



Karakteristik Angin Monsun Barat pada Periode Puncak Musim Hujan di Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar

Characteristic of the Western Monsoon Wind in the Peak Periode of the Rainy Season at Sultan Hasanuddin Makassar Airport

Richard^{1,2*}, Jasruddin¹, Agus Susanto¹, Muhammad Arsyad¹, Adi Prasetyo¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Sulawesi Selatan, 90222

²Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, Maros, Sulawesi Selatan, 90552

*Email: kilalarichard@gmail.com

Naskah Masuk: 24 Oktober 2025 | Naskah Diterima: 21 Desember 2025 | Naskah Terbit: 31 Desember 2025

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik Angin Monsun Barat berdasarkan nilai konvergensi di Bandar Udara Sultan Hasanuddin, pola gangguan angin di Laut Jawa, sumber dan kecepatan massa udara, gangguan angin skala regional Indonesia (Siklon Tropis dan Eddy), serta pola aliran angin yang memasuki wilayah penelitian pada berbagai kategori hujan periode 2014 – 2023. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan mengolah data curah hujan serta data harian komponen angin zonal (u) dan meridional (v) pada periode puncak musim hujan (Desember – Februari). Analisis dilakukan menggunakan aplikasi GrADS untuk menampilkan peta streamline, pengolahan data menggunakan Excel, dan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kategori tidak hujan hingga hujan ringan, karakteristik Angin Monsun Barat belum terlihat jelas, kecuali pada pola gangguan angin di Laut Jawa serta kecepatan dan konsistensi angin dari sumber massa udara menuju wilayah penelitian. Sebaliknya, pada kategori hujan sedang hingga hujan sangat lebat atau ekstrem, karakteristik Angin Monsun Barat tampak jelas. Kondisi ini ditandai oleh sumber massa udara dari Laut China Selatan dengan kecepatan angin yang kuat dan konsisten melalui Selat Karimata dan Laut Jawa hingga Bandar Udara Sultan Hasanuddin, serta adanya gangguan angin berupa konvergensi berintensitas sedang hingga kuat di Laut Jawa yang meluas ke wilayah Makassar. Sehingga dari hasil penelitian didapatkan, bahwa kategori tidak hujan dan hujan ringan memiliki karakteristik angin yang hampir sama, sedangkan perbedaan utama pada kategori hujan sedang hingga ekstrem terletak pada konsistensi kecepatan angin dan intensitas konvergensi di Laut Jawa.

Kata Kunci: Monsun Barat, *Streamline*, Angin Zonal (u), Angin Meridional (v), Bada Tropis, Eddy, Konvergensi, Divergensi

Abstract. This study aims to examine the characteristics of the West Monsoon wind based on convergence values at Sultan Hasanuddin International Airport, wind disturbance patterns over the Java Sea, the source and speed of air masses, regional-scale wind disturbances over Indonesia (Tropical Cyclones and Eddies), and wind flow patterns entering the study area under different rainfall categories during the period 2014 – 2023. The research employed a quantitative method by processing rainfall data and daily zonal (u) and meridional (v) wind component data during the peak rainy season (December – February). The analysis was conducted using the GrADS application to display streamline maps, data processing with Excel, and descriptive analysis. The results indicate that for the no-rain to light-rain categories, the characteristics of the West Monsoon wind are not clearly evident, except for wind disturbance patterns over the Java Sea and the speed and consistency of winds from the air-mass source toward the study area. In contrast, for moderate to very heavy or extreme rainfall categories, the characteristics of the West Monsoon wind are clearly observed. These conditions are characterized by air masses

originating from the South China Sea, supported by strong and consistent wind speeds passing through the Karimata Strait and the Java Sea to Sultan Hasanuddin International Airport, as well as the presence of wind disturbances in the form of moderate to strong convergence over the Java Sea extending to the Makassar region. Therefore, the study concludes that the no-rain and light-rain categories exhibit nearly similar wind characteristics, while the main differences in the moderate to extreme rainfall categories lie in the consistency of wind speed and the intensity of convergence over the Java Sea.

Keywords: West Monsoon, Streamline, Zonal Wind (u), Meridional Wind (v), Tropical Stream, Eddy, Convergence, Divergence

Pendahuluan

Wilayah Indonesia secara astronomis terletak dari $6^{\circ}\text{LU} - 11^{\circ}\text{LS}$ dan $95^{\circ}\text{BT} - 141^{\circ}\text{BT}$ menjadikan Indonesia sebagai wilayah ekuator atau wilayah tropis. Letak wilayah Indonesia pada daerah tropis dikenal secara umum sebagai daerah yang akan mendapatkan curah hujan dengan intensitas yang tinggi, namun karena pengaruh geografis menjadikan Indonesia mendapatkan pola atau tipe hujan yang beragam antara wilayah yang satu dengan wilayah yang lain. Secara meteorologis, Indonesia merupakan benua maritim yang mempunyai kompleksitas dalam fenomena cuaca dan iklim ^[1]. Indonesia sebagai Wilayah Benua Maritim merupakan kontributor curah hujan terbesar di dunia ^[2].

