



Pengaruh ENSO terhadap Curah Hujan di Sulawesi Tengah

The Influence of ENSO on Rainfall in Central Sulawesi

Imron Ade Rangga^{1*}, Annisa Zuhrita², Putri Zalsabilah²

¹Stasiun Pemantau Atmosfer Global Lore Lindu Bariri, Jl. Sapta Marga No.1, Palu Selatan, Kota Palu, Sulawesi Tengah, 94231

²Fakultas Geografi, Universitas Gajah Mada, Jl. Kaliurang Sekip Utara, Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

*Email: imron.ade.r@mail.ugm.ac.id

Naskah Masuk: 21 April 2025 | Naskah Diterima: 17 Desember 2025 | Naskah Terbit: 31 Desember 2025

Abstrak. ENSO (*El Nino Southern Oscilation*) memiliki pengaruh terhadap variabilitas curah hujan yang ada di Indonesia, khususnya di Sulawesi Tengah. Studi ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara ENSO, yang diukur menggunakan *Oceanic Nino Index* (ONI), dengan anomali curah hujan pada empat lokasi pengamatan Stamet: Luwuk, Poso, Toli – Toli, dan Palu. Data curah hujan diambil dari pengamatan stasiun meteorologi BMKG, sementara data ONI diperoleh dari *Climate Prediction Center* (CPC) dengan periode 1991 – 2024. Analisis dilakukan dengan metode korelasi pearson dan koefisien determinasi untuk menilai hubungan antara ENSO dengan anomali curah hujan. Secara umum El Nino cenderung menyebabkan penurunan curah hujan, sedangkan La Nina sering cenderung menyebabkan peningkatan curah hujan. Namun, pengaruh ENSO memiliki perbedaan di masing masing lokasi pengamatan dan sangat dipengaruhi oleh besar intensitas ENSO yang terjadi. Korelasi negatif yang cukup kuat ditemukan di Stamet Toli – Toli dan Stamet Palu, sementara di Stamet Luwuk dan Stamet Poso, faktor lain seperti variabilitas atmosfer lokal dan fenomena intraseasonal lebih berperan dalam menentukan pola curah hujan. Intensitas El Nino Kuat dan Sangat Kuat memiliki dampak yang lebih signifikan terhadap penurunan curah hujan, sedangkan La Nina menunjukkan dampak yang lebih bervariasi pada masing masing intensitasnya.

Kata Kunci: ENSO, La Nina, El Nino, Curah Hujan, Sulawesi Tengah, *Oceanic Nino Index* (ONI)

Abstract. The *El Nino – Southern Oscillation* (ENSO) has an influences rainfall variability in Central Sulawesi. This study aims to analyze the relationship between ENSO, measured using the *Oceanic Nino Index* (ONI), and rainfall anomalies at four observation locations: Stamet Luwuk, Poso, Toli – Toli, and Palu. Rainfall data were obtained from BMKG meteorological station observations, while ONI data were sourced from the *Climate Prediction Center* (CPC) for the period 1991–2024. Analysis was conducted using Pearson correlation and the coefficient of determination to assess the relationship between ENSO and rainfall anomalies. The study results indicate that, in general, El Nino tends to cause a decrease in rainfall, whereas La Nina is often associated with increased rainfall. However, the influence of ENSO is not uniform across all regions and largely depends on its intensity. A relatively strong negative correlation was found in Stamet Toli – Toli and Palu, whereas in Luwuk and Poso, other factors such as local atmospheric variability and intraseasonal phenomena played a more dominant role in determining rainfall patterns. Strong and Very Strong El Nino events have a more significant impact on reducing rainfall, while La Nina exhibits a more varied pattern of influence.

Keywords: ENSO, La Nina, EL Nino, Rainfall, Central Sulawesi, *Oceanic Nino Index* (ONI)

Pendahuluan

Curah hujan merupakan salah satu parameter iklim yang sangat penting dengan sifat yang dinamis. Proses fisik yang terlibat pada pembentukan hujan sangat kompleks, sehingga menyebabkan tingkat ketidakpastian yang tinggi. Ketidakpastian ini semakin meningkat ketika terjadi fenomena iklim global seperti El Nino dan La Nina. Fenomena El Nino dan La Nina merupakan fase *El Nino – Southern Oscillation* (ENSO), yang berperan dalam memicu perubahan pola curah hujan ^[1] dan berpotensi menimbulkan berbagai bencana di Indonesia ^[2]. ENSO merupakan salah satu fenomena variabilitas iklim yang terjadi akibat anomali suhu permukaan laut (SPL) di wilayah timur Samudra Pasifik. Pehangatan suhu permukaan laut mengindikasikan fenomena El Nino yang umumnya dikaitkan dengan kondisi kurangnya curah hujan di beberapa wilayah termasuk Indonesia ^[3]. Sebaliknya, pendinginan suhu permukaan laut menandakan fenomena La Nina, yang sering kali menyebabkan peningkatan curah hujan. Perubahan ini berdampak signifikan pada pola cuaca dan iklim di berbagai belahan dunia.

Indikator utama untuk mengidentifikasi dan mengukur intensitas ENSO adalah *Oceanic Nino Index* (ONI), yang dikembangkan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Indeks ini didasarkan pada pengukuran anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4 dan sering digunakan sebagai acuan dalam menentukan fase El Nino atau La Nina ^{[4], [5]}. Dampak dari ENSO terhadap curah hujan dapat menyebabkan kondisi cuaca ekstrem, baik dalam bentuk kekeringan maupun curah hujan ekstrem. Perubahan ini dapat memicu bencana hidrometeorologi seperti banjir dan tanah longsor, yang berdampak signifikan terhadap kondisi sosial, ekonomi dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, memahami hubungan antara ENSO dan curah hujan menjadi hal yang sangat penting untuk mendukung upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim ^[6].

Provinsi Sulawesi Tengah dipilih sebagai area kajian karena wilayah ini memiliki karakteristik klimatologi yang unik dan berada di antara dua jalur utama pergerakan massa udara, yaitu Selat Makassar dan Laut Maluku ^[7]. Selain itu, Laut Sulawesi merupakan jalur masuknya massa air dari Samudra Pasifik ke perairan Indonesia, sehingga fenomena ENSO yang terjadi di Samudra Pasifik bagian timur dapat mempengaruhi pola curah hujan di wilayah ini ^{[8], [9]}. Hasil klasifikasi iklim menunjukkan Sulawesi Tengah tergolong sebagai intermediate area, yaitu wilayah yang mengalami pengaruh ENSO namun dengan pola dampak yang tidak selalu konsisten ^[10]. Hal ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami hubungan antara kejadian ENSO dan pola curah hujan secara keseluruhan di Sulawesi Tengah, guna memperoleh informasi yang lebih akurat dalam perencanaan kebijakan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim di wilayah ini.

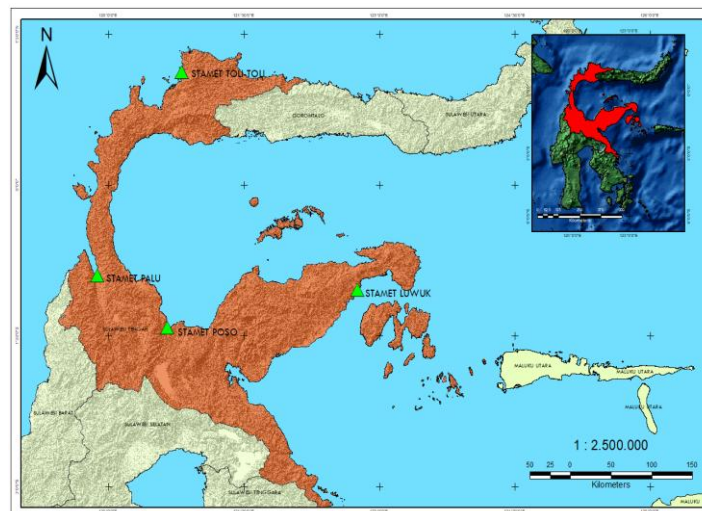
Pada penelitian Hidayat dkk ^[11] mengkaji pengaruh dari fenomena ENSO terhadap parameter cuaca seperti curah hujan, kelembapan relatif, dan suhu permukaan laut (SPL) di wilayah Pulau Sulawesi dengan periode tahun 1988 – 2017. ENSO diidentifikasi berdasarkan indeks *Southern Oscillation Indeks* (SOI) dan dianalisis menggunakan metode statistika deskriptif. Penelitian Lestari dkk ^[12] menunjukkan bahwa ENSO mempengaruhi intensitas curah hujan di Sulawesi dan Kepulauan Maluku selama 1972 – 2012. Hasilnya, kondisi basah (kering) terkait La Nina (El Nino), dengan peningkatan hari kering lebih dari dua bulan selama El Nino yang sering menyebabkan kekeringan parah. Frekuensi hujan lebat meningkat selama La Nina dan menurun saat El Nino, dengan dampak ENSO yang bervariasi secara spasial dan musiman, dominan pada Juli – November. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan curah hujan dengan fenomena ENSO di wilayah Sulawesi Tengah pada periode tahun 1991 – 2024. Pada penelitian ini, hubungan antara curah hujan dengan fenomena ENSO berupa El Nino dan La Nina yang berhubungan dengan curah hujan di Wilayah Sulawesi Tengah menggunakan indikator ONI yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Selain itu juga dianalisis dampak saat terjadi El Nino pada masing masing kelas sangat kuat, kuat, sedang, lemah dan la nina pada masing masing kelas sangat kuat, kuat, sedang, lemah.

Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data curah hujan bulanan dan musiman yang diperoleh dari hasil pengamatan stasiun hujan BMKG dengan rentang observasi terpanjang di Sulawesi Tengah. Stasiun yang digunakan meliputi Stasiun Meteorologi (Stamet) Syukuran Aminuddin Luwuk Banggai, Stamet Kasiguncu Poso, Stamet Sultan Bantilan Toli – Toli, dan Stamet Mutiara Sis Al – Jufri Palu. Metadata stasiun tersebut ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 1. Selain itu, digunakan pula data anomali suhu permukaan laut bulanan (Oceanic Nino Index/ONI) periode 1991 – 2024 dengan normal 1991 – 2020 pada wilayah Nino 3.4, yang diunduh dari laman *Climate Prediction Center* (CPC). Data ini selanjutnya disebut sebagai ONI.

Tabel 1. Metadata Stasiun Meteorologi (Stamet) yang digunakan dalam penelitian

WMO ID	Nama Stasiun	Koordinat (°)		Periode Data
		Lintang	Bujur	
97072	Stamet Mutiara Sis Al – Jufri, Palu	– 0.9195616	119.8597241	1991 – 2024
97096	Stamet Kasiguncu, Poso	– 1.4211682	120.6538334	1998 – 2024
97028	Stamet Sultan Bantilan, Toli – Toli	– 1.1144861	120.7858634	1991 – 2024
97086	Stamet Syukuran Aminuddin Luwuk, Banggai	– 1.0417466	122.7693245	1991 – 2024



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data ONI digunakan untuk mengidentifikasi tahun – tahun El Nino dan La Nina. Indeks ini dihitung berdasarkan rata – rata anomali suhu muka laut selama tiga bulan di wilayah Timur – Tengah Samudera Pasifik khatulistiwa yaitu wilayah Nino 3.4 ($5^{\circ}\text{LU} - 5^{\circ}\text{LS}$ dan $120^{\circ}\text{BB} - 170^{\circ}\text{BB}$) ^[13]. Anomali suhu muka laut dihitung dengan membandingkan nilai suhu muka laut aktual dengan rata – rata klimatologisnya, yang diperoleh dari data historis selama periode dasar yang telah ditentukan. Fenomena El Nino atau La Nina didefinisikan berdasarkan lima kejadian berturut – turut dengan rata – rata anomali selama tiga bulan di atas 0.5°C untuk El Nino dan di bawah -0.5°C untuk La Nina. Sementara itu, nilai anomali yang berada dalam rentang -0.5°C hingga 0.5°C dikategorikan kejadian Normal (Netral). Pemilihan periode ini dipilih untuk menghindari deteksi peristiwa jangka pendek yang tidak signifikan secara klimatologis serta memastikan bahwa fenomena tersebut memiliki dampak sistemik pada dinamika atmosfer dan pola iklim global. Hal ini memberikan dasar yang konsisten untuk mempelajari

dampak klimatologis ENSO ^[4]. Berdasarkan ketentuan dari NOAA, intensitas EL Nino dan La Nina dikategorikan sebagai berikut:

Tabel. 2 Kategori El Nino dan La Nina

El Nino		La Nina	
Nilai Anomali SPL (°C)	Keterangan	Nilai Anomali SPL (°C)	Keterangan
0.5 – 0.9	Lemah	–0.5 s/d –0.9	Lemah
1.0 – 1.4	Sedang	–1.0 s/d –1.4	Sedang
1.5 – 1.9	Kuat	–1.5 s/d –1.9	Kuat
≥ 2.0	Sangat Kuat	≤ –2.0	Sangat Kuat

Pengolahan dan analisa data dalam penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Indeks ONI yang digunakan adalah indeks ONI musiman yang diunduh dari laman *Climate Prediction Center* (CPC). Indeks tersebut dihitung oleh CPC menggunakan metode *moving average* tiga bulanan dari anomali suhu muka laut di wilayah Nino 3.4 pada periode Januari 1991 – Desember 2024, dengan rumus *moving average* sebagai berikut:

$$MA_{3bulan} = \frac{\sum_{i=1}^3 A_i}{3}$$

Keterangan: MA_{3bulan} adalah nilai *moving average* dari Indeks Nino 3.4 pada periode 3 bulan tertentu (ONI) dan A_i merupakan nilai Indeks Nino 3.4 pada bulan i .

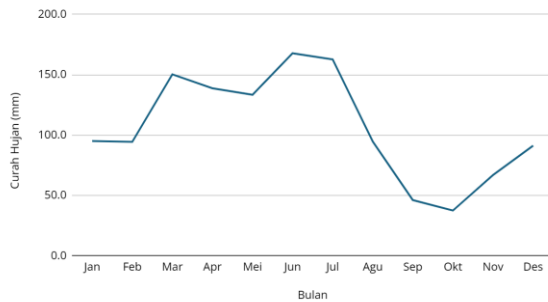
- Hal yang sama juga dilakukan untuk data anomali curah hujan. Kemudian kedua data tersebut digunakan untuk mencari koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi (R^2) ONI dengan curah hujan. Korelasi yang dilakukan dengan menggunakan korelasi pearson karena untuk mengukur hubungan linear kedua variabel tersebut. Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya ^[14]. Selanjutnya, hasil korelasi diuji menggunakan *t – test* untuk memperoleh nilai *p – value* guna menentukan apakah hubungan tersebut signifikan secara statistik atau tidak ^[15].
- Selanjutnya menghitung prosentase anomali curah hujan terhadap data normal curah hujan (rata – rata 1991 – 2024) pada kejadian El Nino dan La Nina untuk mengetahui penurunan atau peningkatan curah hujan yang terjadi.

Hasil dan Pembahasan

Gambar 2. menunjukkan distribusi curah hujan normal di setiap lokasi kajian. Pada gambar 2.a, terlihat bahwa Stamet Luwuk termasuk ke dalam tipe iklim Lokal 2 yang berarti mempunyai 2 musim yaitu musim kemarau dan hujan akan tetapi pola ini berkebalikan dengan tipe iklim monsonal 2 yaitu musim hujan yang terjadi di akhir dan awal tahun sementara musim kemarau terjadi pada pertengahan tahun. Di Stamet Luwuk musim hujan terjadi pada bulan Juni sampai Juli sedangkan Agustus hingga Mei terjadi musim kemarau. Pada gambar 1.b, terlihat bahwa Stamet Poso memiliki pola hujan ekuatorial 4 yaitu memiliki 4 musim diantaranya 2 musim kemarau dan 2 musim hujan yang terjadi pada bulan Maret sampai Juni untuk musim hujan yang pertama dan bulan Oktober hingga Desember musim hujan yang kedua, sedangkan pada bulan Januari hingga Februari merupakan musim kemarau yang pertama dan bulan Agustus sampai September merupakan musim kemarau yang kedua. Pada gambar 1.c menunjukkan Stamet Toli – Toli memiliki tipe iklim ekuatorial 2 dimana tipe musim ekuatorial memiliki 2 musim, musim hujan di bulan Mei hingga Februari dan musim kemarau di bulan April. Sedangkan pada gambar 1.d terlihat Stamet Palu memiliki tipe iklim Lokal 5 yaitu memiliki karakteristik musim kemarau sepanjang tahun.

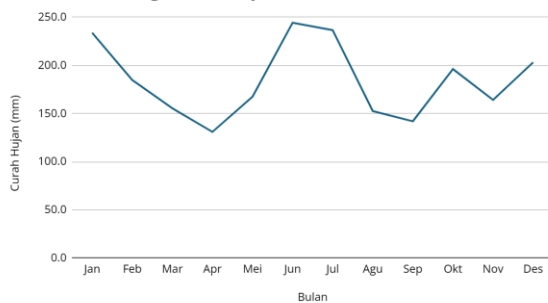


Grafik Klimatologi Curah Hujan Bulanan Stamet Luwuk



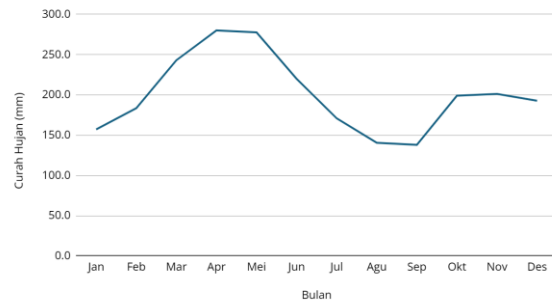
(a) Grafik Curah Hujan normal Stamet Luwuk

Grafik Klimatologi Curah Hujan Bulanan Stamet Toli - Toli



(c) Grafik Curah Hujan normal Stamet Toli – Toli

Grafik Klimatologi Curah Hujan Bulanan Stamet Poso



(b) Grafik Curah Hujan normal Stamet Poso

Grafik Klimatologi Curah Hujan Bulanan Stamet Palu



(d) Grafik Curah Hujan normal Stamet Palu

Gambar 2. Klimatologi curah hujan bulanan stasiun BMKG di Sulawesi Tengah: (a) Stamet Luwuk, (b) Stamet Poso, (c) Stamet Toli – Toli, dan (d) Stamet Palu.

