PENGARUH MADDEN JULIAN OSCILLATION (MJO) TERHADAP ANOMALI CURAH HUJAN DI PROVINSI BALI TAHUN 1991-2020

Effect of Madden Julian Oscillation (MJO) on Rainfall Anomalies in Bali Province 1991-2020

Oktaviana Nurhayati Murni[1], I Ketut Sukarasa[1]*, Rakhmat Prasetia[2], I Made Dwi Wiratmaja[2], Heppy Febriana Abdi Bintari[2]

[1] Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361
[2] Badan Klimatologi Klas II Jembrana, Baler Bale Agung, Jembrana, Bali 82218
Email: oktavianamurni1997@gmail.com; *iketutsukarasa@unud.ac.id; rahmatbmkg@gmail.com

Abstrak –*Telah dilakuan penelitian tentang pengaruh fenomena Madden Julian Oscillation (MJO) terhadap anomali curah hujan di Provinsi Bali dari tahun 1991-2020. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi, anomali, dan persebaran frekuensi curah hujan di Provinsi Bali saat kejadian MJO fase 4 dan 5 tahun 1991-2020 dengan menggunakan metode statistik deskriptif. Data yang digunakan yakni data curah hujan harian tahun 1991-2020 hasil observasi dari Stasiun Klimatologi Kelas II Jembrana dan data MJO fase 4 dan 5 yang memonitoring keberadaan MJO. Hasil dari penelitian ini adalah berupa grafik rata-rata curah hujan yang dihitung untuk menginformasikan kondisi curah hujan saat MJO kemudian dibandingkan dengan normalnya. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data Pos Candi Kuning merupakan pos yang memiliki dampak peningkatan jumlah curah hujan yang lebih tinggi dari normalnya dengan jumlah kenaikan paling tinggi sebesar 72 mm/bulan yang terjadi pada bulan Maret. Kemudian untuk anomali curah hujan berupa grafik peresentase anomali positif yang menyebabkan adanya peningkatan curah hujan di Provinsi Bali. Anomali curah hujan positif sebesar 65% di Pos Candi Kuning. Berdasarkan tren persebaran frekuensi kejadian hujan seperti pada grafik persebaran frekuensi curah hujan di Provinsi Bali umumnya mengalami peningkatan, namun periode 2001-2005 dan 2011-2015 mengalami penurunan.*

Kata kunci: *MJO, fase MJO, anomali, frekuensi, curah hujan*

Abstract – *Research has been conducted on the influence of the Madden Julian Oscillation (MJO) phenomenon of rainfall anomalies in Bali Province since 1991-2020. The research aims to figure out the conditions, anomalies, and frequency distributions of rainfall in Bali Province during the existence of MJO's 4 and 5 phases for 1991-2020 descriptive statistical methods. The data used is daily rainfall data for 1991-2020. The results of observations from the Jembrana Class II Climatology Station and MJO data for phases 4 and 5 that monitor the presence of the MJO. The result of this study is a graph of the average rainfall calculated to inform rainfall conditions during MJO and compared to normal. Based on the results of calculations and data analysis shows Pos Candi Kuning is the post that has the most impact, this is because it has the highest increase in the amount of rainfall than normal with the highest increase of 72 mm/month occurring in March. Then for rainfall anomalies in the form of a positive anomalous percentage graph, that cause increased precipitation in Bali Province. The anomaly of positive rainfall is 65% at Pos Candi Kuning. Based on the trend of the distribution of the frequency of rain events on the graph of the distribution of rainfall in the Province of Bali, generally there is an increase, but the period 2001-2005 and 2011-2015 has decreased.*

Keywords: *MJO, MJO phase, anomaly, frequency, rainfall.*

1. Pendahuluan

Curah hujan di Provinsi Bali umumnya dipengaruhi oleh fenomena siklus atmosfer, baik secara global, regional, maupun lokal. Selain itu Provinsi Bali merupakan wilayah yang terletak di daerah khatulistiwa dan merupakan daerah yang beriklim tropis, dengan memiliki dua musim sepanjang tahun yakni musim

hujan dan musim kemarau. Salah satu fenomena global yang mempengaruhi curah hujan di Provinsi Bali adalah Madden Julian Osillation (MJO) [1].

Menurut Madden dan Julian,1971 yang pertama kali meneliti di Pulau Kanton, MJO merupakan model osilasi dominan dari variabilitas di daerah tropis yang dimanifestasikan dalam skala waktu 30-60 hari dan mengalami pergerakan proses konveksi dari arah barat ke timur. Dalam penelitianya menggunakan data *rawsoddne* (tekanan) dengan periode harian, dan karakteristik paling kuat terjadi di wilayah tropis [2].