Secara umum curah hujan di wilayah Indonesia didominasi oleh adanya beberapa fenomena antara lain sistem Monsun Asia – Australia, El – Nino, sirkulasi Timur – Barat (*Walker Circulation*) dan sirkulasi Utara – Selatan (*Hadley Circulation*) serta beberapa pengaruh sirkulasi lokal. Salah satu faktor yang memberikan pengaruh terhadap pembentukan cuaca dan iklim di wilayah Benua Maritim Indonesia adalah Monsun ^[3]. Pada Bulan Desember sampai Februari pada saat terjadi musim dingin di Benua Asia menyebabkan tekanan menjadi tinggi di atas benua tersebut, sementara di Benua Australia terjadi musim Panas yang menyebabkan tekanan menjadi rendah, perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan angin bergerak dari Asia menuju Australia (Monsun Barat) dan melalui Benua Maritim Indonesia yang memberikan pengaruh musim hujan ^[4], hal ini yang menyebabkan wilayah Indonesia akan mendapatkan periode puncak musim hujan pada bulan Desember sampai Februari khususnya di wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin atau pada ZOM 559. Diantara siklus monsun di dunia, monsun Asia dan Australia merupakan siklus monsun yang paling dominan ^[5].

Penelitian mengenai Angin Monsun dan pengaruhnya terhadap curah hujan di wilayah Indonesia adalah penelitian yang menarik untuk dikaji, peneliti sebelumnya yang melakukan pengkajian tentang hal ini seperti Pandia dkk (2019)^[6] dimana sebagian besar tulisan ini terfokus mengkaji pengaruh indeks Angin Monsun terhadap pembentukan pola hujan di wilayah Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh Pandia dkk ^[6] pada tahun 2019 dengan membandingkan indeks monsun dari beberapa sumber menyimpulkan bahwa kenaikan curah hujan dipengaruhi oleh menguatnya indeks monsun sedangkan penurunan curah hujan dipengaruhi karena melemahnya indeks monsun dari beberapa sumber tersebut.

Terdapat beberapa penelitian juga yang dilakukan untuk mengetahui penyebab hujan lebat di wilayah Indonesia pada periode Monsun Barat, dengan melakukan analisa pada pola gangguan angin Monsun Barat yang terjadi di suatu wilayah. Pola gangguan angin berupa konvergensi pada periode Monsun Barat menjadi salah satu faktor cuaca yang menyebabkan munculnya *Mesoscale Convective Complex* (MCC) di wilayah perairan Makasar dan sekitarnya yang dapat memberikan pengaruh hujan lebat ^[7]. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dkk (2022)^[8] juga menyebutkan bahwa hujan lebat yang terjadi di Makasar pada tanggal 20 Februari 2022 disebabkan oleh pola gangguan angin konvergensi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Soemarno tahun 2022^[9] menyebutkan bahwa faktor dominan yang menyebabkan hujan ekstrem pada periode 2017 – 2021 adalah gangguan angin konvergensi.



Pengembangan mengenai penelitian ini menjadi sangat penting, khususnya dalam melihat pengaruh Angin Monsun tidak hanya dari indeks aktif ataupun tidak aktifnya, tetapi lebih kepada melihat pola gangguan dan sistem alirannya pada saat aktifnya angin monsun barat di wilayah Indonesia khususnya Makasar. Meneliti angin monsun dengan lebih terperinci, khususnya dalam hal menemukan karakteristik angin Monsun Barat menjadi salah satu pengembangan yang cukup baik, hal ini tentunya akan memberikan gambaran yang lebih spesifik dalam menganalisa angin monsun dan pengaruhnya pada suatu wilayah. Lokasi dalam penelitian ini juga dipilih karena Bandar Udara Sultan Hasanuddin adalah salah satu Bandar Udara dengan frekuensi pelayanan informasi meteorologi yang cukup tinggi. Hal inilah yang menjadi dasar oleh penulis dalam membuat penelitian ini dengan judul Karakteristik angin Monsun Barat pada Periode Puncak Musim Hujan di Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar.

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif digunakan untuk mengolah data hujan, mengolah data angin zonal dan meridional di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin merujuk pada penelitian serupa yang dilakukan oleh Kadmaerubun & Simanjuntak (2022)^[10]. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian tahun 2014 – 2023 (periode Desember, Januari dan Februari) wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin yang bersumber dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, serta data Data harian komponen angin zonal (u) dan komponen angin Meridional (v) lapisan 925 mb tahun 2014 – 2023 (periode Desember, Januari dan Februari) yang bersumber dari <https://cds.climate.copernicus.eu/>. Lapisan angin yang digunakan adalah lapisan 925 mb karena angin pada lapisan ini yang digunakan dalam pembuatan analisa cuaca. Lokasi penelitian mencakup wilayah Bandara Sultan Hasanuddin untuk wilayah penelitian intensitas curah hujan, sedangkan untuk melihat pola aliran dan pola angin Monsun Barat adalah wilayah Indonesia, Laut China Selatan bagian Selatan, serta perairan sebelah Barat dan Selatan Indonesia atau pada 90°BT – 141°BT dan 15°LS – 10°LU.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Setelah melakukan pengumpulan data berdasarkan lokasi penelitian, maka dilanjutkan ke tahapan selanjutnya meliputi:

- Data komponen angin zonal dan data komponen angin meridional yang telah diunduh kemudian dilakukan pengecekan ketersediaan data menggunakan aplikasi GrADS untuk memastikan kelengkapan keseluruhan data yang telah dikumpulkan sehingga pada saat pemetaan (pembuatan streamline) tidak terdapat kesalahan. tampilan pada aplikasi GrADS pada saat pengecekan ketersediaan data adalah:

```
ga-> sdfopen D:\data_tesis_richard.nc
Scanning self-describing file: D:\data_tesis_richard.nc
SDF file D:\data_tesis_richard.nc is open as file 1
```

```
LON set to 90 141
LAT set to -15 10
LEV set to 925
Time values set: 2014:1:1:0 2014:1:1:0
E set to 1 1
ga-> q.file
File 1 :
Descriptor: D:\data_tesis_richard.nc
Binary: D:\data_tesis_richard.nc
Type = Gridded
Xsize = 205 Ysize = 101 Zsize = 1 Tsize = 3561 Esize = 1
Number of Variables = 2
u 0 t,y,x U component of wind
```

