

KONVERGENSI ATMOSFER LAPISAN BAWAH DAN HUBUNGANNYA DENGAN HUJAN EKSTRIM (STUDI KASUS: BANJIR CIREBON 15 FEBRUARI 2017)

Low Level Atmospheric Convergence and Its Relationship with Extreme Rainfall (Case Study: Cirebon Flood, February 15th, 2017)

Erwin Mulyana^{1)*}

¹⁾ Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Gedung Ir. Mohammad Soebagio, GEOSTECH (820), Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang Selatan

*E-mail: erwin.mulyana@bppt.go.id

Intisari

Telah dilakukan analisis kondisi atmosfer di berbagai lapisan ketinggian untuk melihat keterkaitannya dengan kejadian hujan ekstrim di wilayah perbatasan Jawa Barat-Jawa Tengah pada tanggal 15 Februari 2017. Area penelitian difokuskan di area 108.0° - 109.5° BT dan 6.5° - 7.5° LS yang merupakan area hujan ekstrim (AHE). Analisis sebaran dan waktu kejadian hujan menggunakan data GSMAp dengan resolusi $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ dan periode setiap satu jam, data satelit MERRA2 dengan resolusi $0.625^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ dengan periode setiap 3 jam, data Radiosonde stasiun Cengkareng jam 07.00 dan 19.00 WIB, serta citra satelit Himawari 8. Hujan di wilayah AHE berlangsung pada jam 13.00–23.00 WIB dengan puncak hujan terjadi pada jam 18.00 WIB. Saat terjadi hujan ekstrim, terdapat perlambatan angin baratan di wilayah AHE serta adanya pertemuan angin dari utara dan dari selatan di wilayah tersebut. Area AHE merupakan area dengan konvergensi kuat pada level ketinggian 925 mb dan 850 mb, sebaliknya terjadi divergensi pada level ketinggian 700 mb dan 500 mb. Data Radiosonde menunjukkan kelembaban udara dari permukaan hingga lapisan 400 mb umumnya lebih dari 80%. Freezing level pada jam 07.00 WIB terdapat di level 571 mb (4.622 m) dan pada jam 19.00 WIB terdapat di level 585 mb (4.820 m).

Kata Kunci: Hujan Ekstrim, Konvergensi, Angin.

Abstract

Have been analyzed of the atmospheric conditions at various altitudes in its relationship with extreme rainfall over West Java-Central Java border area on February 15th, 2017. The study area is focused on the 108.0° - 109.5° East and 6.5° - 7.5° South, which is the extreme rainfall area (AHE). The data used in this study are GSMAp hourly rainfall ($0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$), MERRA2 satellite three-hourly data ($0.625^{\circ} \times 0.5^{\circ}$), Cengkareng Radiosonde data at 07.00 LT and 19.00 LT, and Himawari 8 Satellite imagery. The rainfall in the AHE area occurred at 13.00–23.00 LT, with the peak rainfall, occurred at 18.00 LT. The lower atmospheric westerly wind became slower over the AHE area, while the northerly and southerly wind converged at this area. The AHE area has a strong convergence at level 925 mb, and 850 mb, conversely divergence occurred at level 700 mb and 500 mb. The Radiosonde data shows that the air humidity is generally more than 80% from the surface to 400 mb. The freezing level at 07.00 LT found at 571 mb (4,622 m) while at 19.00 LT found at 585 mb (4,820 m).

Keywords: Extreme Rain, Convergence, Wind.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai daerah tropis dan dikenal sebagai benua maritim merupakan zona konvergensi dalam sistem sirkulasi global atmosfer yang berasosiasi dengan aktivitas konvektif yang sangat tinggi (Ramage, 1968). Zona Intertropical Convergence Zone (ITCZ) yang melintang dari barat ke timur serta secara periodik bergeser beberapa derajat ke utara dan selatan ekuator merupakan contoh dari

konvergensi atmosfer yang dibangkitkan oleh sirkulasi Hadley. Zona konvergensi tersebut merupakan daerah pusat pertumbuhan awan yang dapat mengakibatkan hujan lebat dan bisa berlangsung berhari-hari serta memicu terjadi banjir dan longsor di beberapa wilayah di Indonesia. Banjir termasuk bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia.

