

Perbandingan Divergensi dan Vortisitas Model ECMWF dan Luaran SATAID saat Kejadian Hujan di Mamuju

Arizka Sri Asmita^{1,2,*}, Jasruddin Daud Malago¹, Subaer¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Makassar, Makassar, 90222, Indonesia

²Stasiun Meteorologi Tampa Padang Mamuju, Mamuju, 91512, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 20 Mei 2023

Direvisi: 5 Juni 2023

Diterima: 10 Juli 2023

Kata kunci:

Divergensi
ECMWF
Hujan
SATAID
Vortisitas

Keywords:

Divergence
ECMWF
Rain
SATAID
Vorticity

Penulis Korespondensi:

Arizka Sri Asmita

Email: arizka.asa@gmail.com

ABSTRAK

Parameter divergensi dan vortisitas merupakan unsur cuaca penting yang berkaitan dengan proses dinamis atmosfer. Analisis kondisi dinamis atmosfer menggunakan kedua unsur cuaca tersebut dilakukan untuk mengetahui proses pembentukan awan. Oleh karena itu, model cuaca terbaik dibutuhkan untuk mengetahui nilai divergensi dan vortisitas yang dapat menggambarkan kondisi dinamis atmosfer. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan data model *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) dan luaran *Satellite Animation and Interactive Diagnosis* (SATAID) menggunakan data divergensi dan vortisitas model ECMWF dan SATAID serta data citra satelit Himawari-8 kanal Infra-Red (IR-1) untuk mengetahui model yang paling baik mengidentifikasi proses pertumbuhan awan sebelum dan saat terjadi hujan lebat di wilayah Mamuju. Teknik analisis data yaitu dengan analisis temporal dan perhitungan korelasi serta metode *Root Mean Square* (RMSE) untuk mengetahui hubungan kedua model. Hasil pengolahan data menunjukkan model ECMWF cukup baik digunakan untuk analisis pertumbuhan awan sebelum dan saat terjadi hujan lebat. Sementara itu, luaran SATAID cukup baik untuk mengidentifikasi proses pertumbuhan awan sebelum terjadi hujan namun tidak dapat mengidentifikasi proses pertumbuhan (peluruhan) awan saat terjadi hujan lebat dengan baik karena nilai mutlak vortisitasnya cenderung sama saat terjadi hujan. Secara umum nilai divergensi dan vortisitas model ECMWF dan SATAID menunjukkan adanya pola negatif dan positif namun nilai olahan ECMWF lebih tinggi pada tiap lapisan isobarik daripada SATAID. Pada lapisan 850 mb yang menjadi fokus nilai divergensi dan vortisitas terdapat hubungan yang lemah antar kedua model namun nilai RMSEnya cukup baik karena mendekati nol. Hal ini disebabkan oleh nilai dan sistem interpolasi kedua model berbeda.

Divergence and vorticity parameters are important weather elements related to dynamic atmospheric processes. Analysis of dynamic atmospheric conditions using these two weather elements was carried out to determine the process of cloud formation. Therefore, the best weather model is needed to determine the divergence and vorticity values that can describe the dynamic conditions of the atmosphere. This research was conducted by comparing European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and Satellite Animation and Interactive Diagnosis (SATAID) outputs using divergence and vorticity data models ECMWF and SATAID as well as Himawari-8 Infra-Red (IR-1) to find out the best model for identifying cloud growth processes before and during heavy rain in the Mamuju area. The data analysis technique is temporal analysis and correlation calculations as well as the RMSE method to determine the relationship between the two models. The results of data processing show that the ECMWF model is quite good for analyzing cloud growth before and during heavy rain. Meanwhile, SATAID's output is good enough to identify the cloud growth process before it rains, but it cannot identify the cloud growth (decay) process during heavy rain well because the absolute value of vorticity tends to be the same when it rains. In general, the divergence and vorticity value of the ECMWF and SATAID models show negative and positive patterns, however, the ECMWF processed values are higher in each isobaric layer than SATAID. In the 850 mb layer which is the focus of the divergence and vorticity values, there is a weak relationship between the two models but the RMSE value is quite good because it is close to zero. This is caused by the value and interpolation systems of the two models being different.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Curah hujan tinggi pada tanggal 24 Oktober 2021 telah mengakibatkan terjadinya banjir di wilayah Kabupaten Mamuju dimana terdapat luapan air sungai yang menggenangi rumah warga (Tribun-Sulbar.com, 2021). Berdasarkan analisis curah hujan yang dilakukan oleh BMKG, wilayah Kabupaten Mamuju merupakan wilayah yang memiliki curah hujan tinggi yaitu lebih dari 100 mm/bulan (Mustafa, 2014). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis cuaca untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan sehingga dapat melakukan antisipasi sebelum terjadinya fenomena cuaca ekstrem. Analisis cuaca dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter cuaca yang dianggap berpengaruh terhadap potensi terjadinya cuaca buruk. Salah satu hal yang dianggap perlu dalam melakukan deteksi cuaca buruk adalah dengan mengetahui potensi gerak vertikal massa udara dalam bentuk potensi pertumbuhan awan. Hal ini dikarenakan potensi gerak vertikal berperan penting dalam proses pembentukan awan, terjadinya hujan, maupun kondisi cerah (Enderwin, 2010).