Untuk memahami hubungan antara variabel ONI 3 – bulanan dan anomali curah hujan 3 – bulanan pada keempat titik wilayah kajian selama periode analisis, digunakan metode korelasi dan koefisien determinasi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana ENSO mempengaruhi variasi curah hujan di wilayah tersebut.

Tabel.3 Nilai Korelasi dan koefisien determinasi ONI dengan anomali curah hujan 3 – bulanan

Wilayah	Koefisien Determinasi	Korelasi	P – Value (t – test)
Stamet Luwuk	0.09	– 0.29	< 0.05
Stamet Poso	0.02	– 0.14	< 0.05
Stamet Toli – Toli	0.24	– 0.49	< 0.05
Stamet Palu	0.19	– 0.43	< 0.05

Berdasarkan Tabel 2, secara umum kejadian ENSO terhadap anomali curah hujan di Sulawesi Tengah bervariasi di setiap wilayah. Di keempat wilayah kajian menunjukkan nilai korelasi negatif, yang berarti kenaikan nilai ONI cenderung berasosiasi dengan penurunan curah hujan. Korelasi tertinggi terjadi di Stamet Toli – Toli (–0.49) dan Stamet Palu (–0.43) yang menunjukkan hubungan yang cukup kuat antara ENSO dan anomali curah hujan di wilayah tersebut. Sementara itu, Stamet Luwuk (–0.29) menunjukkan korelasi negatif lemah, sedangkan Stamet Poso (–0.4) memiliki korelasi yang sangat lemah, sehingga faktor selain ENSO kemungkinan lebih dominan dalam mempengaruhi curah hujan di daerah ini.

Nilai korelasi yang diperoleh diuji signifikansinya menggunakan uji t (t – test) untuk mendapatkan nilai *p – value*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh stasiun memiliki nilai $p < 0.05$, sehingga hubungan korelasi yang ditemukan dinyatakan signifikan secara statistik. Dengan demikian, meskipun

kekuatan korelasi bervariasi antarwilayah, pengaruh ENSO terhadap anomali curah hujan di Sulawesi Tengah secara umum terbukti signifikan.

Nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi juga ditemukan di Stamet Toli – Toli (0.24), yang berarti 24% variasi anomali curah hujan dapat dijelaskan oleh ONI, sementara 76% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Di Stamet Palu, ONI hanya menjelaskan 19% variabilitas curah hujan ($R^2 = 0.19$), sedangkan di Stamet Luwuk (0.09) dan Stamet Poso (0.02), pengaruh ENSO terhadap curah hujan sangat lemah. Nilai koefisien determinasi yang rendah di wilayah Luwuk dan Poso menunjukkan bahwa faktor lain, seperti fenomena intraseasonal (Madden – Julian Oscillation, Gelombang Rossby), faktor lokal, atau perubahan atmosfer lainnya, lebih berperan dalam menentukan variabilitas curah hujan di daerah tersebut ^[16]. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa pengaruh ENSO terhadap curah hujan di Sulawesi Tengah bersifat heterogen, dengan dampak yang lebih signifikan di wilayah Toli – Toli dan Palu dibandingkan dengan Luwuk dan Poso.

Pengaruh El Nino terhadap curah hujan

Pengaruh saat kondisi El Nino berlangsung terhadap curah hujan di Sulawesi Tengah dapat dilihat pada Tabel 4, dimana fenomena El Nino menunjukkan korelasi negatif terhadap anomali curah hujan di seluruh wilayah Sulawesi Tengah. Nilai korelasi tertinggi (paling negatif) tercatat di Stamet Toli – Toli (–0.30), diikuti oleh Stamet Palu (–0.29), Stamet Luwuk (–0.18), dan Stamet Poso (–0.16). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas El Nino cenderung diikuti oleh penurunan anomali curah hujan di wilayah – wilayah tersebut. Pengaruh El Nino paling besar terlihat di Stamet Toli – Toli dan Stamet Palu, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi yang masing – masing sebesar 0.09 dan 0.08. Sebaliknya, Stamet Luwuk dan Stamet Poso memiliki nilai koefisien determinasi 0.03 dan 0.03. Hal ini mengindikasikan bahwa penurunan curah hujan akibat El Nino lebih terlihat di Stamet Toli – Toli dan Stamet Palu dibandingkan dengan Stamet Luwuk dan Stamet Poso, meskipun pengaruhnya masih tergolong rendah. Secara keseluruhan, meskipun fenomena El Nino memiliki dampak terhadap anomali curah hujan di Sulawesi Tengah, tetapi tidak sebagai faktor dominan. Secara keseluruhan, meskipun fenomena El Nino berdampak terhadap anomali curah hujan di Sulawesi Tengah, pengaruhnya bukan faktor dominan, karena nilai koefisien determinasi keempat stasiun berada pada kategori sangat lemah.

Tabel. 4 Nilai korelasi dan koefisien determinasi ONI saat El Nino dengan anomali curah hujan 3 bulanan

Wilayah	Koefisien Determinasi	Korelasi	P – Value (t – test)
Stamet Luwuk	0.03	–0.18	<0.05
Stamet Poso	0.03	–0.16	<0.05
Stamet Toli – Toli	0.09	–0.30	<0.05
Stamet Palu	0.08	–0.29	<0.05

Untuk menguji signifikansi hubungan tersebut, dilakukan uji *t – test* guna memperoleh nilai *p – value*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data memiliki nilai $p < 0.05$, sehingga korelasi yang diperoleh signifikan secara statistik. Sehingga meskipun El Nino terbukti berkontribusi terhadap penurunan curah hujan di Sulawesi Tengah, nilai koefisien determinasi yang rendah mengindikasikan bahwa faktor lain, seperti fenomena intraseasonal (Madden–Julian Oscillation, gelombang Rossby), faktor lokal, maupun dinamika atmosfer regional, turut berperan dalam menentukan variabilitas curah hujan di wilayah ini.

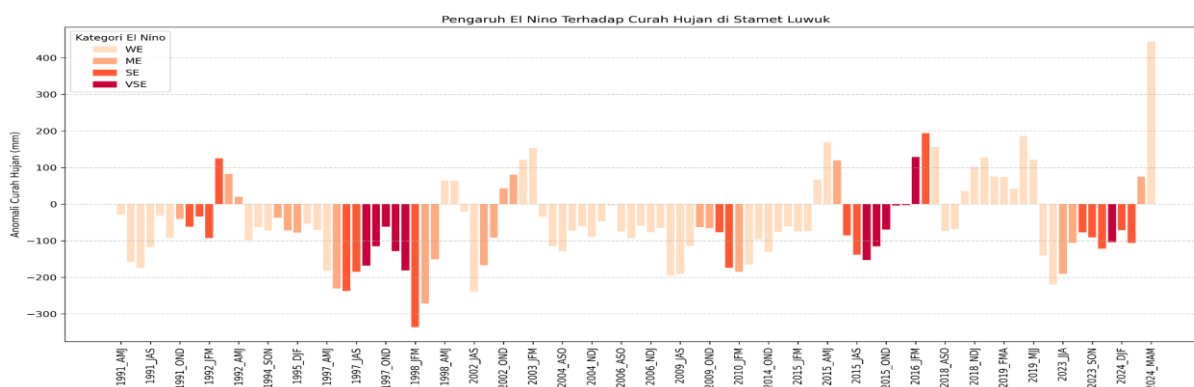
Tabel. 5 Nilai korelasi dan koefisien determinasi ONI saat El Nino dengan anomali curah hujan 3 – bulanan di setiap kelas El Nino

Wilayah	Kelas El Nino							
	Lemah (WE)		Sedang (ME)		Kuat (SE)		Sangat Kuat (VSE)	
	Korelasi	Koefisien Determinasi	Korelasi	Koefisien Determinasi	Korelasi	Koefisien Determinasi	Korelasi	Koefisien Determinasi
Stamet Luwuk	0.08	0.0064	-0.04	0.0016	-0.42	0.1764	0.19	0.0361
Stamet Poso	-0.34	0.1156	-0.38	0.1444	-0.14	0.0196	-0.30	0.09
Stamet Toli – Toli	-0.18	0.0324	-0.13	0.0169	-0.13	0.0169	-0.14	0.0196
Stamet Palu	-0.11	0.0121	-0.17	0.0289	-0.45	0.2025	-0.06	0.0036

Tabel 5 menunjukkan nilai korelasi dan koefisien determinasi antara indeks ONI saat El Nino dengan anomali curah hujan tiga bulanan di setiap kelas El Nino, yaitu El Nino Lemah (WE), El Nino Sedang (ME), El Nino Kuat (SE) dan El Nino Sangat Kuat (VSE), di empat wilayah kajian di Sulawesi Tengah dengan p value <0.05. Hubungan antara anomali curah hujan dengan kelas El Nino di Sulawesi Tengah bervariasi tergantung pada intensitas El Nino dan karakteristik masing – masing wilayah.