Pola hujan di Pulau Jawa merupakan pola monsunal dengan puncak musim hujan

berlangsung pada bulan Desember - Februari (Aldrian & Susanto, 2003, Chang et al., 2005). Kejadian hujan ekstrim di Indonesia berhubungan dengan aktivitas monsun dan MJO (Wu et al., 2007; Wu et al., 2013; Renggono, 2013). Secara global, hujan ekstrim diprediksi akan semakin meningkat frekuensi kejadiannya serta dengan intensitas yang semakin tinggi (Westra et al., 2013). Variasi hujan di Indonesia berhubungan dengan ENSO (Mulyana, 2002; McBride et al., 2003; Chang et al., 2004; Xu et al., 2004; Aldrian et al., 2007; Qian et al., 2010), Indian Ocean Dipole (Saji et al., 2003), dan Monsun (Qian et al., 2010).

Hujan ekstrim sangat berpotensi menimbulkan banjir besar maupun tanah longsor akibat kerusakan lingkungan. Dalam 10 tahun terakhir (2009-2018) terdapat 7.226 kejadian banjir di Indonesia dengan tingkat kerugian mencapai 1.1 triliun Rupiah.

Pada tanggal 15 Februari 2017 terjadi hujan ekstrim di wilayah perbatasan Jawa Barat dan Jawa Tengah yang meliputi wilayah Cirebon, Kuningan, Ciamis, Brebes, Tegal, dan Cilacap. Kejadian hujan tersebut mengakibatkan banjir besar di wilayah Cirebon dan sekitarnya. Ribuan rumah di 11 kecamatan di Kabupaten Cirebon dan Kota Cirebon diterjang banjir, dan juga sempat melumpuhkan jalur lalu lintas di jalan utama Pantura di wilayah Cirebon Timur. Akumulasi hujan selama 10 jam di wilayah banjir dan sekitarnya mencapai 100-125 mm (Mulyana, 2017).

Tulisan ini mencoba menganalisis kondisi atmosfer pada beberapa level ketinggian saat terjadi hujan ekstrim pada tanggal 15 Februari 2017 di kawasan sepanjang perbatasan Jawa Barat dan Jawa Tengah yang mengakibatkan banjir besar di wilayah Cirebon dan sekitarnya.

2. METODE

Berikut ini merupakan data yang digunakan dalam analisis tulisan ini:

- (1) Data hujan GSMAp (Global Satellite Mapping of Precipitation) dengan resolusi $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ setiap jam. Data hujan GSMAp merupakan data estimasi hujan dan digunakan untuk menganalisis sebaran serta waktu kejadian hujan.
- (2) Data atmosfer per 3-jam hasil observasi satelit MERRA2 yang terdiri dari angin zonal (*u*) dan angin meridional (*v*), serta kelembapan udara (RH) pada level ketinggian 1.000 mb, 925 mb, 850 mb, 700 mb, 500 mb, 400 mb, 300 mb, dan 250 mb. Data satelit MERRA2 memiliki resolusi 0.5° latitude dan 0.625° longitude. Analisis spasial dan temporal kejadian hujan serta keadaan atmosfernya menggunakan

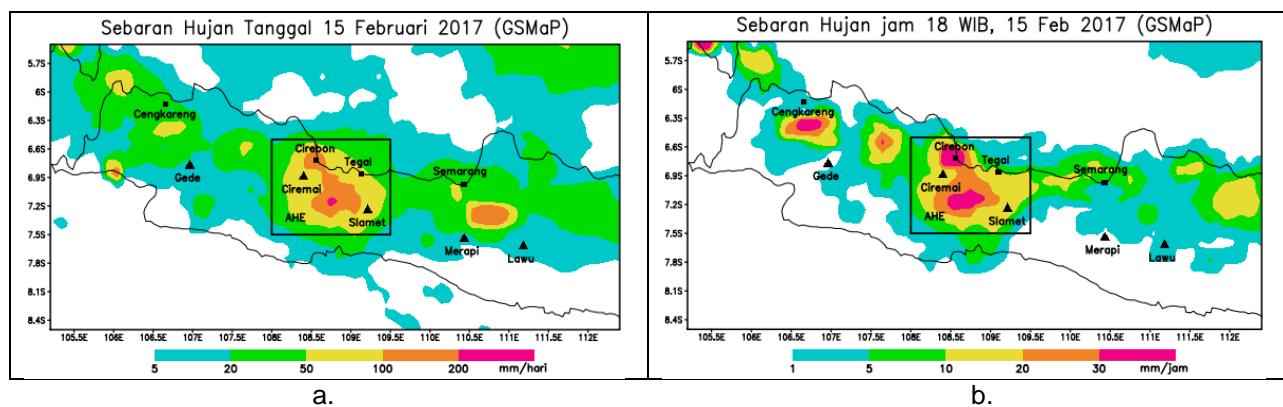
perangkat lunak GrADS (Grid Analysis and Display System).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Curah Hujan