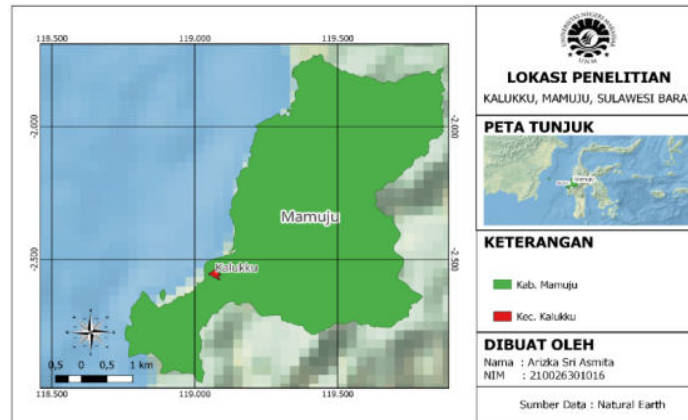
Parameter cuaca seperti divergensi dan vortisitas adalah parameter yang biasa digunakan untuk menggambarkan proses dinamika atmosfer karena sangat berkaitan dengan pergerakan massa udara yang berperan dalam pembentukan awan konvektif (Fadholi, 2013). Divergensi dikaitkan dengan adanya pengurangan massa udara yang disebabkan oleh arus udara yang bergerak horizontal dari suatu daerah. Divergensi yang berlangsung terus-menerus menyebabkan massa udara dalam daerah tersebut akan menipis sehingga kerapatan udara menjadi turun, tetapi dalam kenyataan perubahan kerapatan udara yang dapat diamati cukup kecil sehingga menyebabkan adanya gerakan udara vertikal (Soepangkat, 1994). Di sisi lain, penambahan massa udara akibat adanya gerakan angin dalam bentuk arus masuk horizontal ke suatu daerah disebut konvergensi. Konvergensi merupakan penurunan kecepatan angin (Zakir dkk., 2010). Pengaruh divergensi terhadap kondisi cuaca buruk terlihat pada saat kejadian hujan lebat di wilayah selatan Jabodetabek tanggal 14 Januari 2013 dimana faktor dominan terjadinya hujan lebat tersebut adalah karena adanya pola konvergensi dengan nilai divergensi negatif yang mendukung pertumbuhan awan hujan (Wulandari & Zakir, 2017). Selain divergensi, potensi gerak vertikal juga dapat dideteksi melalui analisis vortisitas. Vortisitas merupakan wilayah vektor yang didefinisikan sebagai *curl* kecepatan. Semakin tinggi nilai mutlak vortisitas, maka semakin besar vektor angin berotasi (Ariyanti dkk., 2019). Analisis terhadap kondisi dinamika atmosfer saat kejadian hujan lebat dengan memperhatikan beberapa parameter cuaca, salah satunya vortisitas telah dilakukan pada tanggal 8-9 Februari 2015 di Jakarta dan hasilnya menunjukkan bahwa vortisitas menjadi salah satu parameter cuaca yang cukup mendukung terhadap kejadian hujan lebat yang terjadi (Prasetyo, 2015).

