

ANALISIS VERTICAL WIND SHEAR PADA PERTUMBUHAN AWAN CUMULONIMBUS DI WILAYAH KABUPATEN TANGERANG

Prisma Ayu Kholiviana*, Yayat Ruhiat, Asep Saefullah

Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

ARTICLE INFO

Riwayat Artikel:

Draft diterima: 23 Maret 2022

Revisi diterima: 26 April 2022

Diterima: 29 April 2022

Tersedia Online: 17 Mei 2022

Corresponding author:

Prismaayukhlvn@gmail.com

ABSTRAK

Awan *cumulonimbus* merupakan jenis awan berbahaya yang dapat menimbulkan cuaca ekstrim seperti hujan deras, kilat dan guruh. Jenis angin yang dapat mempengaruhi adanya awan *cumulonimbus* adalah *Vertical wind shear*, dengan adanya angin ini dapat menentukan jenis badai yang terjadi. Apakah termasuk kedalam badai dengan intensitas yang hebat atau tidak. Karena semakin besar *Vertical wind shear* akan semakin besar juga intensitas badai yang terjadi akibat adanya awan *cumulonimbus*. Untuk mengetahui keterkaitan *Vertical wind shear* pada pertumbuhan awan *cumulonimbus* maka diadakannya penelitian ini menggunakan metode data cuaca permukaan dan kemudian diolah menggunakan Minitab dan *Wind Rose*. Setelah di analisis dan diolah menggunakan software Minitab, *Windrose* dan *Google Earth* serta menggunakan persamaan *dry adiabatic lapse rate* dapat ditemukan terjadinya Awan *cumulonimbus* yang disertai intensitas curah hujan klasifikasi sedang terdapat pada tanggal 24 Februari 2020, dengan arah angin terbanyak dari sebelah barat yang secara topografi wilayah Kabupaten Tangerang berbatasan langsung dengan Kabupaten Serang dan Lebak, Banten. Hasil pengujian menggunakan software minitab dan juga *windrose* yang memanfaatkan data cuaca permukaan di Stasiun Meteorologi Budiarto Curug, terbentuknya awan *cumulonimbus* hingga terjadi hujan memiliki variasi arah angin dari sudut 45° sampai dengan 124° menandakan adanya arah angin yang berubah-ubah dan menimbulkan terjadinya awan *cumulonimbus*. Suhu yang terukur pada bola kering atau disebut dengan suhu saat ini menunjukkan nilai 21,9° C sampai dengan 30,8° C mengalami penurunan suhu akibat terjadi hujan. Hujan yang terjadi akibat adanya awan *cumulonimbus* berlangsung selama 2 jam, dengan intensitas curah hujan sebesar 118,6 mm dan dikategorikan sebagai hujan sedang.

Kata kunci: Awan *Cumulonimbus*, *Vertical wind shear*, dan Curah Hujan

ABSTRACT

Cumulonimbus clouds are a type of dangerous cloud that can cause extreme weather such as heavy rain, lightning and thunder. The type of wind that can affect the presence of cumulonimbus clouds is Vertical wind shear, with this wind it can determine the type of storm that occurs. Is it included in the storm with great intensity or not. Because the greater the vertical wind shear, the greater the intensity of the storm that occurs due to cumulonimbus clouds. To find out the relationship between vertical wind shear and cumulonimbus cloud growth, this study used the surface weather data method and then processed using Minitab and Wind Rose. After being analyzed and processed using Minitab, Windrose and Google Earth software and using the dry adiabatic lapse rate equation, it can be found that cumulonimbus clouds accompanied by moderate rainfall intensity were found on February 24, 2020, with the highest wind direction from the west which is topographically the area Tangerang Regency is directly adjacent to Serang and Lebak Regencies, Banten. The test results using minitab software and also windrose which utilizes surface weather data at the Budiarto Curug Meteorological Station, the formation of cumulonimbus clouds until it rains has variations in wind direction from an angle of

45° to 124° indicating the existence of changing wind directions and causing cumulonimbus clouds. . The temperature measured in the dry bulb or called the current temperature shows a value of 21.9° C to 30.8° C experiencing a decrease in temperature due to rain. Rain that occurs due to cumulonimbus clouds lasts for 2 hours, with a rainfall intensity of 118.6 mm and is categorized as moderate rain.