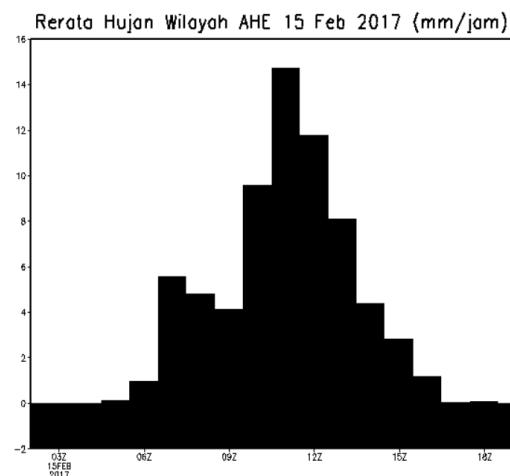
Analisis hujan difokuskan di area dengan koordinat $108.0^{\circ}\text{--}109.5^{\circ}$ BT dan $6.5^{\circ}\text{--}7.5^{\circ}$ LS yang selanjutnya akan disebut sebagai AHE (Area Hujan Ekstrim), ditunjukkan dengan garis segi empat pada Gambar 1. Sebelum melanjutkan pembahasan mengenai kejadian hujan, penulis menyampaikan terlebih dahulu kriteria hujan menurut BMKG. Disebut hujan ringan apabila intensitasnya 1-5 mm/jam atau 5-20 mm/hari. Hujan sedang apabila intensitasnya 5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari. Hujan lebat apabila intensitasnya 10-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari, sedangkan hujan sangat lebat atau hujan ekstrim apabila intensitasnya lebih dari 20 mm/jam atau 100 mm/hari.

Hujan di Pulau Jawa pada tanggal 15 Februari 2017 cukup merata dengan intensitas ringan hingga sangat lebat memanjang dari barat hingga timur. Kejadian hujan lebat hingga sangat lebat (hujan ekstrim) terjadi di wilayah Jawa Barat bagian timur hingga Jawa Tengah bagian barat. Hujan ekstrim dengan intensitas lebih dari 100 mm/hari terkonsentrasi di daerah Cirebon, Kuningan, Ciamis, Brebes, dan Cilacap. Hujan ekstrim juga terpantau di daerah antara Semarang - Gunung Merapi - Gunung Lawu (Gambar 1.a). Analisis spasial-temporal menunjukkan bahwa siang hari sekitar jam 14.00 WIB terpantau kejadian hujan tidak merata di wilayah Banten bagian selatan, Jawa Barat bagian timur, Jawa Tengah bagian barat dan di wilayah Semarang. Satu jam berikutnya, hujan mulai meluas dan intensitasnya meningkat tajam terutama di wilayah AHE dan wilayah sebelah selatan Semarang. Hujan masih terus berlangsung di wilayah Jawa Barat bagian timur hingga Jawa Tengah dengan sebaran yang semakin luas. Pada jam 17.00 WIB, hujan di wilayah AHE semakin meningkat intensitasnya dengan cakupan yang terus meluas, sedangkan hujan di sebelah selatan Semarang berangsurngsur intesitasnya mulai berkurang. Pada jam 18.00 WIB, intensitas hujan di wilayah AHE terus meningkat hingga mencapai 30 mm/jam (Gambar 1.b). Peningkatan intensitas hujan juga terjadi di wilayah Jakarta hingga mencapai 30 mm/jam. Jam 18.00 WIB merupakan puncak kejadian hujan di wilayah AHE, hujan ekstrim terpantau di daerah Cirebon, Ciamis dan Selatan Jakarta dengan intensitas hujan lebih dari 30 mm/jam. Satu jam kemudian yaitu pada jam 19.00 WIB, intensitas hujan semakin berkurang di hampir seluruh wilayah kejadian hujan. Namun demikian untuk wilayah AHE, intensitas hujan masih di atas 20 mm/jam.



