



Kajian Dinamika Atmosfer saat Kejadian Hujan Lebat di Wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara Menggunakan Model WRF-ARW dan Citra Satelit Himawari-8

I. J. A. Saragih[✉], A. Kristianto, A. K. Silitonga, J. A. I. Paski

Prodi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)
Kampus Pusat, Tangerang Selatan, Banten 15221

Info Artikel

Diterima Desember 2017

Disetujui Januari 2018

Dipublikasikan Februari
2018

Keywords:

Hujan Lebat, WRF-ARW,
aktivitas konvektif

Abstrak

Pesisir Timur Sumatera Utara adalah kawasan pesisir di wilayah Provinsi Sumatera Utara yang hampir keseluruhannya terletak di wilayah administratif Kabupaten Deli Serdang. Topografi wilayah Kabupaten Deli Serdang terdiri dari daerah pantai, dataran rendah, dan dataran tinggi pegunungan. Secara geografis, Pesisir Timur Sumatera Utara berbatasan langsung dengan Selat Malaka. Kondisi geografis dan topografi ini berpengaruh terhadap dinamika atmosfer di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara yang memiliki curah hujan yang relatif tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan karakteristik dinamika atmosfer saat kejadian hujan lebat di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara berdasarkan beberapa kejadian hujan lebat terpilih yang terjadi di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara selama tahun 2016, yaitu pada tanggal 10 Februari 2016, 23 Agustus 2016, 18 September 2016, dan 8 Oktober 2016. Penentuan kejadian hujan lebat ini dilakukan sesuai dengan kriteria intensitas curah hujan lebat di wilayah Indonesia yang ditetapkan oleh BMKG, yaitu 10-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari. Analisis dinamika atmosfer dilakukan menggunakan model cuaca skala meso WRF-ARW (*Weather Research and Forecasting-Advanced Research WRF*) dan citra satelit Himawari-8. Penelitian ini menggunakan data FNL (*Final Analysis*) untuk model WRF-ARW, data kanal *infrared* (IR) untuk citra satelit Himawari-8, data GSMaP (*Global Satellite Mapping Precipitation*), dan data observasi dari Stasiun Meteorologi Kualanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hujan lebat yang terjadi di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara merupakan akibat dari aktivitas konvektif yang terjadi di wilayah tersebut. Hal ini diperlihatkan oleh adanya awan Cumulonimbus (Cb) pada citra satelit Himawari-8 yang ditunjukkan oleh nilai suhu puncak awan yang sangat rendah.

PENDAHULUAN

Sumatera Utara (Sumut) merupakan salah satu provinsi yang terletak di Pulau Sumatera Utara bagian utara (Sumbagut) yang secara astronomis terletak pada 1° - 4° LU 98° - 100° BT. Kondisi topografi wilayah Provinsi Sumatera Utara beragam, terdiri dari daerah pantai, dataran rendah dan dataran tinggi, serta adanya pegunungan Bukit Barisan yang membujur ditengah-tengah dari bagian utara ke selatan wilayah Provinsi Sumatera Utara. Provinsi Sumatera Utara memiliki letak geografis yang unik, yaitu diapit oleh dua perairan, Selat Malaka dan Samudera Hindia, serta dilalui oleh pegunungan Bukit Barisan. Akibat adanya pegunungan Bukit Barisan, secara geografis wilayah Provinsi Sumatera Utara terbagi menjadi empat wilayah, yaitu wilayah Pesisir Barat, wilayah Pesisir Timur, pegunungan Bukit Barisan, dan Kepulauan Nias.

Wilayah Pesisir Sumatera Utara yang berbatasan langsung dengan Selat Malaka memberikan dampak terhadap dinamika cuaca yang terjadi. Bencana hidrometeorologi seperti banjir cukup sering melanda daerah-daerah di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara. Dari sisi lingkungan, hal tersebut dapat terjadi karena kurangnya pelestarian hutan, erosi, dan pendangkalan sungai. Sementara dari sisi meteorologi, hal tersebut terjadi didukung oleh kelembaban udara yang tinggi di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara karena lokasinya berbatasan langsung dengan wilayah perairan.