Keywords: Cumulonimbus Clouds, Vertical wind shear, and rainfall

1. PENDAHULUAN

Awan merupakan unsur cuaca yang dapat mempengaruhi keadaan cuaca, dan bentuknya dapat berubah-ubah sesuai jenisnya. Unsur-unsur cuaca yang diamati saling terkait satu sama lain, apabila terdapat salah satu unsur cuaca yang berubah maka cuacanya pun akan berubah. Menurut [1] salah satu jenis awan yang berbahaya tersebut awan *cumulonimbus*, karena awan ini dapat menimbulkan cuaca ekstrim. Cuaca ekstrim yang ditimbulkan dari adanya awan *cumulonimbus* berupa hujan deras, kilat, dan badai guruh. Menurut [2] ciri-ciri Awan *cumulonimbus* adalah memiliki volume yang besar namun posisi awannya sangat rendah dan terdapat puncak awan yang menjulang sangat tinggi seperti menara tetapi melebar, sehingga *cumulonimbus* dikatakan awan tebal yang mengandung hujan batu es, hujan air, berangin kencang hingga seperti tornado. Menurut [3] saat sedang mengamati cuaca ekstrem yang terdampak dari awan *cumulonimbus* diperlukan pemahaman secara mendalam mengenai proses pembentukan awan *cumulonimbus*. Sebelum terjadi *cumulonimbus* terlebih dahulu terjadi awan *cumulus* yaitu awan tebal yang memiliki puncak yang tinggi dan akan terbentuk pada siang hari karena adanya udara yang naik. Awan *cumulus* dapat terlihat terang jika berhadapan dengan matahari, tetapi jika tidak seluruhnya terkena matahari maka akan menimbulkan bayangan. Untuk dapat mengetahui bentuk awan di langit bisa menggunakan data citra satelit maupun melalui pengamatan langsung yaitu pengamatan visual dari bentuk awan yang berada di langit. Awan *Cumulonimbus* akan menjadi gelap saat sudah matang dan mempunyai daya rusak yang sangat tinggi. Menurut [4] awan *cumulonimbus* dikatakan awan tebal yang mengandung hujan batu es, hujan air, berangin kencang hingga berangin seperti tornado. Awan *Cumulonimbus* memiliki dasar antara 100-600 m dan memiliki puncak ketinggian 15 km bahkan lebih.

Tebentuknya awan dari proses pepadatan uap air yang ada di dalam udara setelah melewati keadaan yang jenuh. Setiap uap air yang terdapat di dalam udara akan berubah menjadi bintik-bintik air karena adanya proses kondensasi untuk membentuk awan. Proses kondensasi adalah saat udara yang bergerak naik ke atas mengalami pendinginan secara adiabatik yang menyebabkan (RH) atau kelembapan nisbinya bertambah, namun sebelum nisbinya meningkat hingga 100% kondensasi dimulai pada inti kondensasi saat sekitar 78%. Perubahan kelembapan nisbi terjadi saat uap air bertambah karena adanya penguapan atau tekanan uap jenuh yang menurun melalui pendinginan.

Menurut [5] awan *cumulonimbus* terbentuk karena pertemuan massa udara di mana angin bergerak dari ketidakstabilan lapisan udara sehingga daya angkat ke atas sangat kuat dan dapat berasal dari jenis awan yang lain. Pada lapisan troposfer atas awan konvektif dapat mengeluarkan panas laten, yang menyebabkan terjadinya gangguan terhadap atmosfer dan sekitarnya [6]. *Vertical wind shear* merupakan faktor cuaca yang kecepatan anginnya bergerak secara *vertical*. *Vertical wind shear* terjadi dalam kondisi cuaca yang cerah maupun saat cuaca buruk. Menurut Glickman (2000) pada kutipan [7] *vertical wind shear* merupakan vektor angin yang memiliki variasi lokal dalam arah-arah tertentu. Menurut Cotton (2011) pada kutipan [7,2] konsep dari *vertical wind shear* merupakan arah angin yang bergerak secara horizontal dan dapat memberikan kontribusi pada masa hidup serta intensitas badai. Menurut [8] *wind shear* ini mengacu pada variasi kecepatan angin baik jarak horizontal maupun vertikal. Jenis angin ini dapat menentukan jenis badai yang terjadi apakah intensitas badai tersebut kuat atau tidak, karena semakin besar terjadi kecepatan angin secara *vertical* maka akan semakin kuat pula intensitas badai karena adanya awan *cumulonimbus*.