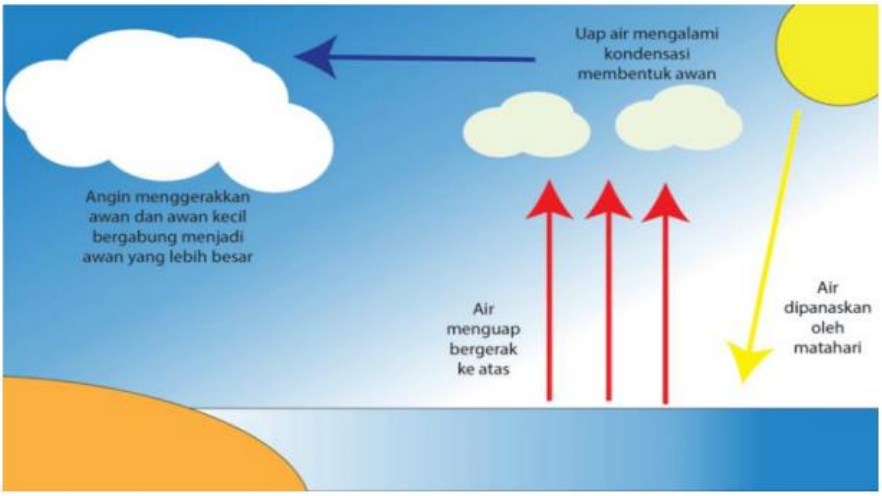
Pergerakan MJO ke arah timur bersama dengan angin baratan (*westerly wind)* sepanjang ekuator selalu diikuti dengan awan kumulus yang tebal. Awan kumulus merupakan awan konvektif yang menyebabkan hujan dengan intensitas tinggi. Sepanjang penjalarannya yang menempuh jarak 100 kilometer dalam sehari di Samudera Hindia dan 500 kilometer per hari ketika berada di Indonesia. Penjalaran MJO ada delapan (8) fase, yaitu fase 1 di Afrika yang berada pada 210 ° BB – 60° BT, fase 2 di Samudera Hindia bagian barat berada pada 60° BT - 80° BT, fase 3 Samudera Hindia bagian timur berada pada 80° BT - 100° BT, fase 4 dan 5 di Indonesia berada pada 100° BT -140° BT, fase 6 kawasan Pasifik Barat berada pada 140° BT - 160° BT, fase 7 di Pasifik Tengah berada pada 140° BT - 160° BT dan fase 8 di daerah konveksi di belahan bumi bagian barat berada pada 160° BT -180° BB [3]. Hal ini merupakan salah satu pemicu terjadinya intensitas curah hujan meningkat pada suatu wilayah yang dilaluinya.

Secara gografis Pulau Bali terletak di salah satu Kepulauan Sunda Kecil yang berada di sebelah Pulau Jawa. Pulau Bali berada pada titik koordinat 8 °03′ LS - 8 °50′ LS serta 114°26′ BT - 115°42′ BT mempunyai suhu normal berkisar 24° − 38° [4]. Provinsi Bali merupakan kawasan menarik untuk diteliti karena karakteristik meteorologinya, keadaan cuaca serta curah hujan Bali termasuk dalam golongan daerah yang beriklim sedang. Curah hujan di Provinsi Bali secara umum termasuk pola curah hujan monsun yang ditandai dengan satu puncak musim hujan dan satu puncak musim kemarau. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data curah hujan harian dan data MJO yakni data fase 4 dan 5 yang merupakan data yang memonitoring keberadaan MJO tahun 1991-2020.

2. Landasan Teori

2.1 Hujan

Hujan merupakan satu bentuk presipitasi atau produk dari kondensasi uap air yang berwujud cair. Presipitasi sendiri dapat berbentuk cair, padat (misalnya salju dan es) atau aerosol (seperti embun atau kabut). Hujan terbentuk apabila titik air terpisah jatuh ke bumi dari awan. Tidak semua hujan jatuh sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering [5]. Hujan mempunyai peran penting dalam siklus hidrologi seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah ini, saat dimana seluruh air di permukaan bumi akan mengalami penguapan akibat panas matahari, kemudian pada ketinggian tertentu uap air akan mengalami kondensasi yang akan membentuk awan. Awan yang tidak mampu menahan beban air akan mengalami presipitasi dan terjadi hujan sehingga air jatuh kembali ke laut.