Dalam melakukan analisis cuaca ekstrem diperlukan suatu model prediksi cuaca numerik atau *Numerical Weather Prediction* (NWP) yang dianggap mampu menggambarkan kondisi dinamika atmosfer. Penggunaan model dimaksudkan untuk memudahkan proses- proses perhitungan dinamis atmosfer yang digunakan dalam proses analisa cuaca. *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) merupakan salah satu pemodelan parameter cuaca yang digunakan untuk analisis data meteorologi (Chen, 1989). Pengolahan data parameter divergensi dan vortisitas dianggap penting menggunakan data hasil olahan model ECMWF karena dapat menggambarkan gerak vertikal massa udara saat kejadian hujan (Diniyati dkk., 2021). Selain itu, *software Satellite Animations and Interactive Diagnosis* (SATAID) yang dimiliki oleh *Japan Meteorological Agency* (JMA) juga dapat digunakan untuk menampilkan data NWP *Global Spectral Model* (GSM) (JMA, 2018). Pengolahan data parameter divergensi dan vortisitas menggunakan SATAID menunjukkan adanya gerakan massa udara secara vertikal saat kejadian hujan (Kurniati dkk., 2021).

Penelitian dengan membandingkan nilai parameter divergensi dan vortisitas hasil olahan ECMWF dan SATAID menjadi hal yang menarik dilakukan untuk analisis dan prediksi cuaca yang lebih akurat. Analisis dan prediksi cuaca yang baik dan tepat dapat digunakan sebagai acuan untuk meminimalisir dampak yang mungkin ditimbulkan oleh bencana hidrometeorologi seperti banjir dan tanah longsor di wilayah Mamuju. Proses membandingkan parameter cuaca menggunakan dua model ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai nilai antara hasil olahan model ECMWF dan luaran SATAID sebelum dan saat terjadi hujan. Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan hasil korelasi dan selisih antara model ECMWF dan SATAID yang dapat dijadikan sebagai acuan pengembangan penelitian selanjutnya.

II. METODE

Penelitian dilakukan pada saat kejadian hujan lebat tanggal 24 Oktober 2021 di wilayah Kalukku, Mamuju, Sulawesi Barat yang terfokus pada titik $-2,54399^{\circ}$ LS dan $119,0683^{\circ}$ BT seperti yang terletak pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif komparatif yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara dua parameter cuaca hasil olahan dua model cuaca dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan data-data yang diperoleh diolah menggunakan metode statistik.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian model ECMWF *Reanalysis 5-th Generation* (ERA5) yang diperoleh dengan mengunduh data dari website ECMWF <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form>. Format data yang digunakan adalah *Network Common Data* (netCDF) dengan interval waktu 1 jam yaitu jam 00 hingga 23 UTC dengan resolusi $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$. Kemudian data yang ditampilkan adalah data parameter angin vertikal, divergensi, dan vortisitas mulai lapisan 1000 mb hingga 100 mb menggunakan *software The Grid Analysis and Display System* (GrADS) pada sebelum dan saat kejadian hujan untuk mengetahui proses gerak vertikal massa udara. Kemudian data citra satelit cuaca Himawari-8 kanal *Infra-Red* (IR-1) dan data NWP GSM dengan format data *.Z* yang diunduh dengan cara *log in* menggunakan akun yang diperoleh dari BMKG dengan interval waktu 6 jam yaitu jam 00, 06, 12, dan 18 UTC dengan resolusi $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ digunakan untuk menampilkan hasil olahan SATAID. Langkah-langkah pengolahan SATAID dilakukan dengan cara *start program*, *register image data in memory*, *display image data*, dan *applied operation* untuk menampilkan data parameter angin vertikal, divergensi, dan vortisitas dalam mendeteksi proses gerak vertikal massa udara mulai lapisan 1000 mb hingga 100 mb. Lalu data curah hujan yang diperoleh dari hasil pengamatan di *Agroclimate Automatic Weather Station* (AAWS) Kalukku sebagai data verifikasi terhadap kejadian hujan yang terjadi.

Selanjutnya untuk mengetahui besarnya hubungan antara nilai divergensi dan vortisitas model ECMWF dan SATAID digunakan perhitungan korelasi (Susanti dkk., 2013) sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

r merupakan nilai korelasi, x_i adalah divergensi/vortisitas ECMWF, dan y_i adalah divergensi/vortisitas SATAID. Lalu untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi antara nilai divergensi dan vortisitas model ECMWF dan SATAID digunakan rumus RMSE (Arif dkk, 2012) sebagai berikut :