Perolehan data cuaca dapat dilakukan melalui pengamatan secara langsung maupun tidak langsung, dengan jangka waktu pengukuran dilakukan setiap waktu dari cuaca yang berada di wilayah Kabupaten Tangerang. Unsur cuaca yang diamati umumnya ada temperatur atau suhu, curah hujan, penyinaran matahari, peristiwa cuaca khusus atau *present weather*, tekanan udara, kelembaban, dan arah maupun kecepatan angin. Menurut [4,2] unsur-unsur cuaca yang diamati memiliki keterkaitan satu sama lain, jika salah satu terdapat perubahan unsur maka akan terjadi perubahan cuaca yang ada di sekitar. Unsur-unsur tersebut akan menentukan cuaca yang akan terjadi di setiap daerah seperti hujan, panas, ataupun cuaca cerah.

Sifat awan mengabsorpsi dan merefleksikan radiasi matahari dan radiasi yang terpancar dari bumi karena bisa memanaskan dan mendinginkan suhu udara. Potensi hujan yang terjadi bisa dilihat dari bagaimana bentuk dan karakteristik dari awan di suatu daerah. Jika terdapat awan yang bertemu dengan udara panas dan menyebabkannya menjadi uap air yang dapat hilang kemudian diterbangkan angin ke segala arah, maka tidak semua awan akan berubah menjadi hujan [9].

Menurut [10] Pada Stasiun Meteorologi pengukuran yang dilakukan menggunakan alat yang ditanam pada permukaan bumi, dengan alat yang bekerja dengan merekam sendiri ataupun melakukan peninjauan secara langsung. Untuk mengetahui informasi mengenai cuaca, selain menggunakan alat-alat meteorologi bisa juga dengan menggunakan satelit cuaca. Menurut Sutanto (1995) pada kutipan [5,2] Peninjauan informasi cuaca jarak jauh, dapat menghasilkan informasi berupa objek, wilayah maupun fenomena yang terjadi tanpa harus melakukan pengamatan secara langsung. Dan untuk pengkajiannya sendiri bukan dari benda asli yang didapat, melainkan berbentuk sebuah gambar ataupun rekaman kejadian. Bisa juga dilakukan pengamatan secara visual untuk mendapatkan informasi data yang biasa dilakukan dengan mengamati keadaan langit dan keadaan sekitar.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah data cuaca permukaan yang merupakan data hasil observasi secara langsung yang berhubungan langsung dengan alat-alat meteorologi seperti alat pengukur hujan *hellman* dan *observatorium* dan objek penelitian yang merupakan data harian. Metode data cuaca permukaan dihasilkan dari citra satelit dengan menggunakan sensor yang terdiri dari 16 kanal. Untuk waktu yang digunakan pada jam meteorologi sinoptik adalah UTC (*Coordinated Universal Time*) yang menjadi acuan waktu seluruh dunia. Untuk konversi satuan waktu dari UTC ke waktu WIB memiliki perbedaan waktu yaitu 7 jam dan pengamatan yang dilakukan oleh satelit yaitu setiap 1 jam, 3 jam, 6 jam. Data sinoptik merupakan hasil dari objek penelitian yang dilakukan secara langsung menggunakan alat meteorologi seperti termometer dan alat penakar hujan. Wilayah yang menjadi tempat penelitian ini yaitu Kabupaten Tangerang, dimana tempat penelitian dilaksanakan pada Stasiun Meteorologi kelas III Budiarto Curug yang beralamat di Kampus STPI Bandara Budiarto Curug. Adapun jangka waktu yang akan diteliti adalah periode 10 tahun, terhitung dari tahun 2011 hingga 2020.

Wind Rose merupakan aplikasi yang digunakan untuk memberikan gambaran tentang arah angin dan kecepatan angin yang terdapat pada suatu wilayah yang diamati saat waktu tertentu. Grafik yang muncul pada *software* ini berbentuk melingkar seperti bunga mawar. *Wind rose* dapat memperlihatkan frekuensi angin yang bertiup dari arah tertentu, dan panjang lingkarannya tergantung dari frekuensi tiupan angin dari arah tertentu per satuan waktu. Pada *wind rose* ini terdapat beberapa arah mata angin yang bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan pengamatan, di antaranya yaitu: 8 arah mata angin, 10 arah mata angin, 12 arah mata angin, 16 arah mata angin, 18 arah mata angin, 20 arah mata angin, 24 arah mata angin, dan 36 arah mata angin.