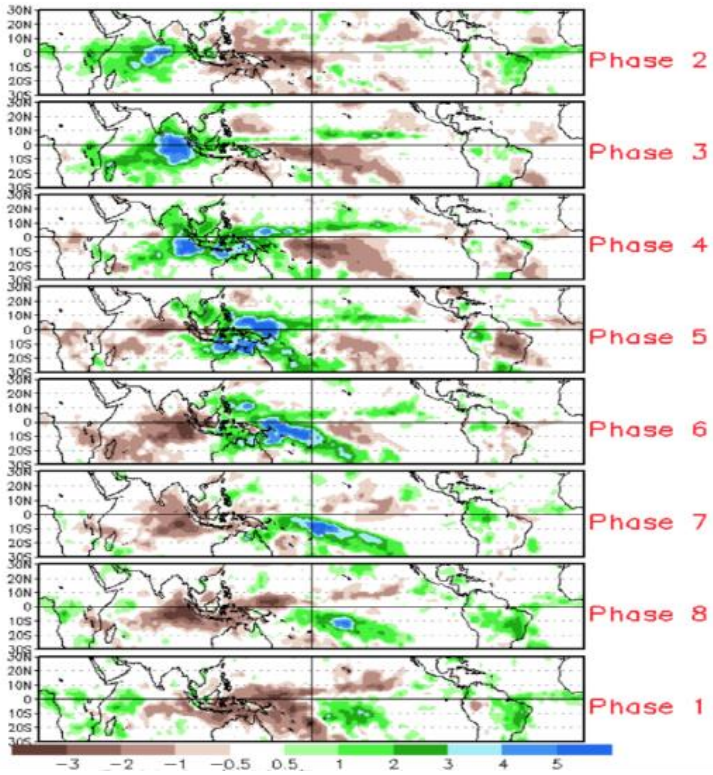


Gambar 1. Proses penyebaran awan dan terjadinya hujan [6].

Matahari selalu menyinari bumi dan teriknya yang menimbulkan efek panas, sehingga panasnya menguapkan air danau, air laut dan seluruh mahluk hidup yang mengandung air. Uap tersebut kemudian naik ke udara. Suhu udara di Indonesia termasuk golongan suhu udara yang tinggi. Akibatnya panas matahari akan membuat uap air tersebut mengalami kondensasi (pemadatan) dan menjadi embun. Embun terbentuk dari titik-titik air kecil, sehingga suhu udara semakin tinggi membuat titik-titik embun semakin banyak berkumpul memadat dan terbentuk menjadi awan [6].

2.2 *Madden Julian Oscillation* (MJO)

Madden Julian Osclillation merupakan gangguan cuaca seperti pada awan, hujan, angin dan tekanan yang memiliki pergerakan ke arah timur, serta melintasi daerah tropis dan kembali kepada titik mulainya. MJO memiliki rentang waktu rata-rata 30-60 hari [7]. MJO berkembang dan bergerak ke arah timur dalam 8 fase sesuai dengan lokasi geografi yang dilewatinya. Delapan fase MJO tersebut antara lain: fase-1 terjadi di Afrika berada pada 210^o BB – 60^o BT, fase-2 terjadi di Samudera Hindia bagian barat berada pada 60^o BT – 80^o BT, fase-3 terjadi di Samudera Hindia bagian timur berada pada 80^o BT – 100^o BT, fase-4 dan fase-5 terjadi di benua maritim Indonesia berada pada 100^o BT – 140^o BT, fase-6 terjadi di kawasan Pasifik Barat berada pada 140^o BT - 160^o BT, fase-7 terjadi di Pasifik Tengah berada pada 160^o BT – 180^o BT dan fase-8 terjadi di daerah konveksi di belahan bumi bagian barat berada pada 180^o BT – 160^o BB. Warna hijau menunjukkan curah hujan di atas rata-rata, dan warna coklat menunjukkan curah hujan dibawah rata-rata [8].



Gambar 2. Fase MJO [8].

