

## ANALISIS HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN OLR TERKAIT VARIASI MJO DI PROVINSI KALIMANTAN UTARA

**Manda Nurrohman Akuba<sup>1\*</sup>, Muhammad Figo Ramadhan<sup>2</sup>, Cheelcia Gabriella Tankiriwang<sup>3</sup>, Diaz Maulana Wireza<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika  
Email Korespondensi: [mandanurrohmanakuba@gmail.com](mailto:mandanurrohmanakuba@gmail.com)

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the relationship between monthly rainfall and Outgoing Longwave Radiation (OLR) associated with Madden-Julian Oscillation (MJO) variations in North Kalimantan Province using the Empirical Orthogonal Function (EOF) method. The data used includes rainfall and OLR from 1991 to 2020. The analysis results show that PC1 explains 80.36% of the total data variance, with a significant negative pattern toward rainfall, indicating that high OLR values correlate with reduced rainfall. PC2 to PC7 show smaller contributions, each explaining lower variance and associated with local and temporal patterns. Furthermore, the MJO phase analysis shows that the highest rainfall increase occurs in phases 3 and 4, differing from the general theory suggesting that phases 4 and 5 contribute most to tropical rainfall. These findings provide important insights into the influence of global atmospheric dynamics on rainfall distribution in North Kalimantan.*

**Keywords:** EOF, Outgoing Longwave Radiation, MJO

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara curah hujan bulanan dan Outgoing Longwave Radiation (OLR) terkait variasi Madden-Julian Oscillation (MJO) di Provinsi Kalimantan Utara menggunakan metode Empirical Orthogonal Function (EOF). Data yang digunakan meliputi curah hujan dan OLR selama periode 1991 hingga 2020. Hasil analisis menunjukkan bahwa PC1 menjelaskan 80,36% dari total variasi data, dengan pola negatif yang signifikan terhadap curah hujan, mengindikasikan bahwa nilai OLR yang tinggi berkorelasi dengan penurunan curah hujan. PC2 hingga PC7 menunjukkan kontribusi yang lebih kecil, masing-masing menjelaskan variansi yang lebih rendah, dan berhubungan dengan pola lokal dan temporal. Selain itu, analisis fase MJO menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan tertinggi terjadi pada fase 3 dan 4, berbeda dari teori umum yang menyatakan bahwa fase 4 dan 5 memiliki kontribusi terbesar terhadap curah hujan di wilayah tropis. Temuan ini memberikan wawasan penting tentang pengaruh dinamika atmosfer global terhadap distribusi curah hujan di Kalimantan Utara.

**Kata kunci:** EOF, Outgoing Longwave Radiation, MJO

### 1. PENDAHULUAN

Kalimantan Utara merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki keragaman

geografis dan iklim tropis yang khas (Indryani & Mun'im, 2022). Sebagai wilayah yang berbatasan langsung dengan Laut Sulawesi di timur dan negara Malaysia di utara, dinamika atmosfer di Kalimantan Utara sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor global, regional, dan lokal (Matandung et al., 2023). Salah satu fenomena atmosfer penting yang mempengaruhi pola curah hujan di wilayah ini adalah Madden-Julian Oscillation (MJO), sebuah osilasi atmosfer tropis yang berperan signifikan dalam mengatur aktivitas konveksi dan distribusi curah hujan di berbagai wilayah tropis (Baeda et al., 2018). Fenomena MJO memiliki dampak besar terhadap pola curah hujan di kawasan tropis melalui pengaruhnya pada dinamika atmosfer, seperti pergerakan gelombang konvektif, distribusi kelembapan, dan radiasi gelombang panjang keluar (Outgoing Longwave Radiation, OLR) (Yulihastin & Fathrio, 2014). Pemahaman mengenai hubungan antara curah hujan dan OLR yang terkait dengan variabilitas MJO sangat penting, terutama di wilayah seperti Kalimantan Utara yang rentan terhadap perubahan iklim dan cuaca ekstrem (Windayati & Surinati, 2016). Variasi temporal dan spasial curah hujan akibat fenomena ini dapat mempengaruhi berbagai sektor, seperti pertanian, infrastruktur, dan pengelolaan sumber daya air (Winarso & Saragih, 2018). Penelitian yang mencakup periode 30 tahun (1991–2020) ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi spasial dan temporal curah hujan serta hubungannya dengan OLR di Kalimantan Utara menggunakan metode Empirical Orthogonal Function (EOF). Metode ini mampu mengidentifikasi pola-pola dominan dalam variabilitas curah hujan dan OLR, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai interaksi antara dinamika atmosfer berskala besar dan lokal (Pertiwi & Paski, 2021).