Perhitungan curah hujan setelah diketahui di mana letak nilai yang memiliki intensitas curah hujan tertinggi, dianalisis melalui data cuaca tentang temperatur, peristiwa cuaca khusus, dan tekanan udara untuk memperoleh dugaan terjadinya awan *cumulonimbus*. Untuk perhitungan kecepatan angin dan arah angin menggunakan *software wind rose* untuk mengetahui arah angin yang paling mendominasi di wilayah tersebut.

Pengolahan data cuaca dilakukan untuk memperoleh nilai dengan menggunakan persamaan:

$$\gamma_s = \frac{g}{cp} \left[\frac{1 + \frac{rs \cdot I}{rd \cdot T}}{1 + \frac{rs \cdot I^2}{cp \cdot rv \cdot T^2}} \right] \quad (1)$$

Keterangan:

γ_s = laju penurunan suhu terhadap ketinggian (C/km)

g = gravitasi bumi (m/s^2)

cp = panas spesifik pada tekanan konstan (J/k.mol)

rs = mixing ratio jenuh (mb)

rd = tetapan gas spesifik untuk udara kering (J/k.mol)

rv = tetapan gas spesifik untuk uap air (J/k.mol)

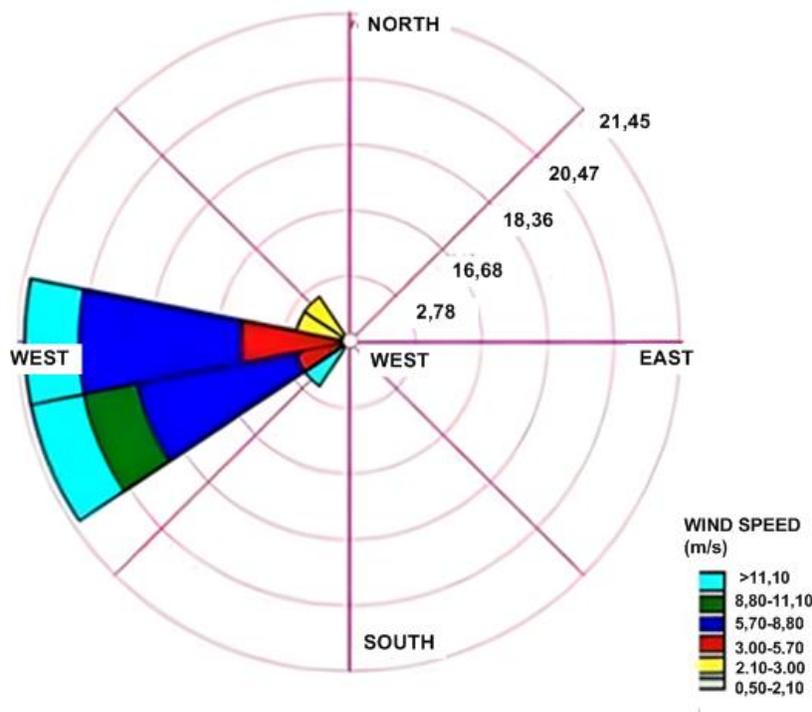
I = panas laten (kJ/kg)

T = suhu berdasarkan ketinggian (C)