2.3 Dampak terjadinya *Madden Julian Osclillation* (MJO)

Madden Julian Oscillation diketahui memodulasi aktivitas siklon tropis di Samudera Hindia, Samudera Pasifik, Teluk Meksiko, dan Samudra Atlantik. Sebagai contoh, meskipun siklon tropis terjadi di seluruh belahan bumi utara pada musim hangat biasanya Mei - November baik di Pasifik dan cekungan Atlantik, di suatu tahun tertentu akan ada peningkatan tekanan dalam suatu aktivitas musim. MJO memodulasi aktivitas ini (terutama untuk badai terkuat) dengan menyediakan lingkungan skala besar yang menguntungkan maupun tidak menguntungkan untuk pembentukannya. Siklon tropis terkuat cenderung berkembang ketika MJO meningkatkan curah hujan, karena MJO berlangsung ke arah timur. Wilayah aktvitas siklon tropis juga bergeser ke arah timur dari Samudera Hindia ke Samudera Pasifik dan akhirnya ke Samudera Atlantik [9].

2.4 Rata-rata curah hujan (CH)

Rata-rata adalah suatu bilangan yang mewakili sekumpulan data atau nilai harapan dari suatu peubah acak dan merupakan ukuran pemusat dari suatu sebaran probalilitas. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan menjumlahkan seluruh nilai data suatu kelompok sampel, kemudian dibagi dengan jumlah sampel tersebut. Untuk menghitung nilai rata-rata curah hujan dapat mengunakan persamaan (1).

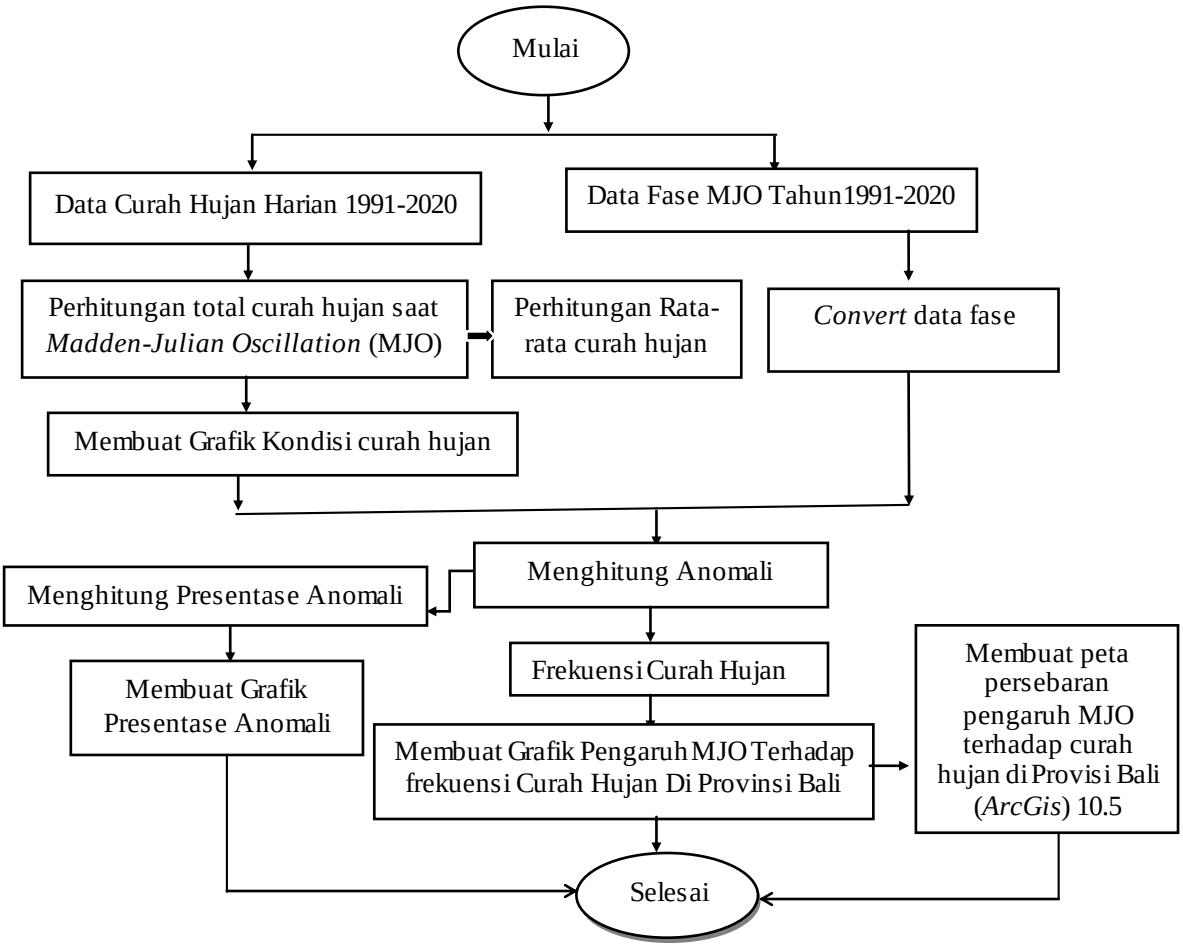
$$(\mathrm{X}) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \qquad 1)$$

Dimana X adalah rata-rata curah hujan, x_i nilai sampel ke-i (jumlah curah hujan suatu pos pada bulan ke-i), dan n adalah jumlah sampel (jumlah kejadian fase 4 dan 5 pada bulan tertentu selama 30 tahun).