- b. Mengolah data komponen angin zonal dan dan komponen angin meredional menggunakan aplikasi GrADS untuk menghasilkan peta streamline. Pada tahapan ini dilakukan pengolaan data harian pada periode Desember, Januari, dan Februari, sehingga peta streamline yang dihasilkan adalah peta yang sifatnya harian dengan jumlah peta sebanyak 892 peta, adapun script yang digunakan untuk pengolahan data ini adalah:

```
"sdfopen E:\Tesis_Richard\data_tesis_richard.nc"
"set grads off"
"set t ..."
"set mpdset hires"
"set gxout shaded"
"set clevs 5 10 15 20 25 30 35"
"d mag(u*1.94384449,v*1.94384449)"
"d skip (u*1.94384449,5);v*1.94384449"
"cbarn"
"draw title Rata-rata Arah dan Kecepatan Angin ..."
"draw xlab Kecepatan Angin (Knot)"
"printim E:\Tesis_Richard\...\png white"
```

- c. Menentukan periode penelitian sebagai berikut:
1. Periode 1 adalah bulan Desember 2014 – Februari 2015
 2. Periode 2 adalah bulan Desember 2015 – Februari 2016
 3. Periode 3 adalah bulan Desember 2016 – Februari 2017
 4. Periode 4 adalah bulan Desember 2017 – Februari 2018
 5. Periode 5 adalah bulan Desember 2018 – Februari 2019
 6. Periode 6 adalah bulan Desember 2019 – Februari 2020
 7. Periode 7 adalah bulan Desember 2020 – Februari 2021
 8. Periode 8 adalah bulan Desember 2021 – Februari 2022
 9. Periode 9 adalah bulan Desember 2022 – Februari 2023
- d. Data curah hujan pada masing – masing periode penelitian sesuai point c, dikelompokkan berdasarkan kriteria hujan yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, sesuai dengan tabel berikut:

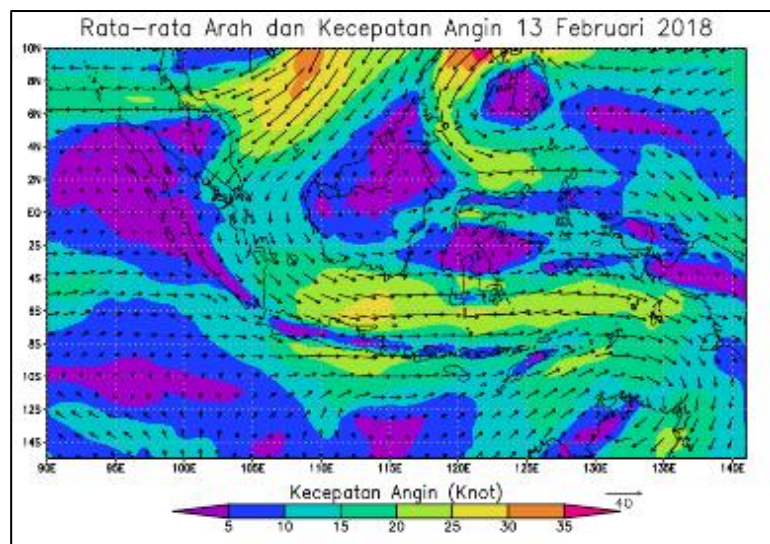
Tabel 1. Kriteria intensitas curah hujan harian BMKG ^[11]

No	Kriteria Hujan	Ambang Batas Intensitas Hujan
1	Hujan Ringan	5.0 – 20.0 mm/hari
2	Hujan Sedang	20.1 – 50.0 mm/hari
3	Hujan Lebat	50.1 – 100.0 mm/hari
4	Hujan Sangat Lebat	100.1 – 150.0 mm/hari
5	Hujan Ekstrim	≥150.0 mm/hari



- e. Peta streamline yang dihasilkan dari pengolahan data pada bagian b kemudian dikelompokkan berdasarkan hasil analisa curah hujan pada point d, peta *streamline* yang telah dikelompokkan diinterpretasi pada masing – masing kategori pembagian curah hujan dan menghitung frekuensi kejadian pada masing – masing parameter sebagai berikut:
 1. Pola gangguan angin di Laut Jawa dibedakan menjadi pola konvergensi dan pola normal atau tidak terdapat gangguan angin.
 2. Sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin diidentifikasi dari Laut China Selatan, Samudera Hindia, dan Samudera Pasifik.
 3. Kecepatan angin dari sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin dikarakteristik berdasarkan kecepatan 0 – 10 knot, 10 – 20 knot, 20 – 30 knot, dan >30 knot.
 4. Mengidentifikasi pola gangguan angin di wilayah Indonesia baik berupa Siklon Tropis maupun Eddy;
 5. Karakteristik pola aliran angin Monsun Barat memasuki wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin dibedakan berdasarkan wilayah yang dilewati, adapun wilayah yang dimaksud adalah pulau Sumatera, pulau Kalimantan, pulau Jawa, dan Selat Makassar, serta Selat Karimata dan Laut Jawa.