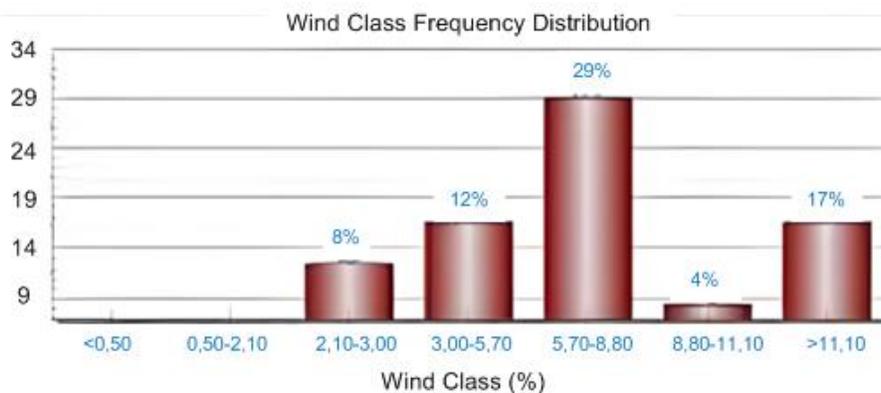
Selanjutnya dari data cuaca permukaan diperoleh adanya pertumbuhan awan *cumulonimbus* yang diakibatkan ketidakstabilan oleh *Vertical wind shear* kemudian awan tersebut berubah menjadi hujan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengolahan data didapatkan hasil dan pembahasan mengenai angin seperti gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik arah dan kecepatan angin tanggal 24 Februari 2020



Gambar 2. Grafik frekuensi angin tanggal 24 februari 2020

Berdasarkan arah angin yang dihasilkan dengan metode data cuaca permukaan pada tanggal 24 Februari 2020, sebelum awan *cumulonimbus* terbentuk pada pukul 02 UTC berada pada sudut 75°-84°. Pada saat awan *cumulonimbus* terbentuk pukul 03, 04, 05 UTC arah angin berada pada sudut 45°-75°. Pada saat awan mengalami kondensasi pukul 06, 07, 08 dan 09 UTC arah angin berada pada sudut 45°-124°. Saat awan berubah menjadi hujan pukul 10 dan 11 UTC arah angin berubah, arah angin berada pada sudut 75°-84°.

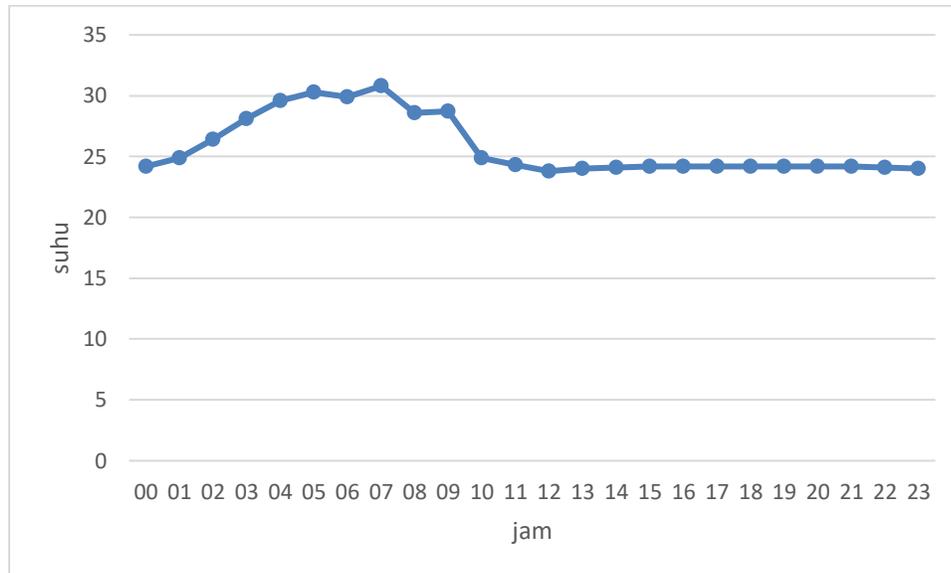
Angin yang berhembus disebut dengan angin muson. Angin muson terjadi pada bulan Oktober sampai bulan April. Angin muson bersifat basah dan banyak menghasilkan hujan. Arah angin terbanyak yang mempengaruhi cuaca di Kabupaten Tangerang bertiup dari Barat yang secara topografi wilayah sebelah Barat Kabupaten Tangerang berbatasan langsung dengan Kabupaten Serang dan Kabupaten Lebak. Sehingga ketika akan terjadinya hujan pada wilayah Kabupaten Serang maupun kabupaten Lebak angin akan bertiup membawa hujan ke wilayah Kabupaten Tangerang