3. Metode Penelitian

Penelitian tentang pengaruh MJO terhadap anomali curah hujan di Provinsi Bali tahun 1991-2020 dilakukan pada bulan Oktober 2020 hingga September 2021 yang bertempat di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana dan di Stasiun Klimatologi Klas II Jembrana.

Penelitian ini menggunakan metode statistik deskriptif yang mana data yang diperlukan adalah data curah hujan harian hasil observasi menggunakan alat ukur Ombrometer Observatorium dari tahun 1991-2020 dari 9 pos di Provinsi Bali diperoleh dari BMKG Stasiun Klimatologi kelas II Jembrana dan data MJO yaitu data fase 4 dan 5 dari tahun 1991-2020 yang. Diagram alir pengolahan data diperlihatkan pada Gambar 3.

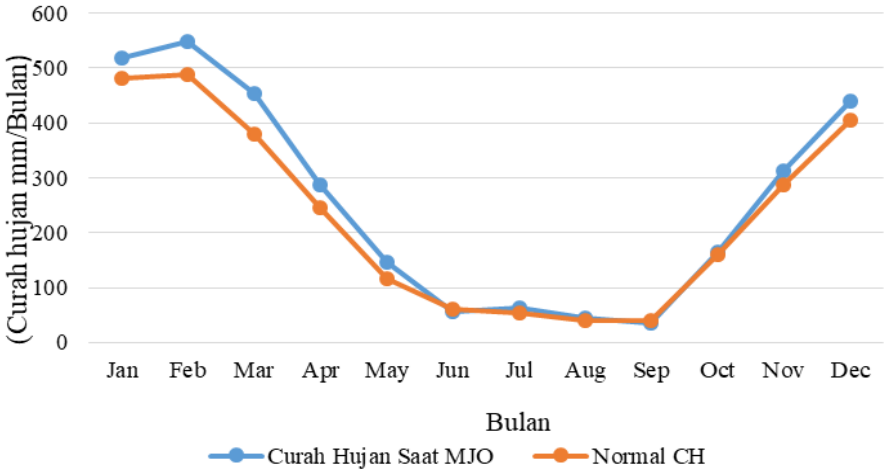


Gambar 3. Diagram alir pengolahan data.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Kondisi curah hujan Pos Candi Kuning

Kondisi curah hujan di Pos Candi Kuning Kabupaten Tabanan digambarkan dengan grafik seperti Gambar 4 di bawah ini.

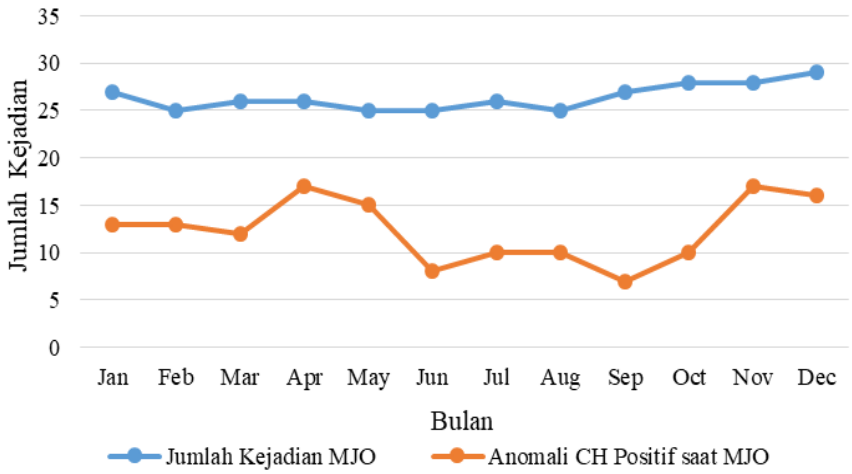


Gambar 4. Grafik kondisi curah hujan saat MJO di Pos Candi Kuning tahun 1991-2020.