Adapun contoh peta *streamline* yang dianalisa adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Contoh Peta *Streamline*

- f. Menghitung kriteria nilai divergensi di Bandar Udara Sultan Hasanuddin, dengan persamaan:

$$\nabla \cdot \mathbf{f} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$$

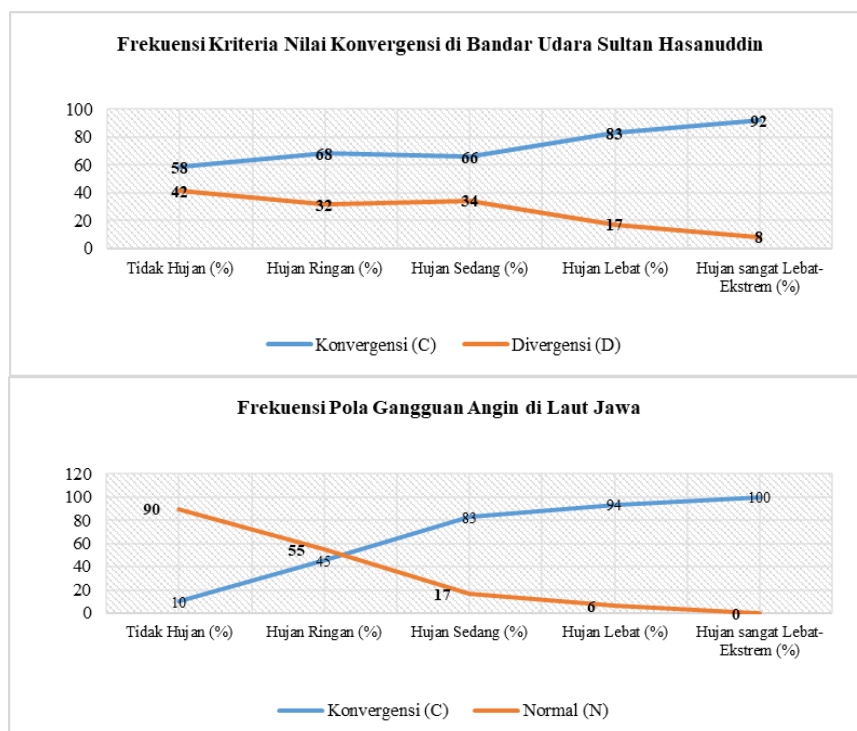
Hasil dari perhitungan ini kemudian diklasifikasikan, untuk yang nilainya negatif dikategorikan sebagai konvergensi dan positif sebagai divergensi.

- g. Hasil pada bagian e dan f diolah menggunakan excel untuk mendapatkan masing – masing nilai frekuensi dalam persen (%) pada setiap parameter angin Monsun Barat dalam bentuk tabel dan grafik, setelah itu dilakukan analisis untuk melihat keterkaitan antara frekuensi (%) parameter angin Monsun Barat dengan intensitas curah hujan yang diukur di Stasiun Meterorologi Sultan Hasanuddin.
- h. Membuat model berupa peta berdasarkan hasil karakteristik pada masing – masing kategori curah hujan. Pada tahapan ini dilakukan pemilihan data *streamline* yang disesuaikan dengan hasil karekteristik angin Monsun Barat pada masing – masing kategori curah hujan, data yang terpilih pada tahap ini kemudian dipetakan.

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Hasil

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa karakteristik frekuensi kejadian konvergensi semakin meningkat dengan semakin tingginya curah hujan, sedangkan untuk karakteristik frekuensi kejadian divergensi semakin menurun dengan meningkatnya curah hujan. Kondisi yang sama ditunjukkan oleh pola gangguan angin di Laut Jawa yaitu karakteristik frekuensi kejadian konvergensi mengalami peningkatan pada saat tingginya curah hujan, dan frekuensi tidak terdapatnya gangguan angin semakin menurun dengan meningkatnya curah hujan.