Hal tersebut menjadikan informasi cuaca sangat penting untuk mendukung kelancaran aktivitas masyarakat di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara. Namun karena topografi daerahnya yang beragam, variasi harian dan sirkulasi lokal penting untuk diperhatikan dalam melakukan prakiraan dan analisis cuaca di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan dinamika atmosfer saat kejadian hujan lebat di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara.

Menurut BMKG, kriteria hujan lebat di wilayah Indoensia adalah curah hujan terukur dengan intensitas 10-20 mm/jam atau 50-100

mm/hari. Beberapa faktor lokal seperti topografi, elevasi, labilitas atmosfer dan konvektif lokal cukup berperan dalam terjadinya cuaca ekstrem di suatu daerah. Umumnya, cuaca buruk berupa terjadinya hujan lebat, angin kencang dan petir/guntur (*thunderstorm*) berdurasi singkat merupakan akibat dari awan Cb. Beberapa kondisi yang mendukung terjadinya hujan lebat yaitu angin <10 kt/5kt/calm, kelembaban udara (*relative humidity*/RH) lapisan 850mb $>80\%$ dan lapisan 750mb $>60\%$, vortisitas positif di Bumi Bagian Utara (BBU) dan negatif di Bumi Bagian Selatan (BBS), adanya konvergensi di lapisan bawah, dan *shear* yang tajam.

WRF-ARW merupakan model cuaca numerik skala meso yang didesain untuk melayani prediksi operasional dan kebutuhan penelitian atmosfer. Model WRF-ARW menggunakan data inputan, salah satunya adalah data FNL (*Final Analysis*), untuk dikomputasikan secara numerik sehingga menghasilkan produk berupa beberapa parameter cuaca yang bermanfaat sebagai informasi/bahan prediksi dan analisis cuaca.

Awan Cb adalah jenis awan konvektif yang terlihat gelap/berwarna hitam pekat dan memiliki tekstur bergumpal berbentuk seperti bunga kol. Keberadaan awan Cb merupakan salah satu indikator adanya aktivitas konvektif di suatu wilayah. Tahapan perkembangan awan Cb dapat diidentifikasi berdasarkan nilai suhu puncak awan pada kanal *infrared* (IR) citra satelit Himawari-8. Tahap tumbuh (*Cumulus Stage*) ditandai dengan nilai suhu puncak awan -30°C s/d -50°C , tahap matang/dewasa (*Mature Stage*) ditandai dengan nilai suhu puncak awan -60°C s/d -80°C , dan tahap purnah (*Dissipating Stage*) dengan nilai suhu puncak awan -50°C s/d -55°C .

METODE EKSPERIMEN

Data, Lokasi, dan waktu Penelitian

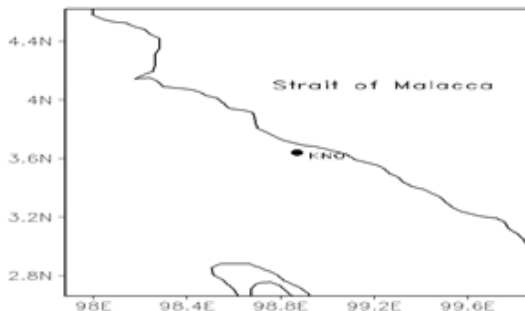
Penelitian ini menggunakan data sebagai berikut.

- Data FNL (*Final Analysis*) sebagai data inputan model WRF-ARW yang didownload dari <https://rda.ucar.edu/>.

Data FNL yang digunakan adalah data 24 jam pada hari kejadian hujan lebat (data utama) dan data 12 jam sebelum data utama sebagai *spin-up* model WRF-ARW.