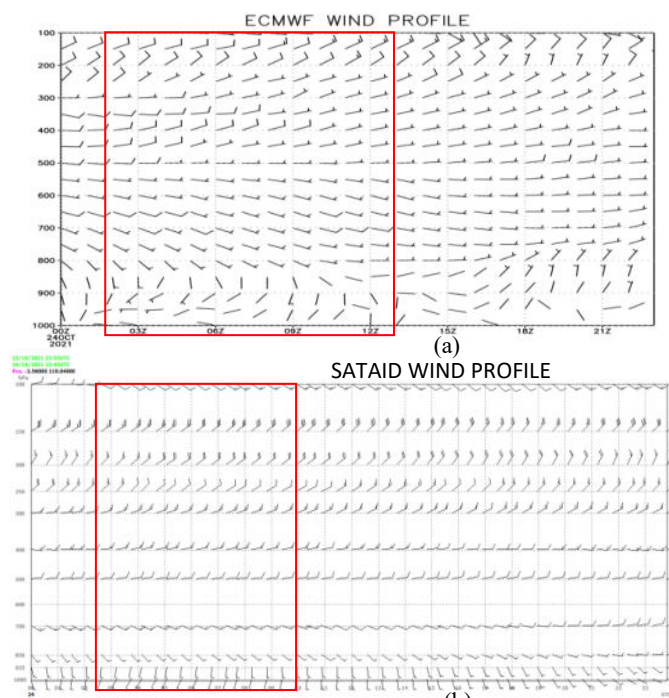
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{a,i} - x_{b,i})^2}{n}} \quad (2)$$

x_a adalah nilai divergensi/vortisitas ECMWF, x_b adalah nilai divergensi/vortisitas SATAID, dan n adalah banyaknya data.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Perbandingan Profil Angin Vertikal

Berdasarkan pengolahan data AAWS diperoleh jumlah curah hujan sebesar 174,4 mm dengan curah hujan tinggi tercatat pada pukul 18.40 UTC hingga 22.00 UTC. Hasil pengolahan model ECMWF (Gambar 2 (a)) dan SATAID (Gambar 2 (b)) menunjukkan pola angin vertikal secara temporal yang hampir sama. Pola angin vertikal tiap jam pada model ECMWF menunjukkan adanya pola rotasi pada lapisan 1000 mb hingga 800 mb pukul 03.00 UTC - 12.00 UTC dengan kecepatan 2 – 5 m/s. Sementara itu, hasil olahan SATAID juga menunjukkan adanya pola rotasi pada lapisan 1000 mb hingga 800 mb namun pada waktu yang berbeda yaitu pukul 05.00 – 10.00 UTC. Pola angin vertikal ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan fokus nilai divergensi dan vortisitas saat terjadi pembentukan awan (Fadholi, 2014).