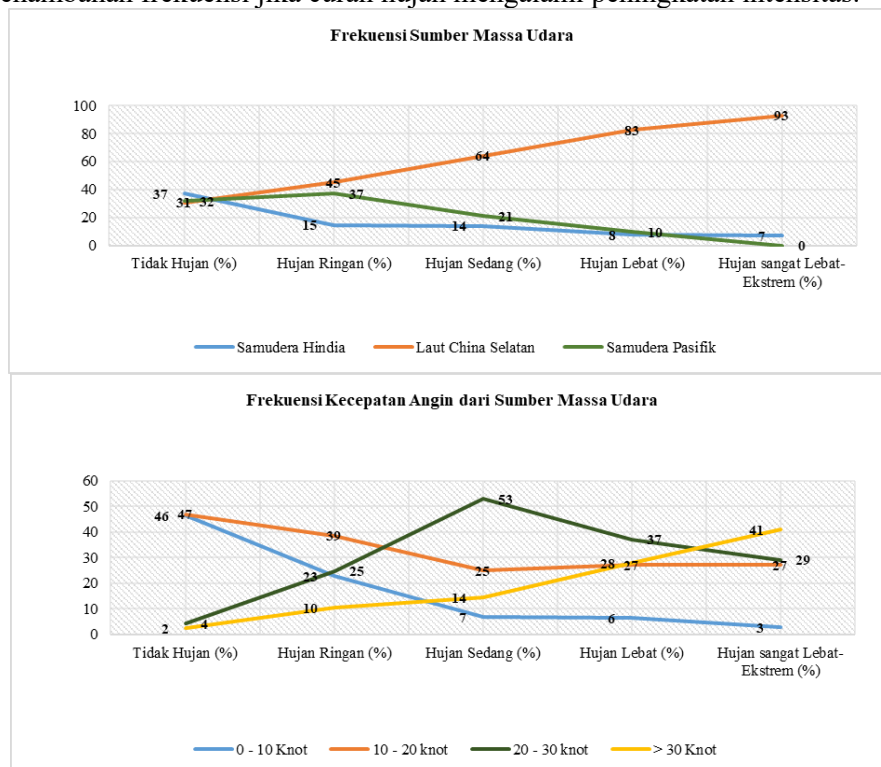


Gambar 3. Frekuensi Kriteria Nilai Konvergensi di Bandara Udara Sultan Hasanuddin dan Frekuensi Pola Gangguan Angin di Laut Jawa pada Periode Puncak Musim Hujan Tahun 2014 – 2023

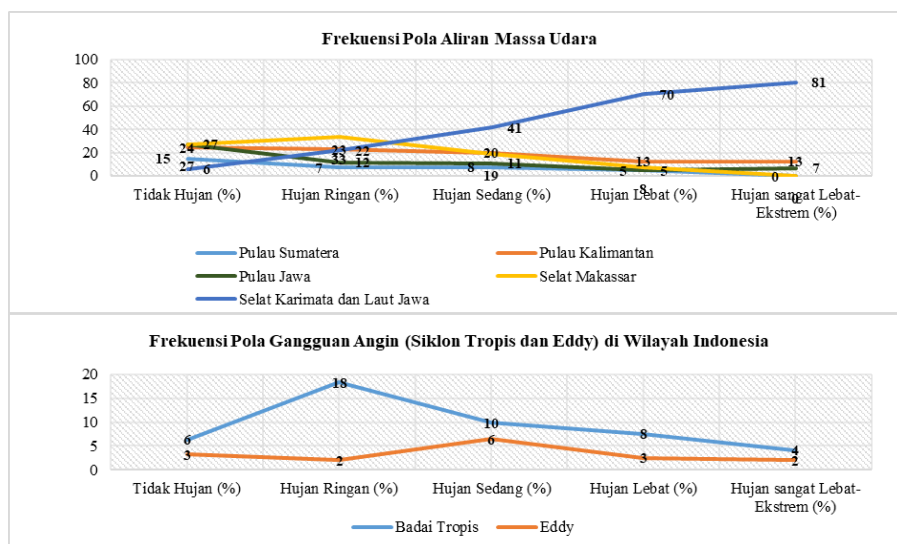
Sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin pada periode puncak musim hujan berdasarkan data tahun 2014 – 2023 adalah dari Samudera Hindia, Laut China Selatan dan Samudera Pasifik. Frekuensi sumber massa udara dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik menunjukkan kondisi yang sama yaitu mengalami penurunan dengan meningkatnya curah hujan, sedangkan kondisi yang lain ditunjukkan oleh frekuensi massa udara dari Laut China Selatan yaitu mengalami peningkatan dengan meningkatnya curah hujan. Untuk kondisi kecepatan angin dari sumber massa udara menunjukkan frekuensi kecepatan 0 – 10 knot dan kecepatan 10 – 20 knot mengalami penurunan dengan meningkatnya curah hujan, frekuensi kecepatan 20 – 30 knot menunjukkan kondisi yang lebih bervariasi yaitu mengalami kenaikan sampai hujan sedang, namun mengalami penurunan frekuensi pada saat kejadian hujan lebat dan hujan sangat lebat sampai ekstrem. Frekuensi kecepatan >30 knot berbanding terbalik dengan frekuensi kecepatan 0 – 10 knot dan kecepatan 10 – 20 knot yaitu mengalami kenaikan frekuensi dengan meningkatnya curah hujan.

Pada saat periode puncak musim hujan, pola aliran massa udara berdasarkan data tahun 2014 – 2023 yaitu melewati Pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa, Selat Makassar serta Selat Karimata dan Laut Jawa. Frekuensi massa udara yang melewati pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Selat Makassar cenderung mengalami penurunan frekuensi jika curah hujan mengalami peningkatan intensitas, sedangkan kondisi

berbeda diperlihatkan oleh massa udara yang melewati Selat Karimata dan Laut Jawa, cenderung akan mengalami penambahan frekuensi jika curah hujan mengalami peningkatan intensitas.



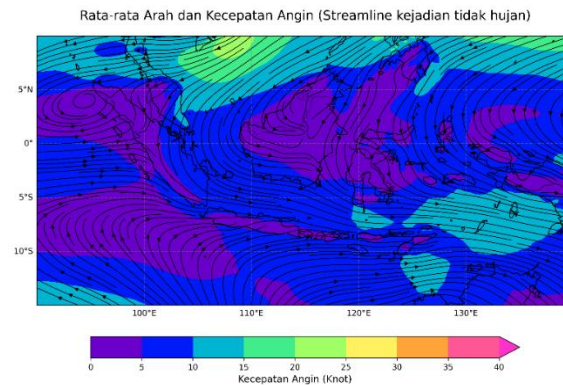
Gambar 4. Frekuensi Sumber Massa Udara dan Frekuensi Kecepatan Angin dari Sumber Massa Udara pada Periode Puncak Musim Hujan Tahun 2014 – 2023



Gambar 5. Frekuensi Pola Aliran Massa Udara dan Frekuensi Pola Gangguan Angin (Siklon Tropis dan Eddy) di Wilayah Indonesia pada periode Puncak Musim Hujan Tahun 2014 – 2023