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di wilayah Provinsi Kalimantan Utara. Secara administratif, wilayah ini berbatasan dengan Negara Malaysia di bagian utara, Provinsi Kalimantan Selatan di bagian selatan, Provinsi Kalimantan Timur di bagian barat dan Laut Sulawesi di bagian timur. Penelitian ini mencakup periode selama 30 tahun, yaitu dari tahun 1991 hingga 2020. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar berikut.



**Gambar 2.1** Peta Administrasi Provinsi Kalimantan Utara (Peta Tematik Indonesia)

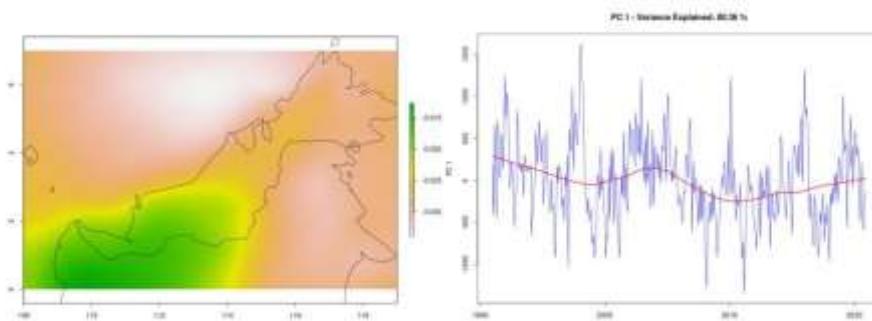
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan yang diperoleh melalui data observasi selama 30 tahun mulai dari tahun 1991 sampai 2020. Data OLR yaitu data Mean Top Net Longwave Radiation Bulanan selama 30 tahun, yaitu dari tahun 1991

hingga 2020. Data tersebut diperoleh dengan mengunduh ERA5 Hourly Data on Single Level Reanalysis dari situs web Copernicus dalam format.nc. Selanjutnya, data hasil pengolahan tersebut diolah lebih lanjut menggunakan metode Empirical Orthogonal Function (EOF) untuk menganalisis pola distribusi spasial curah hujan dan menyajikannya dalam bentuk peta spasial.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

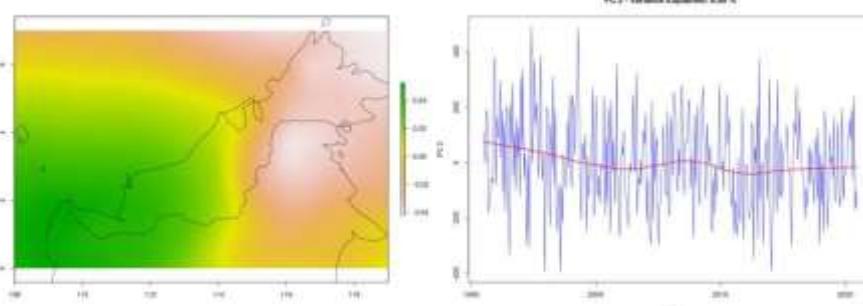
#### 3.1. Analisis Indeks Variance Principal Components