Gambar 1. (a.) Sebaran hujan harian di wilayah Jawa dan sekitarnya pada tanggal 15 Februari 2017, dan (b.) sebaran hujan jam-jaman pada jam 16 WIB pada hari yang sama.

Berdasarkan rerata hujan wilayah AHE, hujan mulai turun pada jam 13.00 WIB (06Z) dengan intensitas ringan. Dua jam kemudian terjadi peningkatan hujan yang sangat signifikan dan terus bertahan hingga 3 jam berikutnya. Pada jam 17.00 WIB hujan semakin deras dan terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada jam 18.00 WIB. Selanjutnya intensitas hujan mulai berkurang hingga berhenti pada 00.00 WIB hari berikutnya. Perubahan intensitas hujan jam-jaman di wilayah AHE disajikan pada Gambar 2.



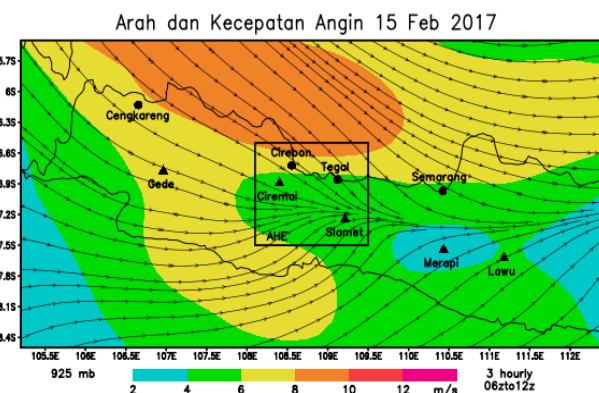
Gambar 2. Rerata hujan wilayah AHE pada tanggal 15 Februari 2017

3.2. Arah dan Kecepatan Angin

Pada saat kejadian hujan ekstrim pada tanggal 15 Februari 2017, angin di wilayah AHE umumnya bertiup dari arah barat laut, barat hingga barat daya. Angin dari Laut Cina selatan bergerak ke arah selatan dan berbelok menuju tenggara sebelum mencapai Jawa.

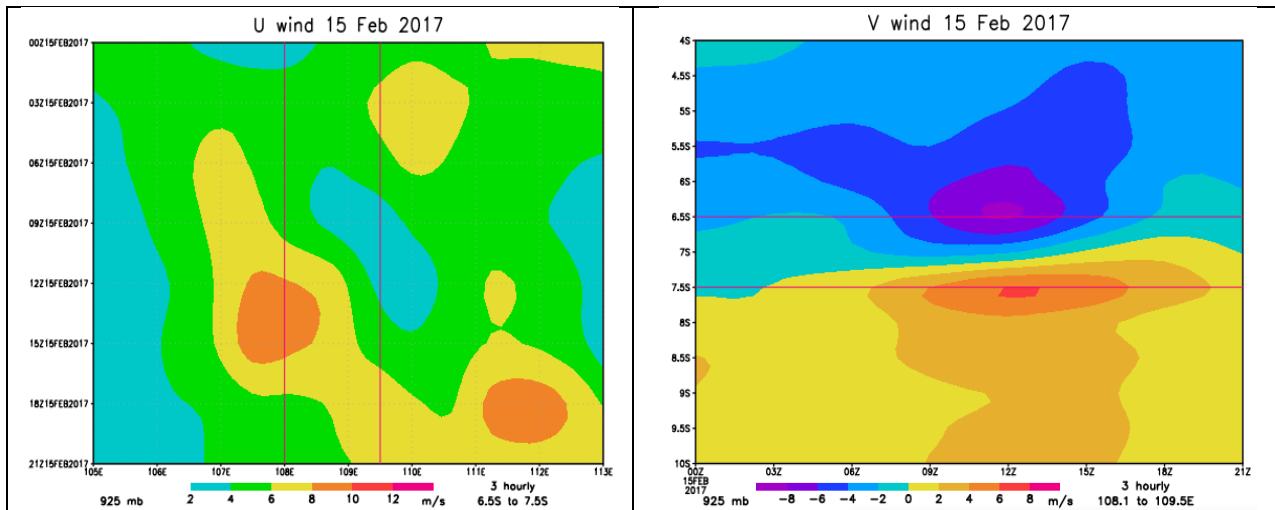
Sementara angin dari Samudra Hindia sebelah selatan Jawa Barat bertiup dari arah barat kemudian berbelok ke arah timur laut menuju wilayah AHE. Wilayah AHE dan sekitarnya merupakan daerah pertemuan angin