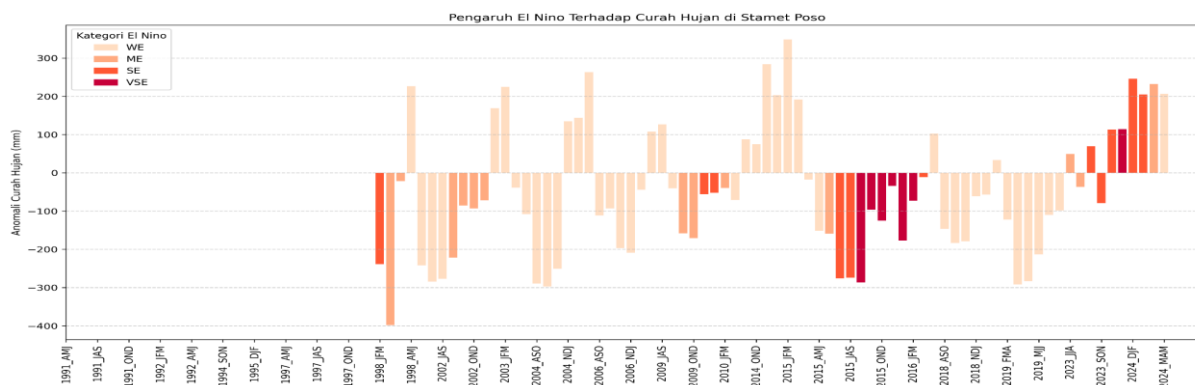
Analisis hubungan antara anomali curah hujan dengan tiap kelas El Nino di Sulawesi Tengah menunjukkan dampak yang bervariasi di setiap wilayah. Stamet Luwuk menunjukkan pola yang tidak konsisten, yaitu menunjukkan korelasi positif saat El Nino Lemah (0.08) dan El Nino Sangat Kuat (0.19) namun beralih menjadi negatif ketika El Nino Sedang (-0.04) dan El Nino Kuat (-0.42) yang mengindikasikan adanya faktor lain yang turut mempengaruhi anomali curah hujan yang terjadi saat El Nino. Sementara itu, Stamet Poso secara konsisten mengalami korelasi negatif pada semua kelas El Nino, dengan korelasi paling negatif saat El Nino Sedang (-0.38).

Hal serupa juga tampak di Stamet Toli – Toli, dengan nilai korelasi berkisar antara - 0,18 pada El Nino Lemah ($R^2 = 0.03$), -0.13 pada El Nino Sedang ($R^2 = 0.02$), -0.13 pada El Nino Kuat ($R^2 = 0.02$), serta -0.14 pada El Nino Sangat Kuat ($R^2 = 0.02$). Nilai ini menunjukkan bahwa pengaruh El Nino di Toli – Toli relatif lemah, meskipun tetap konsisten menurunkan curah hujan. Sementara itu, Stamet Palu mengalami korelasi negatif terbesar saat El Nino Kuat (-0.45; $R^2 = 0.20$), yang menandakan penurunan curah hujan cukup signifikan. Pada intensitas lainnya, pengaruhnya lebih lemah, yaitu -0,11 pada El Nino Lemah ($R^2 = 0.01$), -0,17 pada El Nino Sedang ($R^2 = 0.03$), dan -0,06 pada El Nino Sangat Kuat ($R^2 < 0.01$). Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa El Nino berkontribusi terhadap penurunan curah hujan di Sulawesi Tengah, dengan dampak paling jelas terjadi pada El Nino Kuat di Palu. Namun, nilai koefisien determinasi yang rendah di sebagian besar lokasi menegaskan bahwa variabilitas curah hujan masih banyak dipengaruhi oleh faktor atmosfer lain di luar ENSO.



Gambar 3. Grafik anomali curah hujan saat El Nino Stamet Luwuk

Pada Gambar 3 menyajikan grafik anomali curah hujan di Stamet Luwuk pada berbagai kejadian El Nino. Pada El Nino Lemah, penurunan curah hujan terbesar terjadi pada periode JAS 2002 sebesar $-277,4 \text{ mm}$ (-62%), namun peningkatan curah hujan juga tercatat pada JFM 2015 sebesar $+348,5 \text{ mm}$ ($+59\%$), yang menunjukkan bahwa El Nino Lemah tidak selalu menyebabkan penurunan curah hujan. Sementara pada El Nino Sedang, dampak yang lebih signifikan terlihat pada FMA 1998 dengan penurunan curah hujan $-398,5 \text{ mm}$ (-56%), meskipun pada periode yang sama juga terjadi peningkatan sebesar $+232,3 \text{ mm}$ ($+32.89\%$), yang mengindikasikan adanya faktor atmosfer lain yang turut berperan. Sedangkan pada El Nino Kuat, penurunan curah hujan mencapai $-274,4 \text{ mm}$ (-61%) selama JAS 2015, sementara pada DJF 2024 tercatat peningkatan sebesar $+245.9 \text{ mm}$ ($+46\%$). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun El Nino Kuat cenderung menurunkan curah hujan, terdapat periode tertentu yang justru mengalami peningkatan. Di sisi lain pada El Nino Sangat Kuat, penurunan curah hujan yang signifikan terjadi pada ASO 2015 sebesar -286.6 mm (-60%), namun peningkatan curah hujan juga ditemukan pada NDJ 2023 sebesar $+113,8 \text{ mm}$ ($+20.64\%$). Kondisi ini menegaskan bahwa meskipun El Nino umumnya berasosiasi dengan penurunan curah hujan, terjadinya peningkatan curah hujan di Stamet Luwuk pada periode tertentu dapat disebabkan oleh berbagai faktor lain di luar pengaruh El Nino itu sendiri.