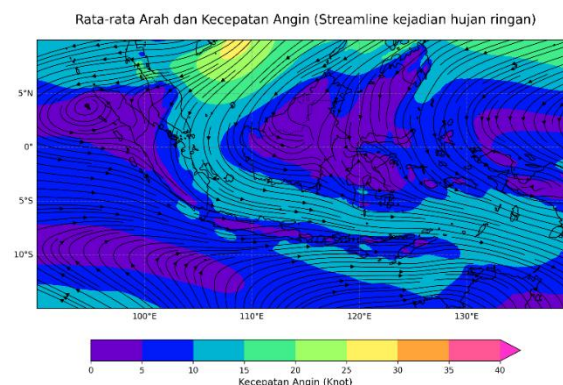
Frekuensi kejadian Badai Tropis dan Eddy cenderung mengalami variasi jika dibandingkan dengan penurunan dan peningkatan curah hujan di wilayah Bandar Udara Sultan Hanuddin. Frekuensi pola gangguan angin berupa Badai Tropis memperlihatkan peningkatan frekuensi pada saat kejadian tidak hujan ke hujan ringan, namun penurunan frekuensi Badai Tropis terjadi pada saat kejadian hujan sedang sampai kejadian hujan sangat lebat – ekstrem. Frekuensi kejadian Eddy mengalami penurunan dari kategori tidak hujan ke hujan ringan, kemudian mengalami peningkatan frekuensi pada kategori hujan

sedang, namun untuk kategori hujan lebat dan hujan sangat lebat – ekstrem kembali mengalami penurunan frekuensi. Atas hasil analisa pengolahan data, maka dilakukan pemetaan *streamline* pada masing – masing kategori curah hujan.



Gambar 6. Pola Streamline Kategori Tidak Hujan

Pola streamline pada kategori tidak hujan memperlihatkan sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin secara rata-rata masih cenderung bervariasi yaitu dari Samudera Pasifik, Laut China Selatan dan juga Samudera Hindia. Kecepatan angin dari sumber massa udara cenderung lemah yaitu didominasi kecepatan 0 – 10 knot dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik serta kecepatan 10 – 20 knot dari Laut China Selatan. Secara umum pola aliran massa udara dari Samudera Pasifik melalui Selat Makassar, dari Samudera Hindia melalui Pulau Jawa dan Sumatera, sedangkan dari Laut China Selatan melalui Pulau Kalimantan. Pola streamline pada kategori tidak hujan cenderung memperlihatkan tidak terdapat pola gangguan angin di Laut Jawa.

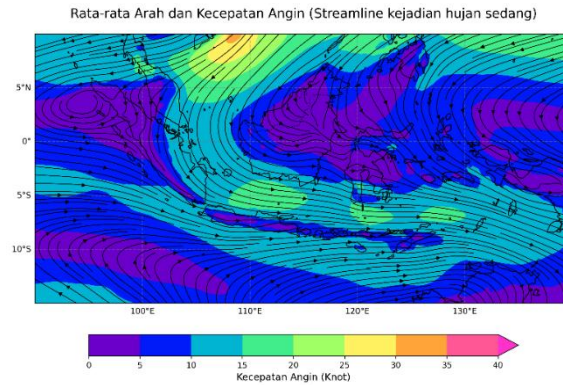


Gambar 7. Pola Streamline Kategori Hujan Ringan

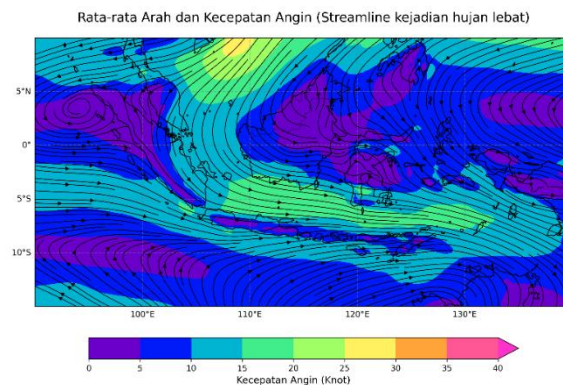
Pola streamline pada kategori hujan ringan memperlihatkan sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin secara rata-rata masih cenderung dari Samudera Pasifik dan Laut China Selatan. Kecepatan angin dari sumber massa udara cenderung lebih meningkat jika dibandingkan dengan periode kategori tidak hujan. Kecepatan 0 – 10 knot dari Samudera Pasifik dan kecepatan 20 – 30 knot dari Laut China Selatan. Secara umum pola aliran massa udara dari Samudera Pasifik melalui Selat Makassar, sedangkan dari Laut China Selatan melalui Pulau Kalimantan. Pola streamline pada kategori hujan ringan cenderung memperlihatkan tidak terdapat pola gangguan angin di Laut Jawa.

Pola streamline pada kategori hujan sedang memperlihatkan sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin secara rata-rata mulai konsisten dari Laut China Selatan. Kecepatan angin dari sumber massa udara didominasi kecepatan 20 – >30 knot, pola aliran massa udara dari Laut China Selatan secara umum melalui Pulau Kalimantan serta melalui Selat

Karimata dan Laut Jawa. Pola streamline pada kategori hujan sedang cenderung memperlihatkan adanya pola gangguan angin di Laut Jawa berupa konvergensi, namun dalam intensitas yang masih lemah dan belum meluas ke wilayah Selat Makassar.