dari barat laut dan dari barat daya. Kecepatan angin mengalami perlambatan ketika memasuki wilayah AHE dan sekitarnya. Kecepatan angin di Laut Jawa sebelah utara AHE mencapai 10 m/s, sementara di sebelah timur dan selatan AHE kecepatannya antara 6-8 m/s. Sedangkan di wilayah AHE dan sekitarnya kecepatannya 4–6 m/s. Sebaran arah dan kecepatan angin pada lapisan 925 mb jam 13.00–19.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Arah dan kecepatan angin tanggal 15 Februari 2017 jam 13.00–19.00 WIB pada lapisan 925 mb.

Komponen angin arah timur-barat (zonal wind) menunjukkan adanya perlambatan kecepatan angin baratan di wilayah AHE. Perlambatan angin baratan yang masuk ke wilayah AHE mulai berlangsung dari jam 13.00 WIB. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penumpukan massa udara di wilayah tersebut. Sementara komponen angin arah utara-selatan (meridional wind) menunjukkan bahwa wilayah AHE merupakan daerah pertemuan angin dari arah utara dan dari arah selatan. Adanya perlambatan kecepatan angin baratan di wilayah AHE ditambah dengan adanya pertemuan angin dari utara dan dari selatan, menjadikan wilayah AHE merupakan area konvergensi (Gambar 4).