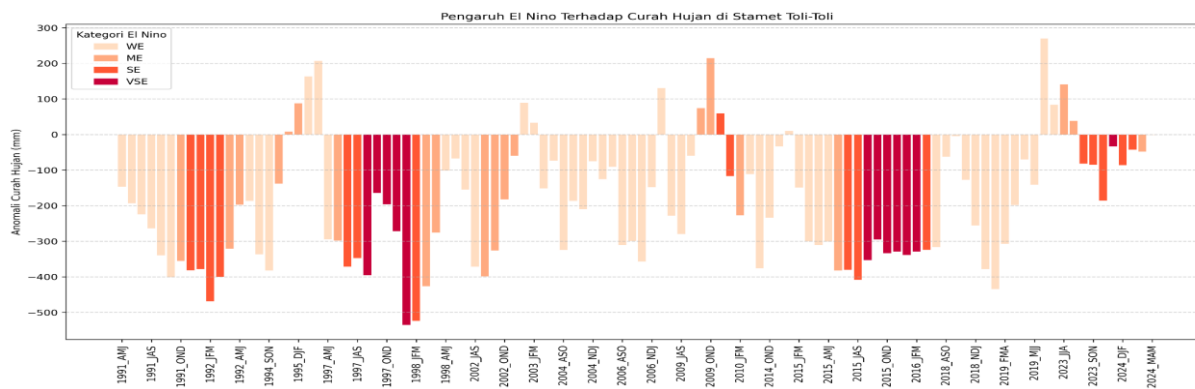


Gambar 4. Grafik anomali curah hujan saat El Nino Stamet Poso

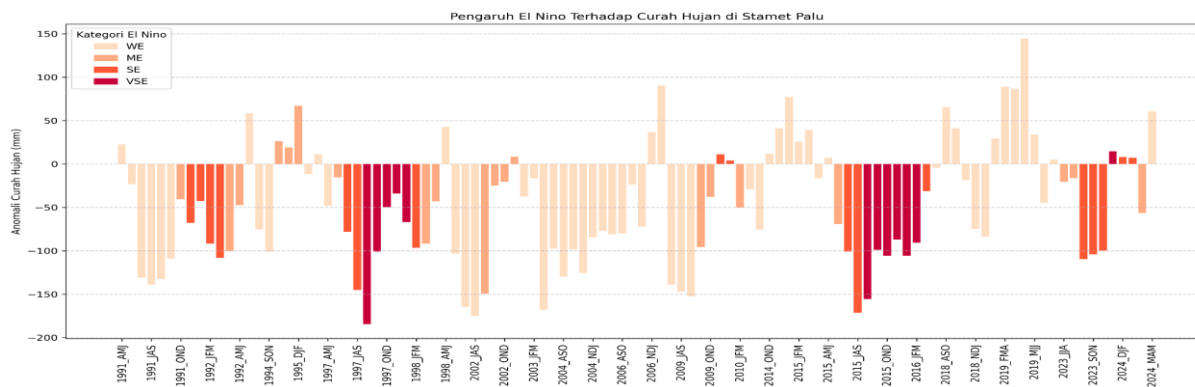
Pada Gambar 4 merupakan kejadian El Nino di Stamet Poso, terlihat pada El Nino Lemah terjadi penurunan curah hujan terbesar terjadi pada JAS 2002, yakni -277.4 mm (-62%), namun peningkatan curah hujan juga tercatat pada JFM 2015 sebesar $+348.5 \text{ mm}$ ($+59\%$), yang menunjukkan bahwa dampaknya tidak selalu berkontribusi terhadap penurunan curah hujan. Sedangkan pada El Nino Sedang, penurunan curah hujan lebih signifikan terjadi pada FMA 1998, dengan nilai $-398,5 \text{ mm}$ (-56%), meskipun pada FMA 2024 terjadi peningkatan curah hujan sebesar $+232.3 \text{ mm}$ ($+32.89\%$). Pada El Nino Kuat, dampak penurunan curah hujan mencapai -274.4 mm (-61%) pada JAS 2015, namun pada periode DJF 2024, curah hujan mengalami peningkatan sebesar $+245.9 \text{ mm}$ ($+46\%$). Sementara itu, pada El Nino Sangat Kuat, penurunan curah hujan terbesar terjadi pada ASO 2015 sebesar -286.6 mm (-60%), namun peningkatan curah hujan tetap tercatat pada NDJ 2023 sebesar $+113.8 \text{ mm}$ ($+20.64\%$). Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh El Nino terhadap curah hujan tidak bersifat linier, karena meskipun penurunan curah hujan lebih sering terjadi, terdapat beberapa periode di mana curah hujan justru mengalami peningkatan.

Gambar 5 merupakan kejadian El Nino di Stamet Toli – Toli, terlihat secara umum menunjukkan kecenderungan penurunan curah hujan, penurunan curah hujan lebih dominan, terutama pada El Nino Kuat dan Sangat Kuat. Pada El Nino Lemah, penurunan curah hujan terbesar terjadi pada SON 1991 sebesar -401.3 mm (-79%), namun juga terjadi peningkatan curah hujan tercatat pada AMJ 2023 sebesar $+269.6 \text{ mm}$ ($+50\%$). Pada El Nino Sedang, dampak penurunan curah hujan paling signifikan tercatat pada FMA 1998 sebesar -426.3 mm (-90%), meskipun terjadi peningkatan curah hujan pada OND 2009 sebesar $+214.6 \text{ mm}$ ($+38\%$). Pada El Nino Kuat, penurunan curah hujan tertinggi terjadi pada JFM 1998 sebesar -524.1 mm (-91%), namun pada periode NDJ 2009, curah hujan mengalami peningkatan

sebesar +11.1 mm (+10%). Sementara itu, pada El Nino Sangat Kuat, dampak paling signifikan tercatat pada DJF 1998, dengan penurunan curah hujan mencapai -535.7 mm (-86%), dan tidak tercatat adanya peningkatan curah hujan pada kategori ini, menandakan bahwa dampaknya terhadap curah hujan lebih kuat dan lebih konsisten dibandingkan dengan kategori lainnya.



Gambar 5. Grafik anomali curah hujan saat El Nino Stamet Toli – Toli



Gambar 6. Grafik anomali curah hujan saat El Nino Stamet Palu

Kejadian El Nino di Stamet Palu ditunjukkan oleh Gambar 6, secara umum memperlihatkan penurunan curah hujan, dengan dampak yang semakin besar seiring meningkatnya intensitas El Nino. Pada El Nino Lemah, penurunan curah hujan tertinggi terjadi pada JAS 2002, dengan nilai -175 mm (-81%), sementara peningkatan curah hujan tercatat pada AMJ 2019 sebesar +144.6 mm (+69%). El Nino Sedang menunjukkan variabilitas yang tinggi, dengan penurunan curah hujan terbesar terjadi pada ASO 2002 sebesar -77.98 mm (-78%), namun beberapa periode mencatatkan peningkatan curah hujan, seperti yang terjadi pada DJF 1995, dengan curah hujan meningkat sebesar +67.2 mm (+47%). Pada El Nino Kuat, penurunan curah hujan yang signifikan terjadi pada JAS 2015, dengan nilai -171.5 mm (-79%), sementara peningkatan curah hujan tercatat pada NDJ 2009 sebesar +11.1 mm (+7.04%), menunjukkan bahwa meskipun El Nino Kuat umumnya menyebabkan pengurangan curah hujan, masih terdapat periode di mana curah hujan mengalami peningkatan. El Nino Sangat Kuat mengalami penurunan terbesar pada ASO 1997 sebesar -184.7 mm (-96%), meskipun beberapa periode seperti NDJ 2023 masih mencatat terjadinya peningkatan curah hujan sebesar +14.5 mm (+9%).

Peningkatan curah hujan saat kondisi El Nino disebabkan faktor di luar pengaruh El Nino itu sendiri. Misalnya, pergerakan *Madden – Julian Oscillation* (MJO) dapat dapat mengubah dinamika atmosfer secara signifikan, termasuk meningkatkan kelembaban dan gerakan vertikal udara yang mendukung pembentukan awan hujan, bahkan di tengah kondisi kering yang umumnya terkait dengan El Nino^[17]. Faktor lokal seperti topografi pun berperan, di mana proses pengangkatan orografis (*orographic uplift*), angin pada lapisan bawah memiliki komponen dominan yang tegak lurus terhadap orientasi topografi, dan pengangkatan paksa udara yang kaya akan uap air di atas pegunungan menghasilkan kecepatan

vertikal yang mengarah pada pembentukan awan dan terjadinya hujan^[18]. Kombinasi berbagai pengaruh ini mampu mengimbangi, atau bahkan melebihi, efek pengurangan curah hujan yang biasanya terjadi selama El Nino.

Pengaruh La Nina terhadap curah hujan

Tabel 6 menunjukkan nilai korelasi dan koefisien determinasi antara indeks ONI saat fenomena La Nina dengan anomali curah hujan tiga bulanan di empat wilayah kajian, yaitu Stamet Luwuk, Poso, Toli – Toli, dan Palu. Secara umum, koefisien determinasi di seluruh wilayah bernilai sangat rendah (0.00 – 0.02), mengindikasikan bahwa variabilitas anomali curah hujan di wilayah – wilayah tersebut tidak dijelaskan secara signifikan oleh indeks ONI. Nilai korelasi juga menunjukkan hubungan yang lemah antara ONI dengan anomali curah hujan. Pada Stamet Luwuk dan Stamet Toli – Toli memiliki korelasi negatif (–0.08 dan –0.15) menunjukkan adanya kecenderungan penurunan curah hujan seiring peningkatan ONI, meskipun pengaruhnya sangat kecil. Sementara itu, Stamet Poso dan Stamet Palu memiliki nilai korelasi yang hampir nol (0.02 dan –0.02), menandakan bahwa hubungan antara ONI dan anomali curah hujan di kedua wilayah tersebut tidak signifikan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh ONI terhadap anomali curah hujan di wilayah kajian sangat kecil, hal ini menunjukkan bahwa variasi curah hujan di wilayah – wilayah tersebut lebih dipengaruhi oleh faktor lain, seperti dinamika atmosfer lokal atau fenomena cuaca intraseasonal.