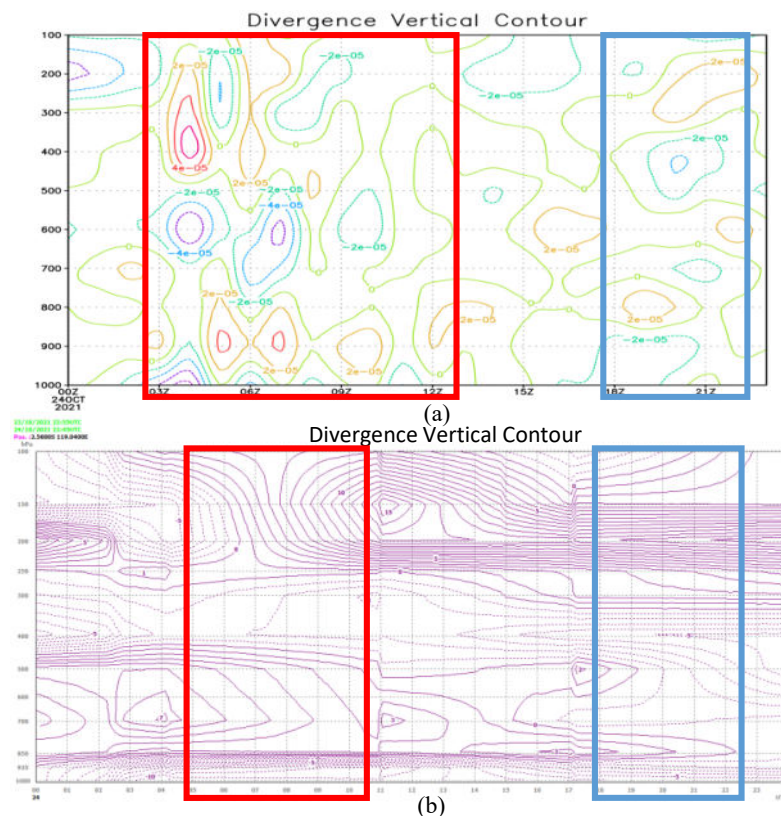


Gambar 2 (a) Profil angin vertikal ECMWF dan (b) Profil angin vertikal SATAID

3.2 Perbandingan Divergensi ECMWF dan SATAID

Pola divergensi yang ditunjukkan oleh Gambar 2 menampilkan pola pergerakan nilai negatif dan positif divergensi pada saat kejadian hujan tanggal 24 Oktober 2021. Hasil olahan model ECMWF (Gambar 2 (a)) menunjukkan nilai divergensi negatif -8 hingga -2 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) mendominasi pada pukul 03.00 – 12.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 900 mb dan nilai divergensi positif 1 hingga 4 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) pada lapisan 900 mb hingga 700 mb. Hal ini mengindikasikan adanya pempunan massa udara di lapisan bawah yang mendukung pertumbuhan awan konvektif kuat. Lapisan permukaan yang konvergen dan lapisan atas divergen menyebabkan udara cenderung bergerak naik (Holton, 2012). Kondisi ini terjadi sebelum hujan lebat (kotak merah). Kemudian nilai divergensi negatif -2 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) mendominasi pada pukul 18.00 - 22.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 850 mb dan nilai divergensi positif 1 hingga 2 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) mendominasi pada lapisan 850 mb hingga 550 mb. Kondisi ini terjadi pada saat terjadi hujan lebat (kotak biru). Nilai mutlak divergensi yang menurun saat terjadi hujan lebat mengindikasikan adanya peluruhan awan (hujan) (Isnandiahening dkk., 2018). Hal ini mengindikasikan divergensi model ECMWF mampu mengidentifikasi proses pertumbuhan awan konvektif kuat sebelum terjadi hujan lebat dan proses terjadi hujan dengan baik sesuai dengan penelitian (Ismail, 2017) dan (Prasetyo, 2020).

Sementara itu, hasil olahan SATAID (Gambar 2 (b)) menunjukkan nilai divergensi negatif -9 hingga -1 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) mendominasi pada pukul 05.00 – 10.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 850 mb dan nilai divergensi 1 hingga 5 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) pada lapisan 850mb hingga 450 mb. Kondisi ini terjadi sebelum hujan lebat (kotak merah). Nilai divergensi negatif -5 hingga -1 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) ditunjukkan pada pukul 18.00 – 22.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 850 mb dan nilai divergensi positif 1 hingga 6 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) pada lapisan 850 mb hingga 700 mb, nilai divergensi kembali negatif -5 hingga 1 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) pada lapisan 700 mb hingga 300 mb. Kondisi ini terjadi pada saat terjadi hujan lebat (kotak biru). Hal ini menunjukkan terdapat pola divergensi negatif dan positif sebelum dan saat terjadi hujan lebat. Nilai mutlak divergensi menurun saat terjadi hujan lebat. Hal ini mengindikasikan divergensi olahan SATAID mampu mengidentifikasi pertumbuhan awan konvektif kuat sebelum terjadi hujan lebat dan proses terjadi hujan dengan baik. Kondisi ini menunjukkan adanya kemiripan pola divergensi hasil olahan SATAID dengan hasil olahan ECMWF yang dilihat dari pola positif dan negatif bukan dari nilainya.



Gambar 3 (a) Grafik divergensi hasil olahan ECMWF dan (b) Grafik divergensi hasil olahan SATAID

Hasil perhitungan korelasi model ECMWF dan SATAID menunjukkan hubungan yang sangat lemah hingga lemah pada lapisan 1000 mb, 850 mb, 700 mb, dan 500 mb. Nilai korelasi divergensi pada lapisan 1000 mb adalah 0.20 berarti hubungan model ECMWF dan SATAID berada pada kategori lemah pada fase yang sama, lapisan 850 mb adalah -0.15 berarti hubungan kedua model sangat lemah pada fase yang berlawanan, lapisan 700 mb adalah -0.02 berarti hubungan kedua model sangat lemah pada fase yang berlawanan, dan lapisan 500 mb adalah 0.36 berarti hubungan kedua model lemah pada fase yang sama. Namun, hasil perbandingan RMSE menunjukkan nilai yang cukup baik pada setiap lapisan isobarik karena nilainya mendekati nol. Nilai RMSE pada lapisan 1000 mb adalah 2.51×10^{-5} , lapisan 850 mb adalah 2.36×10^{-5} , lapisan 700 mb adalah 1.80×10^{-5} , dan lapisan 500 mb adalah 1.49×10^{-5} . Hal ini disebabkan oleh nilai dan sistem interpolasi kedua model berbeda. Kondisi ini hampir sama dengan penelitian lain yang membandingkan dua model berbeda (Fadholi, 2014).