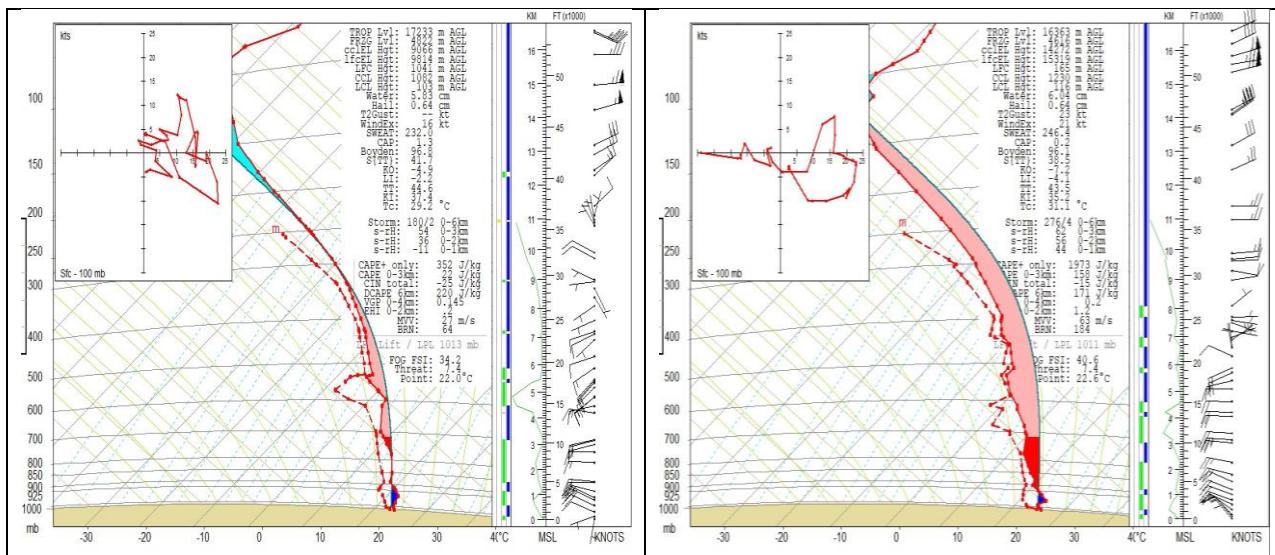


Gambar 4. Diagram Hovmoller angin zonal (kiri) dan angin meridional (kanan).

3.3. Radiosonde

Informasi atmosfer bagian atas diperoleh dari hasil pengukuran Radiosonde di Stasiun Pengamatan Cengkareng (6.11° LS, 106.65° BT, 8 mdpl) pada tanggal 15 Februari 2017 jam 07.00 WIB dan 19.00 WIB. Pengamatan radiosonde di Cengkareng dipilih dengan pertimbangan jarak yang paling dekat dengan lokasi kejadian hujan ekstrim. Pertimbangan lain karena angin yang berhembus ke wilayah hujan ekstrim bertiup dari arah barat – barat laut, maka asumsinya massa udara yang masuk ke wilayah AHE memiliki sifat fisis yang relatif sama dengan massa udara di lokasi peluncuran Radiosonde. Gambaran profil vertikal atmosfer lapisan atas di Stasiun Pengamatan Cengkareng dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 1.

Profil vertikal hasil pengukuran dengan radiosonde pada pagi dan malam hari menunjukkan bahwa angin bertiup dari barat mulai dari permukaan hingga ketinggian sekitar 500 mb. Selanjutnya pada level di atasnya, arah angin berbalik menjadi dari timur hingga ketinggian 100 mb. Pada malam hari secara umum kecepatan angin baratan relatif lebih tinggi dibandingkan pada pagi hari. Kelembapan udara mulai dari permukaan hingga ketinggian 400 mb pada pagi dan malam hari umumnya lebih dari 80 %. Namun pada pagi hari ditemukan adanya lapisan udara cukup kering pada level ketinggian 600 - 550 mb dengan kelembapan 50 - 60%. *Freezing level* (0° C) pada jam 07.00 WIB berada pada level ketinggian 571 mb atau 4.820 meter, sedangkan pada jam 19:00 WIB berada pada level 585 mb atau 4.622 meter.



Gambar 5. Grafik hasil sounding Radiosonde di Stasiun Meteorologi Cengkareng pada tgl 15 Februari 2017 jam 07.00 WIB (kiri) dan 19.00 WIB (kanan).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Atmosfer Atas dengan Radiosonde di Stasiun Meteorologi Cengkareng Jam 07.00 WIB dan 12.00 WIB.

Radiosonde Sta. Cengkareng (6.11 LS ; 106.65 BT), 15 Februari 2017											
No	Level (mb)	Ketinggian (m)		Temperatur (°C)		Kelembaban (%)		Arah (°) dan Kec. Angin (knot)			
		07:00	19:00	07:00	19:00	07:00	19:00	07:00	19:00		
1	1000	115	106	23.2	24.8	91	87	250	7	320	13
2	925	796	785	20.8	21.8	81	84	295	25	290	22
3	850	1,525	1,516	17.0	17.2	88	91	275	19	295	22
4	700	3,159	3,154	7.8	9.2	94	82	255	17	275	23
5	500	5,870	5,870	-6.3	-5.3	93	89	235	14	245	14
6	400	7,590	7,590	-15.7	-15.1	92	90	245	6	100	4
7	300	9,710	9,700	-30.1	-29.5	73	72	300	10	85	12
8	250	10,970	10,970	-40.7	-39.9	-	42	350	4	90	24