Gambar 4 merupakan grafik kondisi curah hujan saat MJO di Pos Candi Kuning dari tahun 1991-2020. Pada grafik tersebut terlihat pengaruh MJO terhadap peningkatan jumlah curah hujan. Kenaikan paling tinggi terjadi pada bulan Maret, yaitu sebesar 72 mm/bulan. Kemudian disusul bulan Februari sebesar 59 mm/bulan dan paling rendah terjadi pada bulan Agustus dengan jumlah kenaikan sebesar 3 mm/bulan. Kondisi curah hujan pada Pos Candi Kuning menunjukkan bahwa MJO mempunyai pengaruh yang cukup kuat dikarenakan pada bulan Maret merupakan peralihan musim transisi 1 dari musim hujan ke musim kemarau. Pada dasarnya ketika peralihan musim hujan ke musim kemarau curah hujan pada umumnya mengalami penurunan, namun keberadaan MJO dari tahun 1991- 2020 menyebabkan adanya peningkatan curah hujan pada bulan Maret di Pos Candi Kuning yang nilainya lebih tinggi dari nomalnya.

4.2 Anomali curah hujan di Pos Candi Kuning Kabupaten Tabanan

Anomali curah hujan di Pos Candi Kuning Kabupaten Tabanan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik pengaruh MJO terhadap anomali curah hujan di pos candi kuning tahun 1991-2020.

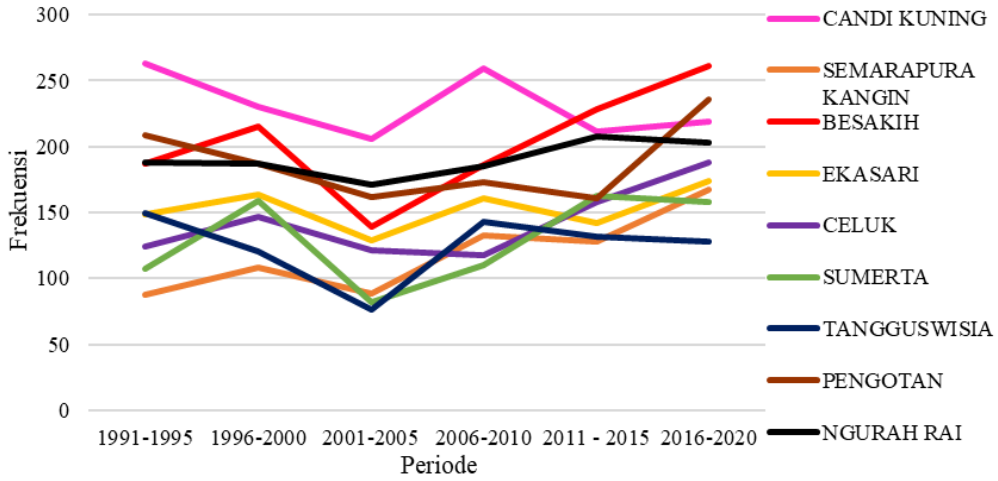
Berdasarkan Gambar 5 tampak bahwa pengaruh MJO terhadap anomali curah hujan di Pos Candi Kuning sebesar 26%-65%. Dalam hal ini Pengaruh MJO yang menyebabkan adanya peningkatan curah

hujan berkisar 26%-65%. Paling besar terjadi pada bulan April sebesar 65%, diikuti bulan November sebesar 61% dan presentase paling kecil terjadi pada bulan September sebesar 26%. Keberadaan MJO pada pos ini sangat jelas mempengaruhi peningkatan curah hujan, terbukti dari besarnya presentase anomali positif yang menyebabkan terjadinya hujan pada setiap bulannya.

4.3 Frekuensi kejadian hujan 6 periode

Gambar 6 memperlihatkan grafik persebaran frekuensi kejadian hujan dari 6 periode yang bertujuan untuk memastikan bahwa dalam setiap 5 tahun mengalami kenaikan atau penurunan frekuensi kejadian hujan di 9 pos pengamatan. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa tren persebaran frekuensi kejadian hujan dari 9 pos periode tahun 1991-1995 mengalami peningkatan, dalam hal ini MJO mempunyai peran penting dalam menaikkan jumlah kejadian hujan pada periode tersebut namun terdapat beberapa pos yang mengalami penurunan seperti pada Pos Candi Kuning, Pengotan dan Tangguwisia. Penurunan jumlah kejadian hujan pada pos tersebut terjadi karena ada faktor lain yang mempengaruhi curah hujan seperti El Nino. El Nino adalah salah satu fenomena iklim gelobal yang menyebapkan kekeringan atau berkurangnya jumlah curah hujan di sebuah Pos atau wilayah. Berdasarkan hasil penelitian Suci Pertiwi [10] menunjukan bahwa pada periode 1991-1992 terjadi kekeringan parah secara umum terjadi karena terjadi El Nino kuat.