Tabel. 6 Nilai korelasi dan koefisien determinasi ONI saat La Nina dengan anomali curah hujan 3 – bulanan

Wilayah	Koefisien Determinasi	Korelasi	P – Value (t – test)
Stamet Luwuk	0.01	–0.08	<0.05
Stamet Poso	0.00	0.02	<0.05
Stamet Toli – Toli	0.02	–0.15	<0.05
Stamet Palu	0.00	–0.02	<0.05

Tabel. 7 Nilai korelasi dan koefisien determinasi ONI saat La Nina dengan anomali curah hujan 3 – bulanan di setiap kelas La Nina

Wilayah	Kelas La Nina					
	Lemah (WL)		Sedang (ML)		Kuat (SL)	
	Korelasi	Koefisien Determinasi	Korelasi	Koefisien Determinasi	Korelasi	Koefisien Determinasi
Stamet Luwuk	0.04*	0.0016	–0.48*	0.2304	0.10*	0.01
Stamet Poso	–0.19*	0.0361	–0.09*	0.0081	0.38*	0.1444
Stamet Toli – Toli	–0.18*	0.0324	–0.35*	0.1225	0.21*	0.0441
Stamet Palu	0.01*	0.0001	–0.03*	0.0009	0.29*	0.0841

*p – value < 0.05

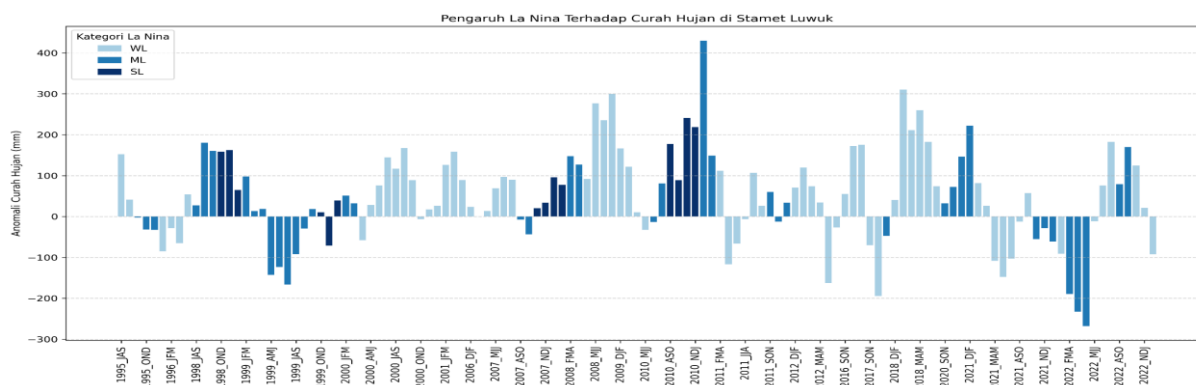
Tabel 7 menunjukkan nilai korelasi dan koefisien determinasi antara indeks ONI saat La Nina dengan anomali curah hujan tiga bulanan di setiap kelas La Nina, yaitu La Nina Lemah (WL), La Nina Sedang (ML), dan La Nina Kuat (SL), di empat wilayah kajian di Sulawesi Tengah. Hubungan antara anomali curah hujan dengan kelas La Nina di Sulawesi Tengah bervariasi tergantung pada intensitas La Nina dan karakteristik masing – masing wilayah. Pada Stamet Luwuk, La Nina Lemah dan La Nina Kuat menunjukkan korelasi positif masing – masing sebesar 0.04 dan 0.10, yang mengindikasikan adanya sedikit peningkatan curah hujan. Namun, pada La Nina Sedang terjadi penurunan curah hujan yang signifikan dengan nilai korelasi sebesar –0.48. Hal ini menunjukkan bahwa Stamet Luwuk cenderung mengalami penurunan curah hujan saat La Nina Sedang, sementara pada intensitas La Nina Lemah dan Kuat dampaknya relatif kecil.

Di Stamet Poso, dampak La Nina menunjukkan penurunan curah hujan saat La Nina Lemah (–0.19) dan La Nina Sedang (–0.09), sedangkan pada La Nina Kuat terjadi peningkatan curah hujan dengan nilai



korelasi sebesar 0,38. Hal ini berarti peningkatan curah hujan di wilayah ini lebih nyata saat La Nina berintensitas kuat. Pola serupa juga terlihat di Stamet Toli – Toli, di mana terjadi penurunan curah hujan pada La Nina Lemah (-0.18) dan La Nina Sedang (-0.35), namun curah hujan meningkat saat La Nina Kuat (0.21). Dengan demikian, wilayah ini cenderung mengalami penurunan curah hujan saat La Nina berintensitas lemah hingga sedang, tetapi peningkatan saat La Nina Kuat. Sementara itu, di Stamet Palu, anomali curah hujan menunjukkan fluktuasi lebih kecil dibandingkan wilayah lain. Saat La Nina Lemah, anomali hampir netral (0.01), sedangkan pada La Nina Sedang terjadi sedikit penurunan (-0.03). Pada La Nina Kuat, curah hujan meningkat dengan korelasi sebesar 0.29 , menandakan adanya pengaruh positif yang lebih signifikan.

Secara keseluruhan, dampak La Nina terhadap curah hujan di Sulawesi Tengah tidak selalu bersifat linear. Beberapa wilayah, seperti Poso dan Toli – Toli, mengalami penurunan curah hujan saat La Nina Lemah dan La Nina Sedang, tetapi mengalami peningkatan curah hujan saat La Nina Kuat. Di sisi lain, Stamet Luwuk justru mengalami penurunan curah hujan terbesar saat La Nina Sedang dibandingkan dengan intensitas La Nina lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa selain fenomena La Nina, variabilitas curah hujan di masing – masing wilayah didominasi oleh faktor – faktor lain ^[19].



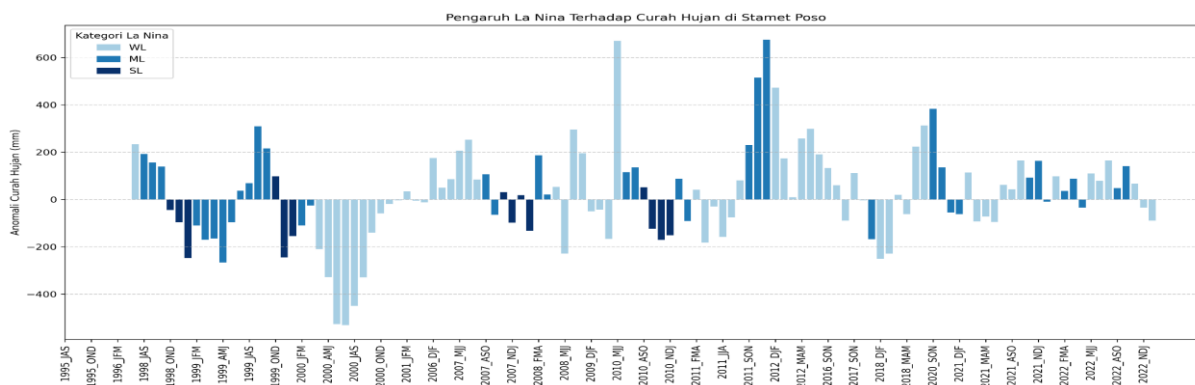
Gambar 7. Grafik anomali curah hujan saat La Nina Stamet Luwuk

Grafik 7 menyajikan grafik anomali curah hujan di Stamet Luwuk saat kejadian La Nina. Saat terjadi La Nina, curah hujan di Stamet Luwuk menunjukkan dampak yang bervariasi. Beberapa periode mengalami peningkatan curah hujan yang signifikan, sementara periode lainnya justru mengalami penurunan. Secara umum, kejadian La Nina Kuat (SL) cenderung menghasilkan peningkatan curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan La Nina Sedang (ML) dan La Nina Lemah (WL), meskipun terdapat beberapa periode dimana anomali curah hujan negatif, terutama pada kondisi La Nina Lemah.

Dari pola di atas terlihat dalam grafik, tidak semua kejadian La Nina berdampak secara konsisten terhadap peningkatan curah hujan. Misalnya, pada kondisi La Nina Kuat (SL), terjadi kenaikan curah hujan sebesar 240.8 mm (123%) pada OND 2010, tetapi juga tercatat penurunan curah hujan sebesar -71.0 mm (-28%) pada NDJ 1999. Pada La Nina Sedang (ML), peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada DJF 2011 sebesar 430.2 mm (153%), sementara penurunan curah hujan terbesar terjadi pada periode AMJ 2022 sebesar -268.1 mm (-60%). Sementara itu, pada La Nina Lemah (WL), peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada JFM 2018 sebesar 310.3 mm (91.8%), sedangkan penurunan curah hujan terendah tercatat mencapai -194.3 mm (99.18%) pada periode OND 2017.