Penentuan arah angin berdasarkan dengan prosedur pelaksanaan pengamatan, penyandian, pelaporan, dan pengarsipan data-data meteorologi mengenai delapan arah angin. Arah timur laut dengan sudut 25° sampai dengan 65°, arah timur dengan sudut 70° sampai dengan 110°, arah tenggara dengan sudut 115° sampai dengan 155°, arah selatan dengan sudut 160° sampai

dengan 200° , arah barat daya dengan sudut 205° sampai dengan 245° , arah barat dengan sudut 250° sampai dengan 290° , arah barat laut dengan sudut 295° sampai dengan 335° , arah utara dengan sudut 340° sampai dengan 020° [11]

Awan *cumulonimbus* yang terjadi di tanggal 24 Februari 2020 berada pada lapisan bagian Troposfer dengan ketinggian 540 m pada pukul 00 UTC hingga 09 UTC dan ketinggian 510 m pada pukul 10 UTC sampai 11 UTC saat awan *cumulonimbus* berubah menjadi hujan, kemudian ketinggian awan kembali naik menjadi 540 m pada pukul 12 UTC sampai 23 UTC. Terjadi penurunan ketinggian pada saat hujan mengakibatkan sebaran dari curah hujan yang tidak luas karena semakin tinggi awan saat terjadinya hujan maka akan mempengaruhi sebaran curah hujan yang semakin luas. Menurut [12] perubahan ketinggian yang sama dapat terjadi, juga pada ketinggian yang berbeda.

Dengan menggunakan persamaan laju penurunan *dry adiabatic lapse rate* didapatkan hasil proses adiabatik terjadi setiap $0,012/100$ m untuk ketinggian 540 m dan $0,011/100$ m untuk ketinggian awan 510 m. Untuk tinggi puncak awan *cumulonimbus* berdasarkan data yang didapat adalah 80.860 m.



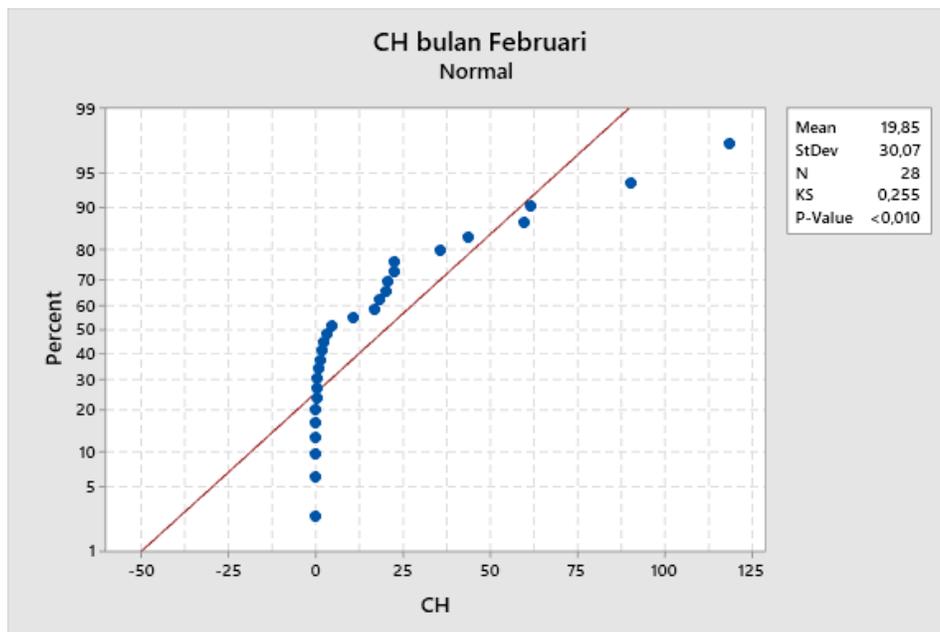
Gambar 3. Grafik perubahan suhu

Berdasarkan grafik perubahan suhu, pada suhu udara tinggi awan *cumulonimbus* akan terbentuk, setelah awan *cumulonimbus* terbentuk hingga berubah menjadi hujan suhunya mengalami perubahan yaitu menjadi lembab dan terdapat penurunan suhu sehingga titik embunnya menjadi menurun. Namun, ketika hujan telah berhenti suhunya masih lembab karena intensitas curah hujan yang terjadi.