Pada periode 1996-2000 menunjukan secara umum terdapat adanya peningkatan jumlah kejadian hujan namun beberapa pos seperti Pos Pengotan, Tangguwisia, dan Pos Candi Kuning mengalami penurunan, namun kemudian yang lainnya berangsur - angsur menurun hingga sampai pada periode 2001-2005.



Gambar 6. Grafik persebaran frekuensi perperiode 1991-2020.

Curah hujan di Provinsi Bali umumnya dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga memungkinan adanya faktor lain yang mempengaruhi curah hujan pada periode tersebut. Menurut penelitian Yuda [11] terdapat adanya fenomena El Nino kuat pada periode tersebut. Kemudian, pada periode 2006-2010 tren menunjukkan secara umum mengalami peningkatan kejadian hujan, MJO fase 4 dan 5 berperan penting menaikan jumlah kejadian hujan pada periode ini namun pada periode 2011-2016 tren mengalami penurunan sama seperti yang ditemukan pada periode 2001-2005 bahwa terdapat faktor lain yang menyebabkan berkurangnya jumlah kejadian hujan pada periode ini, namun pada Pos Ngurah Rai, Sumerta dan dan Celuk pengaruh MJO masih cukup kuat, hal ini dikarenakan pada ketiga pos tersebut jumlah kejadian hujan mengalami peningkatan. Semetara itu pada periode dari tahun 2016-2020 tren menunjukkan bahwa jumlah kejadian hujan mengalami peningkatan, MJO fase 4 dan 5 mempunyai peran penting dalam menaikkan jumlah kejadian hujan pada 5 tahun terakhir.

4.4 Pembahasan

Pola grafik hasil perhitungan kondisi curah hujan di Provinsi Bali tahun 1991-2020 berbentuk V namun terkadang berbentuk U seperti pada Gambar 4. Pola V menunjukkan bahwa curah hujan di Provinsi Bali berpola monsun yang dicirikan satu puncak musim hujan dan satu puncak musim kemarau. Puncak musim hujan terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari (DJF) sedangkan puncak musim

kemarau tejadi pada bulan Juni, Juli hingga Agustus (JJA), sedangkan pola U menunjukkan bahwa selain dipengaruhi oleh pola monsun juga dikenal istilah peralihan musim trasisi I dan transisi II, peralihan musim transisi 1 adalah peralihan musim hujan ke musim kemarau terjadi pada bulan Maret, April, Mei (MAM), oleh karena itu jumlah curah hujan berangsur-angsur menurun, sedangkan peralihan musim transisi II merupakan peralihan musim kemarau ke musim hujan terjadi pada bulan September, Oktober dan November (SON), hal ini menyebabkan jumlah curah hujan akan berangsur-angsur akan naik. Berdasarkan grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa peningkatan curah hujan paling tinggi berkisar bulan Desember, Januari, Februari (DJF) yang mana merupakan puncak musim hujan di Provinsi Bali kemudian bulan Maret, April, Mei (MAM) merupakan periode transisi I dimana adanya peralihan musim hujan ke musim kemarau sehingga penigkatan curah hujan pelan-pelan berkurang. Berdasarkan hasil perhitungan kondisi curah hujan keberadaan MJO pada periode ini terbukti mampu meningkatkan curah hujan di beberapa pos dan bahkan lebih tinggi dari normalnya. Musim kering terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus (JJA) kenaikan jumlah curah hujan sangat sedikit bahkan jauh di bawah normalnya.

Pengaruh MJO fase 4 dan 5 paling tinggi dari normal curah hujan terjadi pada Pos Candi terjadi pada Bulan Maret, sedangkan anomali curah hujan di Provinsi Bali berdasarkan hasil perhitungan kemudian direpresentasikan telah menunjukkan bahwa pengaruh MJO fase 4 dan 5 dari tahun 1991-2020 menyebabkan adanya peningkatan curah hujan hampir setiap bulan. hasil perhitungan menunjukkan pengaruh MJO yang menyebabkan adanya peningkatan curah hujan sebesar 65% terjadi di Pos Candi Kuning.

