarkan pada dasar Informasi Geospasial seperti peta kawasan pertambangan, peta penggunaan lahan, peta perencanaan tata ruang, dan lainnya (Marthalina, 2018). Data yang diolah melalui GIS terbagi menjadi dua jenis yaitu data spasial dan data atribut. Data spasial adalah data yang terkait dengan lokasi geografis dan biasanya direpresentasikan dalam bentuk peta. Sementara data atribut menyediakan informasi dalam bentuk tabel yang menggambarkan sifat-sifat dari berbagai objek yang ada dalam data spasial (Santoso, 2018).

Dalam software GIS terdapat beberapa format penyimpanan yang digunakan, salah satunya adalah data SHP dan GDB. Data SHP atau Shapefile adalah format data yang memungkinkan penyimpanan data spasial non-topologis berbasis vektor. File ini digunakan khusus dalam menyimpan data peta digital GIS. Shapefile memuat data spasial seperti wilayah, garis, dan titik serta informasi terkait data tersebut. Shapefile merupakan data yang berbasis vektor, sehingga informasi terkait data spasial seperti titik, garis, dan bidang tersebut disimpan dalam bentuk kumpulan titik. Sementara itu, geodatabase merupakan kumpulan informasi yang saling terkait satu sama lain yang dikelola kemudian disimpan menjadi satu kesatuan. Biasanya, basis data GIS berisi informasi spasial dan bentuk fitur yang direpresentasikan dalam garis, titik, poligon, piksel/grid/cell, atau TIN (*Triangulated Irregular Network*) serta data atributnya (Maulana et al., 2020).

Teknologi *Geographic Information System* (GIS) menggabungkan fungsi-fungsi umum dalam basis data, seperti query dan analisis statistik, dengan kemampuan unik dalam visualisasi dan analisis dari pemetaan. Perpaduan kemampuan ini menjadi ciri khas GIS yang membedakannya dari sistem informasi

lainnya. Hal ini membuatnya sangat bermanfaat dalam berbagai bidang, mulai dari menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, hingga memprediksi perkembangan yang akan terjadi di masa depan (Lende, 2021).