Tabel 1 Korelasi dan RMSE antara nilai divergensi ECMWF dan SATAID

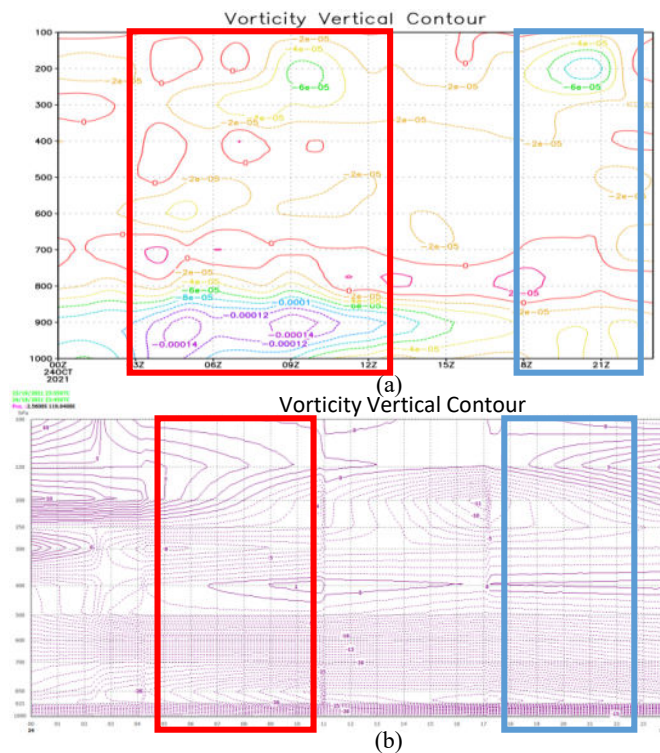
Level Isobarik	Korelasi	RMSE
1000 mb	0,20	2.51×10^{-5}
850 mb	-0,15	2.36×10^{-5}
700 mb	-0,02	1.80×10^{-5}
500 mb	0,36	1.49×10^{-5}

3.3 Perbandingan Vortisitas ECMWF dan SATAID

Pertumbuhan awan akan dengan mudah terjadi jika vortisitas negatif karena massa udara yang masuk akan membentuk pola konvergensi dan menyebabkan pertumbuhan awan-awan konvektif (Seto, 2020). Di belahan bumi selatan nilai vortisitas negatif menunjukkan adanya pengangkatan massa udara dan nilai vortisitas positif menunjukkan kebalikannya. Pola vortisitas yang ditunjukkan oleh Gambar 3 menampilkan pola pergerakan nilai negatif dan positif vortisitas pada saat kejadian hujan tanggal 24 Oktober 2021 hasil olahan model ECMWF (Gambar 3 (a)) dan hasil olahan SATAID (Gambar 3 (b)). Hasil olahan model ECMWF menunjukkan nilai vortisitas negatif -14 hingga -1 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) pada pukul 03.00 - 12.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 750 mb dan nilai vortisitas positif 1 hingga 2 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) mendominasi pada lapisan 750 mb hingga 400 mb. Kondisi ini terjadi sebelum hujan lebat (kotak merah). Kemudian nilai vortisitas negatif -4 hingga -1 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) ditunjukkan pada pukul 18.00 – 22.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 850 mb, dan nilai vortisitas positif 1 hingga 2 ($\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) terdapat pada lapisan 850 mb hingga 450 mb. Kondisi ini terjadi pada saat hujan lebat (kotak biru). Nilai mutlak vortisitas menurun saat terjadi hujan lebat yang berarti masih ada sirkulasi siklonik yang mendukung pertumbuhan awan konvektif namun tidak sekuat saat proses pertumbuhan awan sebelum terjadi hujan. Hal ini mengindikasikan vortisitas model ECMWF mampu mengidentifikasi pertumbuhan awan konvektif kuat sebelum terjadi hujan lebat dan proses terjadi hujan dengan baik sesuai dengan penelitian (Ismail, 2017).