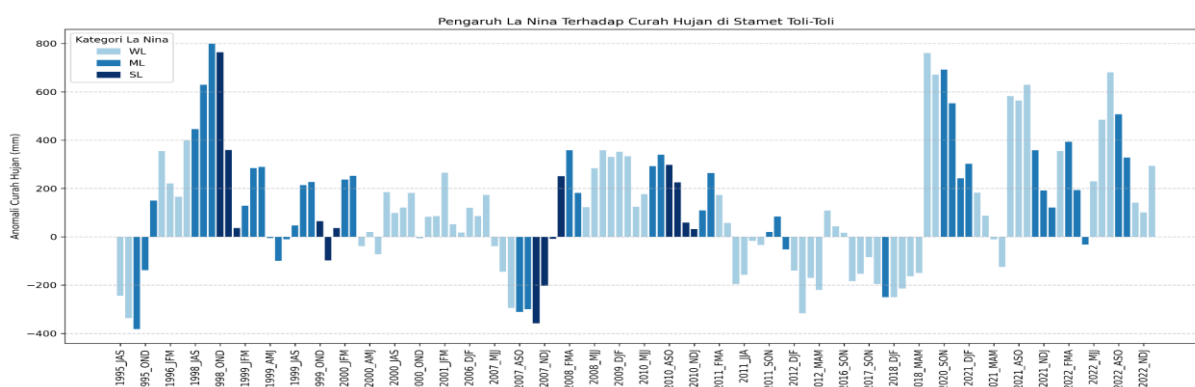
Pada Gambar 8 menyajikan grafik anomali curah hujan di Stamet Poso saat kejadian La Nina, yang menunjukkan bahwa pengaruh La Nina terhadap curah hujan tidak selalu linear. Pada beberapa periode, La Nina menunjukkan peningkatan curah hujan yang signifikan, sementara pada periode lain justru terjadi penurunan. Pada kondisi La Nina Kuat (SL) terlihat bahwa penurunan curah hujan lebih besar dibandingkan peningkatannya, dimana terjadi peningkatan curah hujan sebesar 98.0 mm (16.52%) pada OND 1999 tetapi pada DJF di tahun yang sama, curah hujan mengalami penurunan yang cukup besar sebesar yaitu 247.3 mm (-46.37%). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun La Nina sering dikaitkan

dengan peningkatan curah hujan, pada intensitas kuat justru dapat memicu penurunan curah hujan yang lebih besar di wilayah Stamet Poso. Kemudian pada kondisi La Nina Sedang (ML) peningkatan curah hujan terjadi pada NDJ 2011 dengan kenaikan sebesar sebesar 676.0 mm (122.67%) yang menunjukkan kondisi ini cukup drastis dibandingkan kondisi normalnya. Namun, terdapat juga penurunan curah hujan terendah sebesar -266.6 mm (-34.28%) pada AMJ 1999, variasi ini menunjukkan bahwa pada kondisi La Nina Sedang (ML) lebih beragam dengan potensi peningkatan curah hujan yang besar pada periode tertentu.



Gambar 8. Grafik anomali curah hujan saat La Nina Stamet Poso

Pada kondisi La Nina Lemah (WL), pola anomali curah hujan menunjukkan fluktuasi yang unik, di mana terdapat suatu kondisi dimana La Nina dengan penurunan terendah dan peningkatan tertinggi memiliki nilai yang sama, Peningkatan tertinggi terjadi pada MJJ 2010 dengan kenaikan sebesar 670.5mm (100.3%), sementara itu penurunan curah hujan terjadi selama tahun 2000 dan penurunan terendah terjadi JJA 2000 sebesar -531.4 mm (-100%). Pola ini mengindikasikan bahwa pada kondisi La Nina Lemah (WL), dampaknya terhadap curah hujan bisa sangat ekstrem, baik itu peningkatan maupun penurunan curah hujan. Secara keseluruhan, pada Stamet Poso menunjukkan bahwa meskipun La Nina sering dikaitkan dengan peningkatan curah hujan, namun pada wilayah ini tidak selalu konsisten. Beberapa periode La Nina dapat menyebabkan peningkatan curah hujan yang signifikan, akan tetapi ada juga fase di mana curah hujan mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa selain fenomena La Nina, terdapat variabel lain yang turut berperan dalam menentukan pola curah hujan di Wilayah Poso.



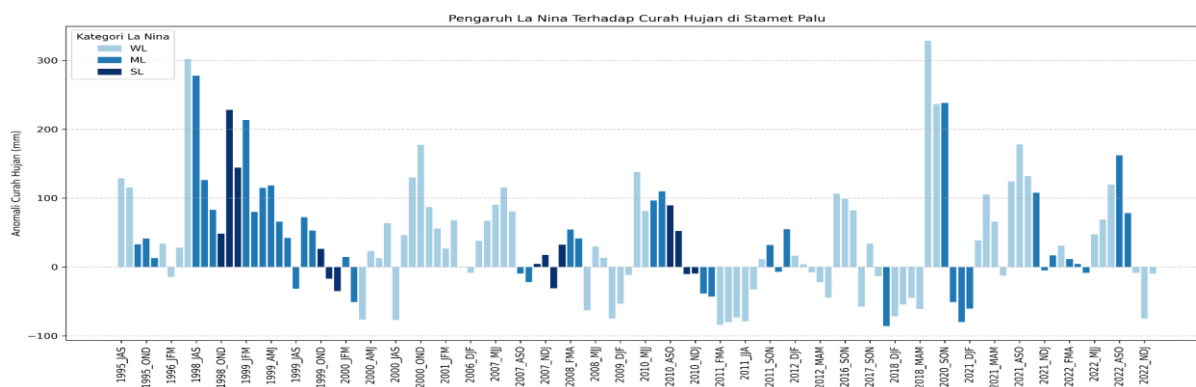
Gambar 9. Grafik anomali curah hujan saat La Nina Stamet Toli – Toli

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa anomali curah hujan di Stamet Toli – Toli saat terjadi La Nina menunjukkan fluktuasi yang bervariasi tergantung pada tingkat intensitas La Nina, yaitu La Nina Kuat (SL), La Nina Sedang (ML), dan La Nina Lemah (WL), yang sebagian besar mengalami kenaikan curah hujan. Kenaikan curah hujan tertinggi pada periode OND 1998 saat La Nina Kuat (SL) sebesar 763.6 mm (135.51%), hal ini menunjukkan bahwa kejadian La Nina periode 1998 berkontribusi besar dalam peningkatan curah hujan yang terjadi. Namun, tidak semua kejadian La Nina Kuat berdampak

dalam peningkatan curah hujan seperti pada periode OND 2007 terjadi penurunan curah hujan sebesar -357.4 mm (-33.78%) dari keadaan normalnya.

Pada kondisi La Nina Sedang (ML), peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada SON 1998 sebesar 799.7 mm (159.2%), namun terdapat pula periode dengan penurunan curah hujan seperti pada SON 1995 yang terjadi penurunan sebesar -382.3 mm (-76.11%), salah satu nilai anomali negatif tertinggi dalam data. Sementara itu, pada kondisi La Nina Lemah (WL), peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada JAS 2020 sebesar 671.6 mm (154.91%), kenaikan curah hujan yang tidak jauh berbeda dengan kondisi La Nina Sedang terhadap normalnya. Meski demikian, terdapat juga kejadian seperti pada ASO 1995, di mana curah hujan mengalami penurunan sebesar -336.8 mm (-68.62%).

Pola ini menunjukkan bahwa meskipun La Nina umumnya dikaitkan dengan peningkatan curah hujan, dampaknya tidak selalu konsisten. Pada fase tertentu, La Nina berperan dalam membawa uap air yang meningkatkan curah hujan, namun pada kejadian lain justru memicu penurunan curah hujan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa selain pengaruh La Nina, faktor – faktor lain seperti variabilitas atmosfer regional dan kondisi lokal turut menentukan besarnya dampak La Nina terhadap curah hujan di wilayah Stamet Toli – Toli, di mana peningkatan curah hujan tidak hanya dipengaruhi oleh kekuatan La Nina, tetapi juga oleh perubahan sirkulasi atmosfer lokal yang berkembang selama La Nina berlangsung ^[20].



Gambar 10. Grafik anomali curah hujan saat La Nina Stamet Palu

Gambar 10 menunjukkan anomali curah hujan di Stamet Palu saat terjadi La Nina, yang memperlihatkan variasi cukup besar dengan pola yang tidak selalu konsisten. Pada kondisi La Nina Kuat (SL), peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada NDJ 1998 dengan peningkatan sebesar 228.1 mm ($+145.30\%$), mengindikasikan bahwa selama periode ini terjadi curah hujan jauh diatas rata – rata normal. Namun, di sisi lain, terjadi penurunan curah hujan pada OND 2010 sebesar -10.3 mm (-6.42%). Selanjutnya pada kondisi La Nina Sedang (ML), pola anomali menunjukkan fluktuasi yang cukup besar, peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada JFM 1999 sebesar 213.3 mm ($+139.73\%$) yang menunjukkan bahwa La Nina Sedang pada tahun tersebut berdampak signifikan terhadap peningkatan curah hujan, terdapat juga periode dimana curah hujan mengalami penurunan, seperti pada NDJ 2017 dengan penurunan sebesar -86 mm (-54.76%). Sementara itu, saat kondisi La Nina Lemah (WL), peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada JAS 2020 sebesar 328.7 mm ($+151.37\%$) menunjukkan bahwa dalam beberapa kasus, La Nina Lemah pun dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap curah hujan. dengan penurunan curah hujan yang sangat signifikan pada FMA 2011 sebesar -84.2 mm (-55.08%). menunjukkan bahwa dampak La Nina Lemah terhadap curah hujan di Palu tidak selalu menghasilkan peningkatan, tetapi juga dapat menyebabkan defisit curah hujan pada periode tertentu. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa meskipun La Nina secara umum dikaitkan dengan peningkatan curah hujan, dampaknya di Stamet Palu tidak selalu seragam. Terdapat periode di mana curah hujan meningkat secara signifikan, namun ada juga saat di mana curah hujan mengalami penurunan, meskipun La Nina berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun La Nina terjadi, faktor lain seperti dinamika atmosfer lokal, pola angin, serta pengaruh geografis wilayah Stamet Palu memiliki peranan dalam menentukan variabilitas curah hujan.