Hasil analisis menggunakan data Outgoing Longwave Radiation (OLR) di Provinsi Kalimantan Utara selama periode 1991 – 2020 menunjukkan pola dominan variabilitas spasial dan temporal. Komponen utama pertama (PC1) menjelaskan 80.36% dari total variasi data, yang menunjukkan bahwa PC1 berhasil menangkap pola utama dari perubahan OLR di wilayah tersebut. Pola spasial PC1 menggambarkan distribusi wilayah dengan nilai kontribusi positif dan negatif terhadap variabilitas OLR. Wilayah dengan nilai negatif (berwarna hijau hingga kuning) mengindikasikan penurunan OLR, yang sering dikaitkan dengan peningkatan aktivitas konveksi dan awan tebal selama fase aktif Madden-Julian Oscillation (MJO). Sebaliknya, wilayah dengan nilai positif (berwarna oranye hingga putih) menunjukkan peningkatan OLR, yang mencerminkan aktivitas konveksi yang lemah atau tidak ada selama fase istirahat MJO.



**Gambar 3.1** Pola Spasial dan Total Variance PC1

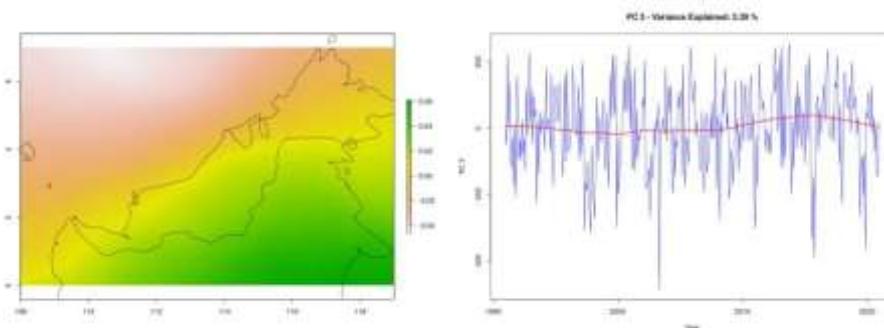
Dari sisi temporal, grafik PC1 menunjukkan fluktuasi signifikan sepanjang periode pengamatan. Nilai PC1 yang tinggi tercatat pada tahun-tahun seperti 1997/1998 dan 2015/2016, yang bertepatan dengan peristiwa El Niño kuat yang mengurangi aktivitas konveksi dan curah hujan di wilayah tropis, termasuk Kalimantan Utara. Sebaliknya, nilai PC1 yang rendah tercatat pada tahun-tahun seperti 2010/2011, yang bertepatan dengan peristiwa La Niña yang meningkatkan aktivitas konveksi dan curah hujan. Tren jangka panjang menunjukkan adanya sedikit penurunan nilai PC1 hingga awal 2000-an, diikuti oleh peningkatan hingga tahun 2020, yang mengindikasikan pola variabilitas jangka panjang yang mungkin dipengaruhi oleh fenomena iklim global.