Berdasarkan hasil perhitungan sebaran curah hujan di Provinsi Bali tahun 1991- 2020 paling tinggi di Pos Candi Kuning. Berdasarkan tren sebaran frekuensi curah hujan di Provinsi Bali menunjukkan bahwa tahun tahun 1991-2020 terhadap persebaran frekuensi kejadian hujan dapat dipastikan bahwa pada periode 1991-1995, 1996-2000, 2006-2010 dan 2016-2020 menyebabkan peningkatan jumlah kejadian hujan, sedangkan pada periode 2001-2005 dan 2011-2015 mengalami penurunan jumlah kejadian hujan, hal ini dikarenakan adanya faktor lain yang mempengaruhi curah hujan, yaitu adanya fenomena El Nino.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa MJO fase 4 dan 5 meningkatkan jumlah curah hujan di Pos Candi Kuning sebesar 72 mm/bulan pada Bulan Maret dari tahun 1991-2020, sedangkan pengaruh MJO fase 4 dan 5 terhadap anomali positif yang mempengaruhi peningkatan curah hujan di Provinsi Bali sebesar 65% terjadi di Pos Candi Kuning pada bulan April dari tahun 1991-2020. Untuk sebaran frekuensi kejadian hujan dari tahun 1991-2020 berdasarkan tren menunjukkan bahwa periode 1991-1995, 1996-2000, 2006-2010, dan 2016-2020 secara umum mengalami peningkatan jumlah kejadian hujan namun terdapat beberapa pos mengalami penurunan hal ini sama seperti pada periode 2001-2005 dan 2011-2015 yang secara umum mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya faktor lain yang mempengaruhi curah hujan yaitu adanya fenomena El Nino.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Stasiun Klimatologi Klas II Jembrana yang telah memberikan bantuan fasilitas dalam penelitian ini. Dosen, beserta staf bidang minat Fisika Bumi, Prodi Fisika, FMIPA, UNUD yang telah memberikan saran serta masukan terkait penelitian ini

Pustaka

[1] Madani Nasia, Pengembangan Model Prediksi *Madden Julian Oscillation* (MJO) Berbasis hasi Analisis Data *Wind Profiler Radar (*WMR), *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 13, No. 1, 2012, pp: 41-51.

[2] Arbian, A.A dkk., Pengaruh Madden – Julian Oscillation Terhadap Distribusi Temporal Dan Propagasi Hujan Berdasarkan Pengamatan Radar Cuaca (Studi Kasus: Intensiv Observation Periode 2016 Wilayah Jakarta dan sekitar), *Jurnal Sains*, Vol.18, No. 2, 2016, pp: 43-50.

[3] Pattipeilohy, W. J, dkk, Analisis Pengaruh *Madden Julian Oscillation* Terhadap Anomali Curah Hujan di Wilayah Ngurah Rai. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol.6. No. 2, 2019, pp: 49-56

[4] Hikmawati, F.F,.Geografi Fegional Profinsi Bali, *Skripsi*, Depertemen Geografi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, 2016.

[5] Muliono Dedi, Kajian Verifikasi Produk Prakiraan Curah Hujan Bulan (2003-2012), *Jurnal BMKG Lapan*, Vol.38. no.2, 2019.pp:98-110.

[6] Khoirunnas, A. L., Pola Curah Hujan di Indonesia, *Skripsi*, Program Studi Trasportasi, Universitas Maritim AMNI Semarang. 2011.
[7] Tallamma Nensi dan Patanndean N.A.J., Analisis Pengaruh *Madden Julian Oscillation* (MJO) Terhadap Curah Hujan di Makasar, *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, Vol. 12. No 3. pp:225-229.
[8] Windayati Reiney, dkk, Fenomena *Medden Julian Oscillation* (MJO). Jurnal Program Studi Fisika Universitas Brawijaya; Malang. Vol. 41, No.3, 2016, pp: 35-43.
[9] Madden, R. A dan Julian, P. R., Observation of the 40-45 Day Review, *Tropical Oscillation- A Reviev*. *Monthly Weather Review*, Vol 112, No.28, 1994, pp: 814-837.
[10] Pratiwi Suci., *Analisis Kekeringan Dengan Metode SPI (Standardized Precipitation Index) di Malang Jawa Tenggah*. Dari: http://ndoeqsuci.blogspot.com/2016/09/analisis-kekeringan-dengan-metode-spi.html. [akses 26 Juni 2021]
[11] Yuda, I. W. A., dkk, Perbandingan Dampak El Nino Kuat 2015/16 dan 1998/97 di Provinsi Bali-Indonesia. Jurnal Megasains Vol. 11, No. 2, 2020, pp: 28-35.