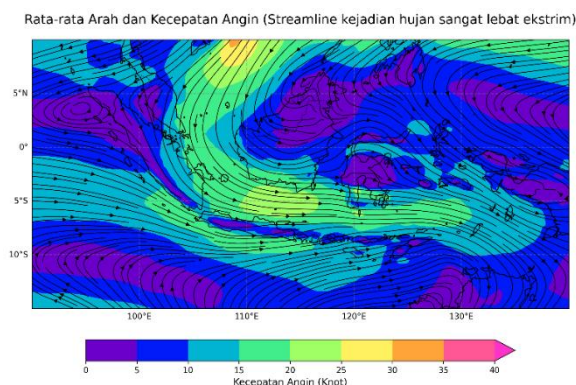


Gambar 8. Pola Streamline Kategori Hujan Sedang



Gambar 9. Pola Streamline Kategori Hujan Lebat

Pola streamline pada kategori hujan lebat memperlihatkan sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin secara rata – rata mulai konsisten dari Laut China Selatan. Kecepatan angin dari sumber massa udara didominasi kecepatan 20 – 30 knot, pola aliran massa udara dari Laut China Selatan secara umum melalui Selat Karimata dan Laut Jawa, walaupun masih terdapat kondisi yang memperlihatkan dari Pulau Kalimantan. Pola streamline pada kategori hujan lebat cenderung memperlihatkan adanya pola gangguan angin di Laut Jawa berupa konvergensi yang mulai meluas ke wilayah selat makassar bahkan Sulawesi Selatan bagian selatan, namun dalam intensitas yang masih lemah.



Gambar 10. Pola Streamline Kategori Hujan Sangat Lebat – Ekstrem

Pola streamline pada kategori hujan sangat lebat – ekstrem memperlihatkan sumber massa udara yang memberikan pengaruh ke wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin secara rata – rata mulai konsisten dari Laut China Selatan. Kecepatan angin dari sumber massa udara didominasi kecepatan 20 – >30 knot, pola aliran massa udara dari Laut China Selatan secara umum melalui Selat Karimata dan Laut Jawa. Pola streamline pada kategori hujan sangat lebat – ekstrem cenderung memperlihatkan adanya pola gangguan angin di Laut Jawa berupa konvergensi yang mulai meluas ke wilayah Selat Makassar bahkan Sulawesi Selatan bagian selatan serta intensitas yang lebih meningkat dibandingkan kejadian hujan kategori sedang dan lebat.

2. Analisis Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan intensitas curah hujan di wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin berkaitan erat dengan karakteristik Angin Monsun Barat. Frekuensi kejadian konvergensi, baik di wilayah bandara maupun di Laut Jawa, cenderung meningkat seiring bertambahnya curah hujan, sementara kejadian divergensi dan kondisi tanpa gangguan angin semakin menurun. Hal ini menegaskan peran konvergensi sebagai faktor utama pembentuk hujan. Penelitian ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Akhira N dkk (2023)^[12] yang menyebutkan bahwa Awan Cumulonimbus dan awan – awan lain yang membentuk sebuah sistem, dapat menimbulkan cuaca signifikan dimana karakteristik fisis dan dinamis awan Cumulonimbus yang diperoleh dari radar cuaca *C – Band* terjadi pada musim peralihan dan musim hujan September hingga Februari (Monsun Barat) yang berpusat pada radius 150 km di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar.

Sumber massa udara yang memengaruhi wilayah penelitian berasal dari Samudera Hindia, Samudera Pasifik, dan Laut China Selatan. Namun, hanya massa udara dari Laut China Selatan yang menunjukkan peningkatan frekuensi pada curah hujan yang lebih tinggi. Massa udara dari Samudera Hindia dan Pasifik justru menurun pada kejadian hujan sedang hingga ekstrem. Peningkatan curah hujan juga diikuti oleh dominasi kecepatan angin yang lebih kuat, terutama di atas 30 knot. Penelitian yang dilakukan oleh Chang dkk (2005)^[13] menguatkan penelitian ini dimana aliran massa udara yang bergerak dari Laut Cina Selatan menjadi lebih dominan dan kuat pada puncak Monsun barat. Selain itu, Aldrian dan Susanto (2003) menyebutkan bahwa Monsun Barat dan suplai uap air dari Laut Cina Selatan memiliki peran terhadap peningkatan curah hujan di wilayah Indonesia bagian tengah dan timur^[14].

Pola aliran massa udara menunjukkan bahwa jalur Selat Karimata dan Laut Jawa semakin dominan pada hujan sedang hingga ekstrem, sedangkan jalur lain lebih sering muncul pada hujan ringan atau tidak hujan. Gangguan angin berupa Badai Tropis dan Eddy bersifat fluktuatif dan tidak menunjukkan hubungan langsung dengan peningkatan curah hujan. Dominasi jalur aliran massa udara melalui Selat Karimata dan Laut Jawa pada kejadian hujan sedang hingga ekstrem sejalan dengan Chang dkk (2005)^[13] yang menyatakan bahwa jalur tersebut merupakan lintasan utama angin Monsun Barat yang membawa uap air dalam jumlah besar ke wilayah Indonesia. Sementara itu, gangguan angin berupa Badai Tropis dan Eddy bersifat fluktuatif dan tidak selalu berkontribusi langsung terhadap peningkatan curah hujan lokal, sebagaimana dijelaskan oleh Ramage (1974)^[15] dan Houze (2014)^[16]. Analisis streamline menegaskan bahwa hujan sedang hingga ekstrem ditandai oleh aliran angin yang konsisten dan kuat dari Laut China Selatan serta konvergensi yang meluas dari Laut Jawa hingga Selat Makassar dan Sulawesi Selatan bagian selatan.