Kesimpulan

Fenomena ENSO berpengaruh terhadap variabilitas curah hujan di Sulawesi Tengah, namun pengaruhnya tidak selalu konsisten dan berbeda antarwilayah. Secara umum, El Nino cenderung menurunkan curah hujan, sedangkan La Nina lebih sering meningkatkan curah hujan. Analisis menunjukkan bahwa pengaruh ENSO paling nyata terjadi di Stamet Toli – Toli ($R^2 = 0.24$) dan Palu ($R^2 = 0.19$), di mana ONI mampu menjelaskan sebagian variasi anomali curah hujan. Sebaliknya, di Luwuk ($R^2 = 0.09$) dan Poso ($R^2 = 0.02$) pengaruh ENSO sangat lemah, sehingga variabilitas curah hujan di kedua wilayah ini lebih banyak ditentukan oleh faktor atmosfer lokal maupun fenomena intraseasonal.

Pada kejadian El Nino Kuat dan Sangat Kuat, dampak paling jelas terlihat di Palu dengan nilai R^2 sekitar 0.20, sementara di Toli – Toli hanya sekitar 0.09 dan di Luwuk serta Poso sekitar 0.03. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun El Nino berkontribusi terhadap penurunan curah hujan, pengaruhnya relatif rendah dan tidak merata di seluruh wilayah. Dampak La Nina juga tidak seragam. Beberapa wilayah seperti Poso dan Toli – Toli mengalami penurunan curah hujan saat La Nina Lemah dan Sedang, tetapi justru mengalami peningkatan saat La Nina Kuat. Kondisi ini menegaskan bahwa interaksi antara ENSO dan faktor – faktor iklim lain, baik regional maupun lokal, sangat menentukan pola curah hujan di Sulawesi Tengah. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih komprehensif mengenai interaksi tersebut diperlukan untuk meningkatkan akurasi prediksi curah hujan sekaligus mendukung kebijakan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Saran

Penelitian ini hanya mengkaji dampak ENSO terhadap curah hujan yang terjadi di Sulawesi Tengah tanpa melibatkan faktor lain selain ENSO seperti variabilitas suhu muka laut, pola angin, MJO, IOD. Integrasi data dari berbagai sumber seperti satelit dapat meningkatkan keandalan hasil analisis serta memberikan wawasan yang lebih holistik terhadap dinamika curah hujan di Sulawesi Tengah.

Ucapan Terimakasih

Kami berterima kasih kepada Stasiun Atmosfer Global Lore Lindu yang telah menyediakan data curah hujan untuk penelitian ini, tanpa data tersebut penelitian ini tidak dapat terlaksana.

Daftar Pustaka

- [1] A. Wardani, A. J. Akbar, L. Handayani, and A. M. Lubis, “Correlation Among Rainfall, Humidity, and The El Nino – Southern Oscillation (ENSO) Phenomena in Bengkulu City During the Period from 1985 – 2020,” *jppipa, pendidikan ipa, fisika, biologi, kimia*, vol. 9, no. 4, pp. 1664–1671, Apr. 2023, doi: 10.29303/jppipa.v9i4.2971.
- [2] B. Sutardi and D. Hilman, *Indonesia country report: climate variability and climate changes, and their implication*. Indonesia Ministry of Environment, 2007.
- [3] Z. Sitompul and E. Nurjani, “Pengaruh el nino southern oscillation (ENSO) terhadap curah hujan musiman dan tahunan di Indonesia,” *Jurnal Bumi Indonesia*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [4] K. A. Silva, G. De Souza Rolim, and L. E. De Oliveira Aparecido, “Forecasting El Nino and La Nina events using decision tree classifier,” *Theor Appl Climatol*, vol. 148, no. 3–4, pp. 1279–1288, May 2022, doi: 10.1007/s00704 – 022 – 03999 – 5.
- [5] J. Jonnalagadda and M. Hashemi, “Long Lead ENSO Forecast Using an Adaptive Graph Convolutional Recurrent Neural Network,” in *ITISE 2023*, MDPI, June 2023, p. 5. doi: 10.3390/engproc2023039005.
- [6] O. Alizadeh and M. Mousavizadeh, “Impact of ENSO on extreme precipitation in Southwest Asia,” *Global and Planetary Change*, vol. 244, p. 104645, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.gloplacha.2024.104645.



- [7] I. K. Sukarasa, “Pengaruh Enso Terhadap Variabilitas Iklim di Sulawesi dengan Menggunakan Metode Transformasi Wavelet.” Fisika FMIPA, Universitas Udayana, 2014.
- [8] B. Munandar, A. Wirasatriya, D. N. Sugianto, A. Ambariyanto, and S. Sunaryo, “Respon Kecepatan Angin Terhadap Variabilitas Klorofil – a di Laut Filipina Dan Maluku Bagian Utara,” *Bul. Oseano. Mar.*, vol. 10, no. 3, pp. 269–276, Sept. 2021, doi: 10.14710/buloma.v10i3.38273.
- [9] M. Z. Alfiquri, G. Handoyo, and R. Widiaratih, “Pengaruh El Nino 2015 – 2016 dan La Nina 2020 – 2021 Terhadap SPL, Klorofil – A, dan Intensitas Curah Hujan di Laut Sulawesi,” *Indonesian Journal of Oceanography*, vol. 6, no. 3, pp. 239–248, Aug. 2024, doi: 10.14710/ijoce.v6i3.20009.
- [10] E. Aldrian and R. Dwi Susanto, “Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature,” *Intl Journal of Climatology*, vol. 23, no. 12, pp. 1435–1452, Oct. 2003, doi: 10.1002/joc.950.
- [11] U. Hidayat, S. Prasetyo, Y. Donni Haryanto, and N. Florida Riama, “Pengaruh ENSO Terhadap Curah Hujan dan Kelembapan Relatif serta Suhu Permukaan Laut di Sulawesi,” *BGB*, vol. 2, no. 2, pp. 88–96, Mar. 2022, doi: 10.31172/bgb.v2i2.56.
- [12] S. Lestari, J. – I. Hamada, F. Syamsudin, Sunaryo, J. Matsumoto, and M. D. Yamanaka, “ENSO Influences on Rainfall Extremes around Sulawesi and Maluku Islands in the Eastern Indonesian Maritime Continent,” *SOLA*, vol. 12, no. 0, pp. 37–41, 2016, doi: 10.2151/sola.2016 – 008.
- [13] E. J. Webb and B. I. Magi, “The Ensemble Oceanic Nino Index,” *Intl Journal of Climatology*, vol. 42, no. 10, pp. 5321–5341, Aug. 2022, doi: 10.1002/joc.7535.
- [14] K. Tampubolon and F. N. Sihombing, “Pengaruh curah hujan dan hari hujan terhadap produksi pertanian serta hubungannya dengan PDRB atas harga berlaku di Kota Medan,” *Jurnal Pembangunan Perkotaan*, vol. 5, no. 1, pp. 35–41, 2017.
- [15] A. Field, *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage publications limited, 2024.
- [16] M. S. Al Zibrah and N. Sagita, “Study of The Impact of Convectively Coupled Equatorial Kelvin and Rossby Waves on Rainfall Extremes in Sulawesi, Indonesia,” presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2023, p. 012029.
- [17] R. P. S. Ghelani, E. C. J. Oliver, N. J. Holbrook, M. C. Wheeler, and P. J. Klotzbach, “Joint Modulation of Intraseasonal Rainfall in Tropical Australia by the Madden-Julian Oscillation and El Nino-Southern Oscillation,” *Geophysical Research Letters*, vol. 44, no. 20, Oct. 2017, doi: 10.1002/2017GL075452.
- [18] M. Viale and R. Garreaud, “Orographic effects of the subtropical and extratropical Andes on upwind precipitating clouds,” *JGR Atmospheres*, vol. 120, no. 10, pp. 4962–4974, May 2015, doi: 10.1002/2014JD023014.
- [19] H. Irwandi, M. Nasution, E. Kurniawan, and Y. Megalina, “Pengaruh El Nino terhadap variabilitas curah hujan di Sumatera Utara,” *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 7–15, 2017.
- [20] S. N. Raj Deepak *et al.*, “Impact of multiyear La Nina events on the South and East Asian summer monsoon rainfall in observations and CMIP5 models,” *Clim Dyn*, vol. 52, no. 11, pp. 6989–7011, June 2019, doi: 10.1007/s00382 – 018 – 4561 – 0.