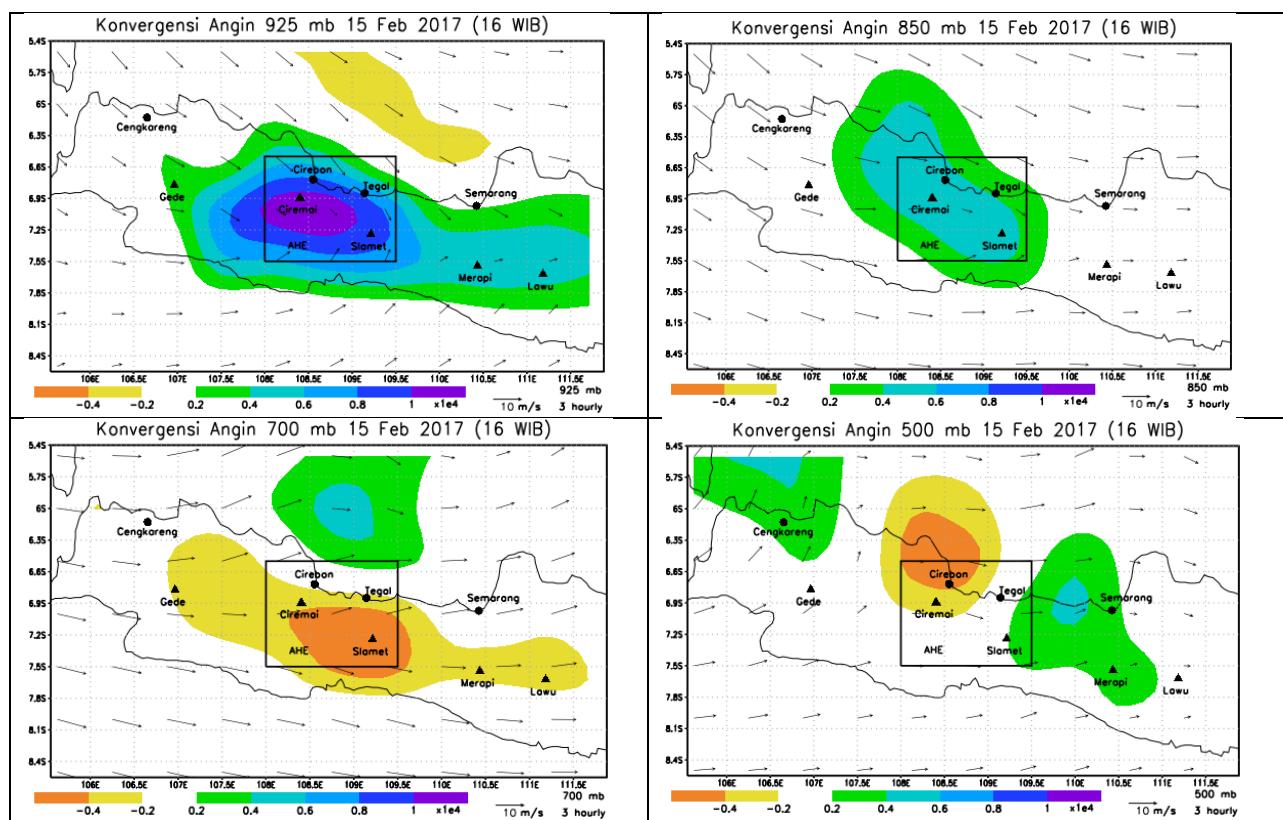
3.4. Konvergensi Atmosfer

Untuk melihat area mana saja yang merupakan derah konvergensi, dilakukan analisis konvergensi berdasarkan angin zonal (u) dan angin meridional (v) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C = - \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right]$$

Dengan C merupakan nilai konvergensi, u angin zonal (timur-barat), v angin meridional

(utara-selatan), x jarak pengamatan arah timur-barat (0.625°), dan y jarak pengamatan arah utara-selatan (0.5°). Dari perhitungan tersebut terlihat bahwa untuk wilayah AHE pada lapisan 925 mb merupakan area dengan konvergensi kuat. Konvergensi juga masih terjadi pada lapisan 850 mb walaupun konvergensinya tidak sekuat pada level atmosfer di bawahnya. Sedangkan pada lapisan 500 mb maupun lapisan 200 mb tampak wilayah AHE dan sekitarnya merupakan area divergen (Gambar 6).