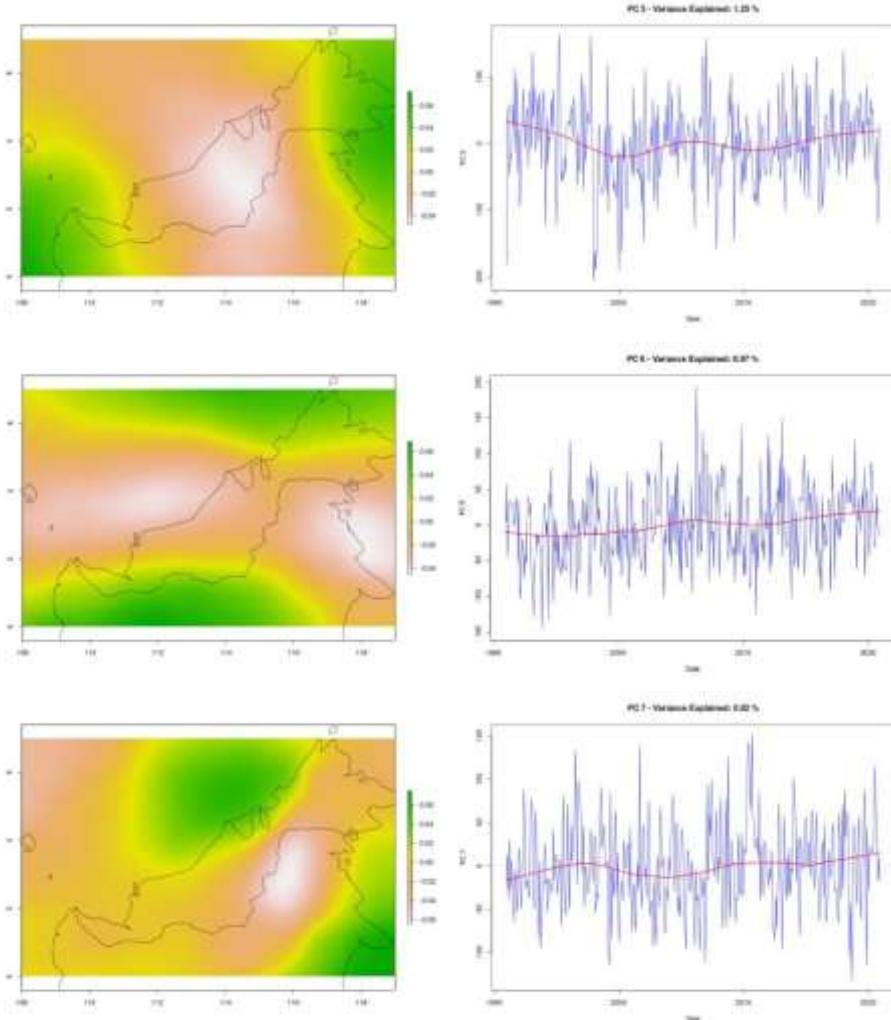


**Gambar 3.2** Pola Spasial dan Total Variance PC2

Selanjutnya grafik di atas ini hasil analisis komponen utama kedua (PC2) dari total presipitasi yang diolah menggunakan analisis komponen utama (PCA). PC2 menjelaskan 8.99% dari total variasi data curah hujan selama periode 1991 hingga 2020. Proporsi variansi ini lebih kecil dibandingkan PC1, sehingga PC2 merepresentasikan pola variabilitas sekunder yang melengkapi pola dominan sebelumnya. Fluktuasi nilai pada grafik PC2 tampak lebih terpusat di sekitar nol dengan amplitudo yang lebih kecil dibandingkan PC1. Pola ini menunjukkan bahwa PC2 menangkap dinamika curah hujan yang bersifat lebih lokal dan temporal. Nilai-nilai ekstrem pada grafik, seperti yang terlihat di awal 2000-an dan pertengahan 2010-an, dapat merefleksikan kejadian cuaca intensif yang terjadi pada periode waktu singkat, seperti pengaruh langsung dari fase aktif Madden-Julian Oscillation (MJO) atau dinamika atmosfer lainnya. Pada peta spasial, pola distribusi PC2 menunjukkan perbedaan signifikan dengan PC1. Wilayah bernilai negatif (berwarna hijau hingga kuning) cenderung mengalami peningkatan curah hujan, terutama di area yang terpengaruh oleh efek orografis pada daerah pegunungan atau aktivitas konvektif yang intens. Sebaliknya, wilayah bernilai positif (berwarna oranye hingga putih) menunjukkan pengurangan curah hujan yang mencerminkan kondisi atmosfer yang lebih stabil atau pengurangan kelembapan lokal.

Grafik di bawah ini menunjukkan hasil analisis komponen utama ketiga (PC3) dari total presipitasi yang diolah menggunakan metode analisis komponen utama (PCA). PC3 menjelaskan 5,39%, PC4 menjelaskan 2,22%, PC5 menjelaskan 1,25%, PC6 menjelaskan 0,97%, dan PC7 menggambarkan pola variabilitas curah hujan di Sulawesi yang menjelaskan 0,82% dari total varians data. Nilai-nilai ini berada di angka kisaran 5% hingga di bawah 1% yang secara statistik menunjukkan pola yang tidak signifikan dari perubahan data OLR.