Sementara itu, hasil olahan SATAID menunjukkan nilai vortisitas negatif -32 hingga -1 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) mendominasi pada pukul 05.00 – 10.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 450 mb dan nilai vortisitas positif 1 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) pada lapisan 450 mb hingga 400 mb. Kondisi ini terjadi sebelum hujan lebat (kotak merah). Nilai vortisitas negatif -31 hingga -1 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) ditunjukkan pada pukul 18.00 – 22.00 UTC di lapisan 1000 mb hingga 450 mb dan nilai vortisitas positif 1 ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) pada lapisan 450mb hingga 350 mb. Kondisi ini terjadi pada saat terjadi hujan lebat (kotak biru). Hal ini menunjukkan terdapat pola vortisitas negatif dan positif sebelum dan saat terjadi hujan lebat yang berarti terdapat sirkulasi siklonik yang berkaitan dengan pembentukan awan terjadi secara terus-menerus karena tidak ada perubahan nilai vortisitas yang signifikan di lapisan bawah maupun di lapisan atas sebelum dan saat terjadi hujan lebat. Hal ini mengindikasikan vortisitas olahan SATAID hanya mampu mengidentifikasi proses pertumbuhan awan konvektif kuat sebelum terjadi hujan lebat namun tidak mampu mengidentifikasi kondisi hujan dengan baik.

Hasil perhitungan korelasi model ECMWF dan SATAID menunjukkan hubungan yang sangat lemah hingga kuat pada lapisan 1000 mb, 850 mb, 700 mb, dan 500 mb. Hal ini disebabkan oleh nilai dan sistem interpolasi kedua model berbeda. Kondisi ini hampir sama dengan penelitian lain yang membandingkan dua model berbeda (Fadholi, 2014). Nilai korelasi vortisitas pada lapisan 1000 mb adalah 0.54 berarti hubungan model ECMWF dan SATAID berada pada kategori sedang di fase yang sama, lapisan 850 mb adalah -0.13 berarti hubungan kedua model sangat lemah pada fase yang berlawanan, lapisan 700 mb adalah -0.67 berarti hubungan kedua model kuat pada fase yang berlawanan, dan lapisan 500 mb adalah -0.60 berarti hubungan kedua model kuat pada fase yang berlawanan. Namun, hasil perbandingan RMSE menunjukkan nilai yang cukup baik pada setiap lapisan isobarik karena nilainya mendekati nol. Nilai RMSE pada lapisan 1000 mb adalah 5.01×10^{-5} , lapisan 850 mb adalah 3.37×10^{-5} , lapisan 700 mb adalah 2.42×10^{-5} , dan lapisan 500 mb adalah 1.28×10^{-5} .



Gambar 4 (a) Grafik vortisitas hasil olahan ECMWF dan (b) Grafik vortisitas hasil olahan SATAID

Tabel 2 Korelasi dan RMSE antara nilai divergensi ECMWF dan SATAID

Level Isobarik	Korelasi	RMSE
1000 mb	0,54	5.01×10^{-5}
850 mb	-0,13	3.37×10^{-5}
700 mb	-0,67	2.42×10^{-5}
500 mb	-0,60	1.28×10^{-5}

IV. KESIMPULAN

Hasil olahan model ECMWF dan SATAID menunjukkan adanya pola divergensi dan vortisitas negatif dan positif sebelum dan saat terjadi hujan lebat dengan nilai divergensi dan vortisitas model ECMWF yang lebih besar daripada SATAID. Berdasarkan analisis temporal terlihat model ECMWF mampu mengidentifikasi proses pertumbuhan awan sebelum dan saat hujan lebat dengan baik karena terdapat perbedaan pola divergensi dan vortisitas sebelum dan saat terjadi hujan lebat namun data olahan SATAID hanya dapat mengidentifikasi proses pembentukan awan sebelum terjadi hujan lebat dengan baik karena nilai mutlak vortisitasnya cenderung sama sebelum dan saat terjadi hujan lebat.

Model ECMWF dan SATAID menunjukkan korelasi yang bervariasi yaitu sangat lemah hingga sangat kuat pada setiap lapisan isobarik namun pada lapisan 850 mb yang menjadi fokus nilai divergensi dan vortisitas terlihat korelasi lemah antara model ECMWF dan SATAID. Hal ini disebabkan oleh nilai dan sistem interpolasi kedua model berbeda. Hasil perbandingan RMSE menunjukkan nilai yang cukup baik pada setiap lapisan isobarik karena nilainya mendekati nol.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, F. M., Gernowo, R., dan Febriant, D. 2012. Analisa Data Curah Hujan Stasiun Klimatologi Semarang Dengan Model Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Berkala Fisika* Vol. 15, No. 1 2012 Hal. 21 – 26.
- Ariyanti, R. D. (2019). Uji Keakuratan Data GFS menggunakan Model WRF-ARW pada Siklon Tropis Flamboyan. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 3(2), 62–74.