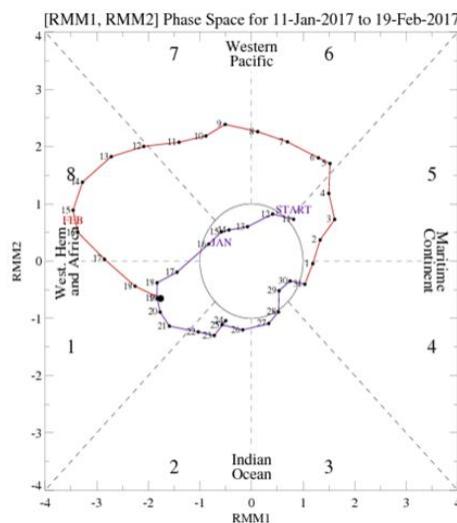


Gambar 6. Area konvergen di lapisan atmosfer 925 mb dan 850 mb serta area divergen pada lapisan di atasnya (700 mb dan 500 mb) di wilayah AHE.

Adanya area konvergen di wilayah AHE pada lapisan atmosfer bawah memungkinkan terjadinya penumpukan udara lembap di wilayah tersebut. Massa udara yang terkumpul selanjutnya naik membentuk awan yang sangat besar dan lebar yang menimbulkan hujan ekstrim di kawasan. Citra satelit Himawari 8 pada jam 16.00 WIB memperlihatkan cluster awan tampak bersesuaian dengan daerah konvergensi (Gambar 7).



Gambar 7. Citra Satelit Himawari 8 kanal visible pada tanggal 15 Februari 2017 pukul 16.00 WIB yang menunjukkan area pembentukan awan yang bersesuaian dengan daerah konvergensi.



- 10.1175/1520-0442(2003)016<2905:RBTMCH>2.0.CO;2
- Mulyana, E. (2002). Hubungan antara ENSO dengan Variasi Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Cuaca*, 3(1), 1-4.
- Mulyana, E. (2017). Estimasi Volume Air Hujan pada saat Kejadian Banjir Cirebon Timur Tanggal 15-16 Februari 2017. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 12(2), 11-18. doi: 10.29122/jstmb.v12i2.2134
- Qian, J.H., Robertson, A.W., Moron, V. (2010). Interactions among ENSO, the Monsoon, and Diurnal Cycle in Rainfall Variability over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Science*, 67(11), 3509-3524. doi: 10.1175/2010JAS3348.1
- Ramage, C.S. (1968). Role of a Tropical “Maritime Continent” in the Atmospheric Circulation. *Monthly Weather Review*, 96(6), 365–370.
- Renggono, F. (2013). Analisis Hujan pada saat Banjir DKI dengan C-Band Radar. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 14(1), 51-58. doi: 10.29122/jstmcc.v14i1.2682
- Saji, N.H., Yamagata, T. (2003). Possible Impacts of Indian Ocean Dipole Mode Events on Global Climate. *Climate Research*, 25(2), 151-169. doi: 10.3354/cr025151
- Westra, S., Alexander, L.V., Zwiers, F.W. (2013). Global Increasing Trends in Annual Maximum Daily Precipitation. *Journal of Climate*, 26(11), 3904-3918. Doi: 10.1175/JCLI-D-12-00502.1
- Wu, P., Hara, M., Fudeyasu, H., Yamanaka, M.D., Matsumoto, J., Syamsudin, F., Sulistyowati, R., Djajadihardja, Y.S. (2007). The Impact of Trans-equatorial Monsoon Flow on the Formation of Repeated Torrential Rains over Java Island. *SOLA*, 3, 93-96. doi: 10.2151/sola.2007-024
- Wu, P., Arbain, A.A., Mori, S., Hamada, J.I., Hattori, M., Syamsudin, F., Yamanaka, M.D. (2013). The Effects of an Active Phase of the Madden-Julian Oscillation on the Extreme Precipitation Event over Western Java Island in January 2013. *SOLA*, 9, 79 – 83. doi: 10.2151/sola.2013-018
- Xu, Z.X., Takeuchi, K., Ishidaira, H. (2004). Correlation between El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and Precipitation in South-East Asia and the Pacific Region. *Hydrological Processes*, 18(1), 107-123. doi: 10.1002/hyp.1315