Pada saat awan mengalami kondensasi pukul 06, 07, 08, dan 09 UTC arah angin berada pada sudut $45^\circ - 124^\circ$. Saat awan berubah menjadi hujan pukul 10 dan 11 UTC arah angin berubah, arah angin berada pada sudut $75^\circ - 84^\circ$. Sehingga dapat diketahui bahwa dari keadaan sebelum, saat, maupun sesudah terbentuknya awan *cumulonimbus*, arah angin mengalami ketidakstabilan. Ketidakstabilan tersebut yang menyebabkan timbulnya awan *cumulonimbus*.

Menurut [13] Pengukuran suhu udara di dalam Klimatologi harus terhindar dari beberapa macam gangguan yang dapat mengurangi kemurnian suhu atmosfer. Beberapa gangguan yang harus dihindarkan ialah :

1. Pengaruh radiasi matahari langsung dan pemantulannya oleh benda-benda di sekitarnya.
2. Gangguan tetesan air hujan
3. Tiupan angin yang terlalu kuat
4. Pengaruh lokal gradien suhu tanah akibat pemanasan dan pendinginan permukaan tanah setempat



Gambar 4. Grafik curah hujan bulan Februari tahun 2020

Berdasarkan gambar 4 di atas didapatkan nilai curah hujan tertinggi yaitu pada tanggal 24 Februari 2020 sebesar 118,6 mm. Curah hujan yang terjadi pada tanggal 24 Februari 2020 di Kabupaten Tangerang akibat adanya cuaca buruk yang ditimbulkan dari awan *cumulonimbus*. Sehingga berdasarkan data cuaca permukaan curah hujan yang terjadi berada pada pukul 10, 11, 12 UTC dengan klasifikasi hujan sedang yang bertiup dari arah Barat dimana secara topografi wilayah sebelah Barat Kabupaten Tangerang berbatasan langsung dengan Kabupaten Serang dan Lebak. [14]

Grafik di atas merupakan hasil dari Minitab yang merupakan aplikasi untuk mengolah statistik, bentuk dari Minitab seperti Microsoft Excel yang mampu menganalisis statistik secara kompleks. Software ini memungkinkan untuk:

1. Mengelola data dan file untuk analisis data
2. Terdapat analisis regresi, tabel, dan juga grafik
3. Analisis multivariasi termasuk analisis faktor, kluster, dan korespondensi
4. Terdapat tes Nonparametric seperti tes signal, run tes, dan Friedman.
5. Untuk membantu menunjukkan sebuah data yang dapat dijadikan dugaan bisa digunakan *time series* dan *forecasting*

Pada saat angin berhembus secara vertikal dan mengalami ketidakstabilan yang menyebabkan terjadinya awan *cumulonimbus*. Awan mengalami pertumbuhan dari fase tumbuh, fase matang dan fase mati. Kemudian awan *cumulonimbus* mengalami kondensasi atau perubahan laju penurunan suhu adiabatik basah *dry adiabatic lapse rate* yaitu perubahan uap awan menjadi air hujan. Proses kondensasi terjadi selama 4 jam, terhitung dari pukul 06 sampai 09 UTC dan arah angin berada pada sudut 45° sampai 124°. Saat dan sesudah hujan suhu udara menurun akibat dari proses *dry adiabatic lapse rate*.

Udara lembap terjadi karena adanya pencampuran udara kering dan uap air. Di dalam mikrofisika awan dan hujan, terdapat beberapa alasan pentingnya uap air. Pertama, uap air dapat menjadi partikel awan melalui kondensasi, kemudian partikel awan dapat menjadi tetes hujan melalui mekanisme benturan dan tangkapan (awan tetes) yang menjadi kristal es melalui difusi tetes dingin ke kristal es (awan es). Kedua, uap air dapat menyerap radiasi gelombang pendek matahari maupun radiasi gelombang panjang bumi. Ketiga, uap air dapat mengandung panas laten yang terselubung dan dapat dilepaskan menjadi energi ketika uap air mengalami kondensasi. Panas laten ini merupakan sumber energi gangguan atmosfer. Keempat, uap air dapat mempengaruhi kecepatan *evaporasi* (penguapan) dan *evapotranspirasi*. Kelima, uap air di atmosfer dapat berubah fasa. Keenam, kadar uap air dan distribusi vertikalnya mempengaruhi kestabilan atmosfer. [15]