Kesimpulan

Pada kategori tidak hujan dan hujan ringan sumber massa udara dan pola alirannya cenderung bervariasi, dengan kecepatan angin dari sumber pada saat hujan ringan didominasi kecepatan 0 sampai 20 knot, dan pada saat hujan ringan 10 sampai 30 knot dimana kecepatan angin pada kedua kategori ini akan menurun signifikan sampai di wilayah Indonesia serta tidak menunjukkan adanya gangguan angin di Laut Jawa dan di wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin cenderung terjadi konvergensi pada saat hujan ringan.



Pada kategori hujan sedang sumber massa udara mulai dominan dari Laut China Selatan melalui Pulau Kalimantan dan Selat Karimata serta Laut Jawa dengan kecepatan dari sumber didominasi kecepatan 20 sampai 30 knot, kecepatan ini belum signifikan sampai di wilayah Indonesia dan terjadi konvergensi di wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin serta di Laut Jawa dengan intensitas lemah. Pada kategori hujan lebat dan hujan lebat sampai ekstrim sumber massa udara dominan dari Laut China Selatan melalui Selat Karimata serta Laut Jawa dengan kecepatan dari sumber didominasi kecepatan 10 sampai >30 knot, kecepatan ini signifikan sampai di wilayah Indonesia dan terjadi konvergensi di wilayah Bandar Udara Sultan Hasanuddin serta di Laut Jawa dengan intensitas menengah sampai kuat.

Saran

Penelitian ini menghasilkan pola *streamline* untuk masing-masing kategori klasifikasi hujan, namun pola *streamline* setelah kejadian hujan lebat-hujan ekstrem kurang representatif dengan pola *streamline* yang menjadi hasil penelitian ini, sehingga untuk menjelaskan kondisi tersebut, peneliti selanjutnya perlu menambahkan analisa pola kejadian hujan lebat- hujan ekstrem.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Bapak/Ibu dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin yang telah menyiapkan data yang digunakan dalam tulisan ini sehingga bisa selesai dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Tjasyono, B.H.K dan Harijono, Sri Woro B. 2006. Meteorologi Indonesia 2: Awan & Hujan Monsun. Jakarta. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- [2] Yulihastin, E. 2011. Penentuan Indeks Monsun Indonesia Berdasarkan Angin Zonal. Teknologi LIPI. LAPAN.
- [3] Satiadi, D., Fathrio, I. 2011. Penentuan Onset Monsun Di Wilayah Indo-Australia Berdasarkan Lompatan ITCZ. Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer. LAPAN.
- [4] Tjasyono, B.H.K., 2008, Sains Atmosfer, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- [5] Noersomadi, Trismidianto. 2010. Identifikasi Pola Simetri Monsun Asia Timur dan Australia. Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer. Bandung. LAPAN.
- [6] Pandia, S. Fitra., Sasmito B., Sukmono A., 2019, Analisa Pengaruh angin Monsun Terhadap perubahan Curah Hujan dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah), Jurnal Geodesi UNDIP.
- [7] Abisusmita, R. W., Arsyad, M., & Subaer, S. (2023). Karakteristik Mesoscale Convective Complex (MCC) di Wilayah Sulawesi Selatan dan Sekitarnya. *Jurnal Fisika Unand*, 12(2), 283–290. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.282-289.2023>
- [8] Setiawan, A.2022. Analisis Secara Fisis Dan Dinamis Kejadian Hujan Penyebab Banjir di Makassar Tanggal 20 Februari 2022, Jurnal Material dan Energi Indonesia, Departemen Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran.
- [9] Soemarno, C.M., Arsyad, M., Subaer, Prasetyo A. (2022) Analisis Hujan Ekstrem di Wilayah Makassar Periode 2017-2021. *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 3, pp. 542-547, 2022, <https://doi.org/10.25077/jfu.11.4.542-547.2022>
- [10] Kadmaerubun, A., & Simanjuntak, P. P. (2022). Analisis Indeks Precipitable Water, Komponen Angin Zonal Dan Meridional Sebagai Prediktor Curah Hujan Bulanan Di Kota Sorong, Papua Barat. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(2).
- [11] Melinda, S., Utami, S. N. N., & Nuryanto, N. (2023). Analisis Kondisi Dinamika Atmosfer Saat Kejadian Hujan Sangat Lebat di Wilayah Sorong (Studi Kasus: 22-23 Agustus 2022). *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 7(2), 115-126.



- [12] Akhirta, N., Sujiono, E. H., & Palloan, P. (2023). Karakteristik Sistem Awan Konvektif Cumulonimbus Berbasis Radar Cuaca C-Band di Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. *Jurnal Fisika Unand*, 12(4), 568-576.
- [13] Chang, C. P., Wang, Z., McBride, J., & Liu, C. H. (2005). Annual cycle of Southeast Asia—Maritime Continent rainfall and the asymmetric monsoon transition. *Journal of climate*, 18(2), 287-301.
- [14] Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(12), 1435-1452.
- [15] Ramage, C. S. (1974). Monsoonal influences on the annual variation of tropical cyclone development over the Indian and Pacific Oceans. *Monthly Weather Review*, 102(11), 745-753.
- [16] Houze Jr, R. A. (2014). *Cloud dynamics* (Vol. 104). Academic press.