- Chen, P. C. (1989). *Meteorological Data Analysis and Evaluation Of A Visualization System*.
- Diniyati, E., Syofyan, D. Q., & Mulya, A. (2021). Pemanfaatan Satelit Himawari-8 dengan Metode NWP dan RGB untuk Menganalisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir di Sidoarjo Tanggal 28 Mei 2020. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 6(1), 1–14.
- Endarwin. (2010). *Deteksi Potensi Gerak Vertikal Atmosfer Di Atas Wilayah Bandung Dan Sekitarnya*. 43–51.
- Fadholi, A. 2013. *Pengolahan Data Citra Satelit MTSAT Menggunakan Aplikasi Sataid (Sattelite Animations And Interactive Diagnosis)*. Jurnal Informatika dan Komputasi STMIK Indonesia Jakarta. Vol.7 No.1.
- Fadholi, A. (2014). *Perbandingan Profil Vertikal Divergensi Dan Vortisitas Model WRF Dengan Luaran SATAID Kejadian Hujan Lebat Batam Tanggal 30-31 Januari 2013*. 1–17.
- Holton, J. R, 2012, *An Introduction To Dynamic Meteorology* (Vol. 88), Academic press.
- Ismail P, Munandar MA. ANALISIS KONDISI ATMOSFER PADA FENOMENA HUJAN SANGAT LEBAT DI JAKARTA (STUDI KASUS 21 FEBRUARI 2017). Published online 2017:196-202.
- Isnandiahening, A., Fitrianti, I., Paksi, L. M. W., Trihastyo, R., Lukita, N, Sabrina, V, Erlangga, Y. B. 2018 . Uji Skema Parameterisasi Tropis Saat Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Perkotaan Jakarta Menggunakan Model Wrf-Arw. *Academia.Edu*.
- JMA. 2018. *SATAID Operation Manual*. Japan Meteorology Agency (JMA).
- Kurniati, R., Pakpahan, S. L. H., & Mulya, A. (2021). Analisis Kejadian Hujan Lebat Menggunakan Citra Satelit HIMAWARI-8 (Studi Kasus Pulau Bintan, 7 November 2020). *Prosiding Seminar Nasional*, 3(1), 130–141.
- Mustafa, A. (2014). Karakteristik Dan Kesesuaian Lahan Aktual Pada Musim Kemarau Untuk Budidaya Udang Windu Di Tambak Yang Ada Di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. *Media Akuakultur*, 9, 135–146.
- Prasetyo, A. 2015. *Kajian Dinamika Atmosfer Pada Saat Hujan Sangat Lebat di Jakarta Menggunakan data European Centre For Medium–Range Weather Forecast*. Skripsi. STMKG. Tangerang Selatan.
- Prasetyo, dkk. (2020). Tinjauan Meteorologis Pada Fenomena Hujan Lebat Penyebab Banir (Studi Kasus: Cilacap, 16-17 November 2020 dan Kendal, 19 November 2020). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vol. 10, No. 01. Hal. 37-48.
- Seto, T.H., 2000. *Mengapa Hanya Sedikit Awan Konvektif Yang Tumbuh di Atas Daerah Bandung Pada Periode 10 Desember 1999 s.d 04 Januari 2000?*. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 1, No. 1. Hal. 61-66.
- Soepangkat. 1994. *Pengantar Meteorologi*. Akademi Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Susanti, S, dkk. 2013. *Analisis Tingkat Kekeringan Menggunakan Parameter Cuaca di Kota Pontianak dan Sekitarnya*. *Jurnal Prisma Fisika*. Vol. I No. 2. Hal. 75-81.
- Tribun-Sulbar.com. *Mamuju Selalu Dikepung Banjir, Warga: Capekki Bersihkan Terus Rumah.*; 2021.
- Wulandari, U. A., & Zakir, A. (2017). Penentuan Faktor Penyebab Kejadian Hujan Sangat Lebat Di Daerah Darmaga Bogor Bulan Januari 2016. *Academia.Edu*. <https://www.academia.edu>.
- Zakir, A, et al. 2010. *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG. Jakarta.