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian menggunakan software Minitab dan juga *windrose* yang memanfaatkan data cuaca permukaan di Stasiun Meteorologi Budiarto Curug, terbentuknya awan *cumulonimbus* sampai adanya hujan memiliki variasi arah angin yang berubah-ubah dari sudut 45° sampai dengan 124° yang menandakan adanya arah angin yang berubah-ubah dan menimbulkan terjadinya awan *cumulonimbus*. Suhu yang terukur pada bola kering (suhu saat ini menunjukkan nilai 21,9° C sampai dengan 30,8° C yang mengalami penurunan suhu akibat adanya hujan. Hujan yang terjadi akibat adanya awan *cumulonimbus* berlangsung selama 2

jam, dengan intensitas curah hujan sebesar 118,6 mm dan dikategorikan sebagai hujan sedang. Potensi terjadinya awan *cumulonimbus* di wilayah Kabupaten Tangerang sangat besar. Ketika memasuki musim muson barat intensitas curah hujan yang tinggi disertai guntur maupun kilat dapat disebabkan karena adanya pertumbuhan dari awan *cumulonimbus*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas dukungan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) beberapa data yang digunakan pada penelitian ini.

6. REFERENSI

- [1] Anggoro, M. D., & Pramujo, B. (2017). Berbasis Citra Radar Dan Model Ecmwf. *Kajian Waktu Hidup Dan Pergerakan Awan Konvektif Berbasis Citra Radar Dan Model Ecmwf*, 4(3), 24–31.
- [2] Nugraheny, D. (2017). Metode Nilai Jarak Guna Kesamaan Atau Kemiripan Ciri Suatu Citra (Kasus Deteksi Awan Cumulonimbus Menggunakan Principal Component Analysis). *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 7(2), 21. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v7i2.145>.
- [3] STMKG. (2015). *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. Bmkg, 2(2), 1–16.
- [4] Pertiwi, B. D. (2018). *Analisis Karakteristik Awan Cumulonimbus Menggunakan Citra Satelit dan Data Cuaca Permukaan Wilayah Banyuwangi*. 1–131.
- [5] Sipayung, S. B. (2017). Analisis Awan Cumulonimbus Dan Angin Serta Keterkaitannya Dengan Curah Hujan Di Kawasan Gede Bage, Bandung (Jawa Barat). *Berita Dirgantara*, 18(2), 75–82.
- [6] Nurrohman, faqih, & Tjasyono, B. (2016). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Makassar (Studi Kasus Bulan Desember 2013 – 2014). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 3(2), 18–24.
- [7] Zakir, A., & Hakim, O. S. (2017). Analisis Vertical Wind Shear Dan Buoyancy Terhadap Meteorologi Juanda Surabaya. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 4(1), 1–8.
- [8] Taszarek, M., Kendzierski, S., & Pilguy, N. (2020). Hazardous weather affecting European airports: Climatological estimates of situations with limited visibility, thunderstorm, low-level wind shear and snowfall from ERA5. *Weather and Climate Extremes*, 28(January), 100243. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100243>.
- [9] Djoko, G. dkk. (2019). *Klimatologi Pertanian*.
- [10] Wirjohamidjojo, S., & Swarinoto, Y. S. (2013). Meteorologi sinoptik. *Meteorologi Sinoptik Analisis Dan Penaksiran Hasil Analisis Cuaca Sinoptik*, 276.
- [11] Djakiman. (2014). *Materi Pengamatan / Observasi Meteorologi Permukaan*.
- [12] Wang, P., & Hou, X. (2012). A method of building vertical wind shear feature and convective storms recognition based on this feature. *Procedia Engineering*, 29, 3397–3402. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.501>.
- [13] Arifin, Bahri, S., & Sulistiono, R. (2011). Modul Praktikum Klimatologi. *Stasiun Klimatologi Pertanian*, 1–101.
- [14] BPS Kabupaten Tangerang
- [15] Tjasyono, B. (2012). Mikrofisika Awan dan Hujan. In *Mikrofisika Awan dan Hujan*. Retrieved from https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi6-qiw5ezwAhWd7XMBHSx9DPwQFjAAegQIAxAD&url=http%3A%2F%2Fpuslitbang.bmkg.go.id%2Fflitbang%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F01%2Fmikrofisika-awan.pdf&usg=AOvVawo_e4m2svb2v5_XGdGelIP28