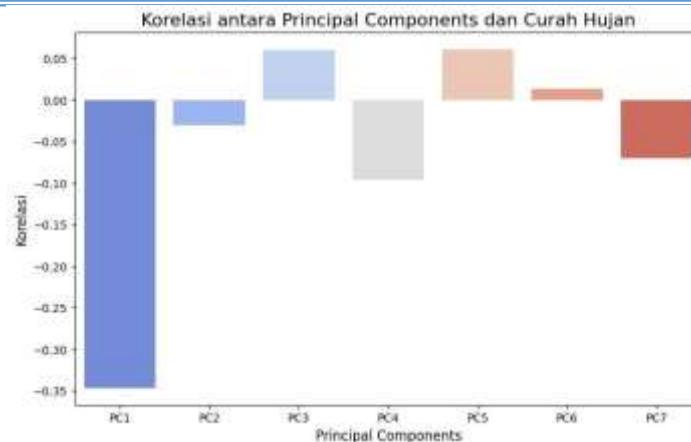




**Gambar 3.3** Pola Spasial dan Total Variance PC3-PC7

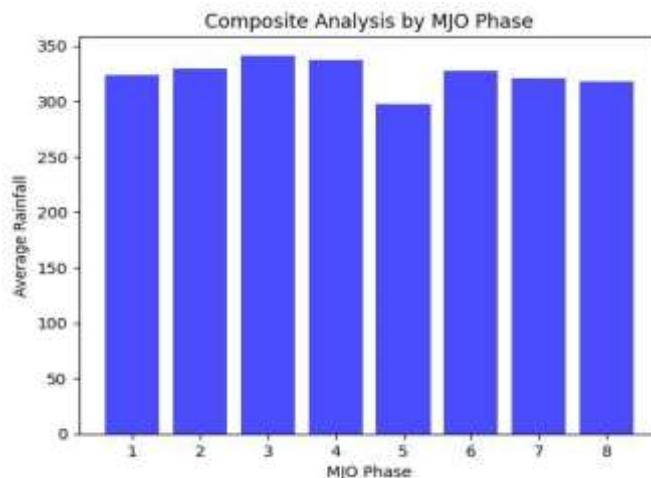
### 3.2. Analisis Korelasi

Berdasarkan analisis data korelasi antara Principal Components (PCs) dan curah hujan bulanan di wilayah Kalimantan Utara untuk periode tahun 1991 hingga 2020, ditemukan bahwa PC1 memiliki korelasi negatif yang signifikan terhadap curah hujan dengan nilai  $-0,346$ . Korelasi negatif ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai OLR, semakin kecil curah hujan yang terjadi. Sebagai komponen signifikan utama, PC1 mencerminkan variansi terbesar dalam data, sehingga menjadi indikator penting dalam penarikan kesimpulan bahwa hubungan antara nilai OLR berbanding terbalik dengan nilai curah hujan dalam penelitian ini.



**Gambar 3.4** Barplot Korelasi antara PC dan Curah Hujan

Sementara itu, PC2 hingga PC7 menunjukkan korelasi yang jauh lebih kecil terhadap curah hujan, dengan nilai masing-masing adalah -0,030 (PC2), 0,059 (PC3), -0,096 (PC4), 0,061 (PC5), 0,013 (PC6), dan -0,070 (PC7). Korelasi yang rendah ini mengindikasikan bahwa variabel-variabel yang diwakili oleh PC2 hingga PC7 tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap curah hujan bulanan. Hasil ini konsisten dengan prinsip yang dikemukakan oleh Jolliffe (2002), di mana komponen utama (PC1) biasanya menjelaskan proporsi variansi terbesar dalam dataset, sementara komponen-komponen lainnya, seperti PC2 hingga PC7, menjelaskan variansi yang lebih kecil. Dalam hal ini, PC1 berfungsi sebagai indikator utama untuk variabilitas curah hujan, sedangkan PC lainnya hanya berkontribusi secara marginal atau mencerminkan variabilitas minor yang mungkin berasal dari noise atau faktor lokal yang tidak dominan (Jolliffe & Cadima, 2016).



**Gambar 3.5** Barplot Analisis Komposit antara PC dan Fase MJO

Grafik di atas merupakan hasil pengolahan data rata-rata curah hujan terhadap ke-8 fase MJO, dimana secara teori, fase 4 dan 5 MJO sering dikaitkan dengan peningkatan curah hujan tertinggi di wilayah ini (Wheeler & Hendon, 2004). Namun, hasil analisis menggunakan data OLR dengan metode Empirical Orthogonal Function (EOF) menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi di Kalimantan Utara dari tahun 1991 hingga 2020

terjadi pada fase 3 dan 4. Hasil ini menegaskan adanya perbedaan antara teori dan data observasi, di mana fase 3 menunjukkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan curah hujan. Perbedaan ini menunjukkan dinamika atmosfer yang bervariasi di tiap wilayah dan periode tertentu.

#### 4. SIMPULAN

Hasil menunjukkan bahwa PC1, sebagai komponen utama, memiliki korelasi negatif yang signifikan terhadap curah hujan, menunjukkan bahwa peningkatan nilai OLR berbanding terbalik dengan intensitas curah hujan. PC2 hingga PC7 memberikan kontribusi yang lebih kecil terhadap variasi curah hujan, dengan pola lokal dan temporal yang lebih spesifik. Analisis fase Madden-Julian Oscillation (MJO) menunjukkan bahwa fase 3 dan 4 memiliki pengaruh terbesar terhadap peningkatan curah hujan di wilayah ini, berbeda dengan teori umum yang menyatakan fase 4 dan 5 sebagai fase yang dominan. Perbedaan ini mencerminkan dinamika atmosfer yang bervariasi di setiap wilayah dan periode. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam mengenai pengaruh MJO terhadap pola curah hujan di Kalimantan Utara, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko bencana hidrometeorologi, dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Baeda, A. Y., Abdullah, D., & Pao'tonan, C. (2018). MJO Anomalies relationship with Volcanic Eruption in Indonesian Archipelago. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Indryani, E., & Mun'im, A. (2022). Analisis Sektoral dan Spasial Provinsi Kalimantan Utara Sebagai Penyangga Ibu Kota Baru: Pendekatan Inter Regional Input-Output (IRIO). *Bappenas Working Papers*.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). "Principal Component Analysis: A Review and Recent Developments." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis* (2nd ed.). Springer.
- Matandung, R., Sujiono, E. H., & Subaer. (2023). Analisis MJO (Madden-Julian Oscilation) Terhadap Kejadian Curah Hujan Ekstrem di Wilayah Pesisir Barat Sulawesi Selatan sebagai Upaya Mitigasi Bencana Hidrometeorologi. *Jurnal Fisika Unand*.
- Pertiwi, D. A. S., & Paski, J. A. I. (2021). KORELASI SOUTHERN OSCILLATION INDEX (SOI) DAN DIPOLE MODE INDEX (DMI) TERHADAP VARIABILITAS CURAH HUJAN DI UTARA JAWA. *Buletin Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika*.
- Wheeler, M., & Hendon, H. H. (2004). An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review*, 132(8), 1917-1932.
- Winarso, P. A., & Saragih, R. M. (2018). Atmospheric Study of the Impact of Borneo Vortex and Madden-Julian Oscillation over West Indonesia Maritime Continent Area. *Environmental Analysis & Ecology Studies*.
- Widayati, R., & Surinati, D. (2016). FENOMENA MADDEN-JULIAN OSCILLATION (MJO). *Oseana*.

Yulihastin, E., & Fathrio, I. (2014). INTERACTION BETWEEN CENS-MJO TRANSITION PHASE AFFECT TO DIURNAL ANOMALY OF THE RAINFALL OVER WEST JAVA. *The 4 Th International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH)*.