- b) Data GSMaP (*Global Satellite Mapping of Precipitation*) untuk memverifikasi secara spasial curah hujan *output* model WRF-ARW, yang didownload dari <ftp://hokusai.eorc.jaxa.jp>. Data GSMaP yang digunakan adalah data 24 jam pada hari kejadian hujan lebat.
- c) Data curah hujan terukur dari Stasiun Meteorologi Kualanamu. Data curah hujan digunakan untuk memverifikasi pada satu titik curah hujan *output* model WRF-ARW.

Lokasi penelitian dalam penelitian ini adalah wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara dan sekitarnya yang secara astronomis terletak pada koordinat 2,64°-4,62°LU 97,86°-99,86°BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

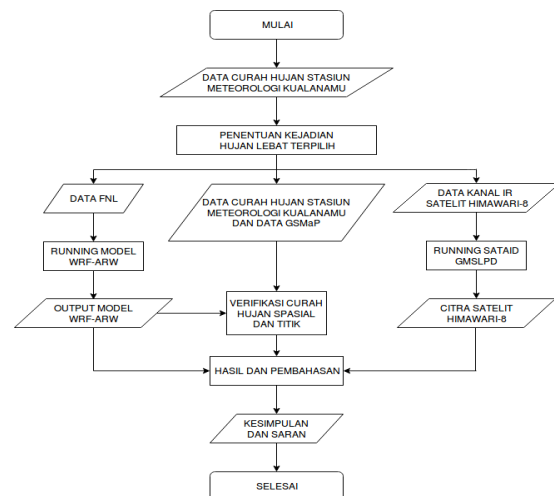
Sedangkan waktu penelitian adalah hari dengan curah hujan 50-100mm/hari selama tahun 2016. Untuk menghasilkan analisis yang bervariasi, hanya diambil satu kejadian curah hujan lebat dalam satu bulan, dengan prioritas yang terjadi pada pertengahan bulan. Dengan demikian terpilih 4 waktu penelitian, yaitu tanggal 10 Februari, 23 Agustus, 17 September, dan 8 Oktober 2016.

Metode penelitian dalam penelitian ini terbagi menjadi dua tahap utama, yaitu analisis model WRF-ARW dan analisis citra satelit Himawari-8. Dalam penelitian ini, model WRF-ARW yang digunakan adalah WRF V3.9.1.1, sedangkan data citra satelit diolah menggunakan aplikasi SATAID GMSLPD (SATellite Animation and Interactive Diagnosis Geo Meteorological Satellite Loop for Dvorak).

Berikut adalah konfigurasi model WRF-ARW yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Konfigurasi Model WRF-ARW

Konfigurasi	Domain 1	Domain 2	Domain 3
Center-lat		3,64°	
Center-lon		98,87°	
e_we	100	88	76
e_sn	100	88	76
Resolusi spasial	27km	9km	3km
Skema parameterisasi	Tropical physics suite		
Time-step	120		



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Curah Hujan

Tabel 2. Curah hujan (mm) terukur hasil observasi, keluaran model WRF-ARW, dan GSMaP pada titik pengamatan di Stasiun Meteorologi Kualanamu (3,64°LU 98,87°BT)

10 Feb 2016	WRF	Obs	GSMaP
00-03UTC	0.0185913	0	0
03-06UTC	0.422557	0	0
06-09UTC	0.0724609	0	10.8278
09-12UTC	0	3.8	22.5532
12-15UTC	0	48.6	8.86999
15-18UTC	1.08531	4.6	3.25689
18-21UTC	0.151661	0.3	0
21-24UTC	0	0	0
CH HARIAN	1.75058	57.3	45.5079
23 Agu 2016	WRF	Obs	GSMaP
00-03UTC	0	0	0
03-06UTC	0.408961	0	0
06-09UTC	0.218439	0	0
09-12UTC	1.7938	0	4.12742
12-15UTC	2.97955	0	32.8846

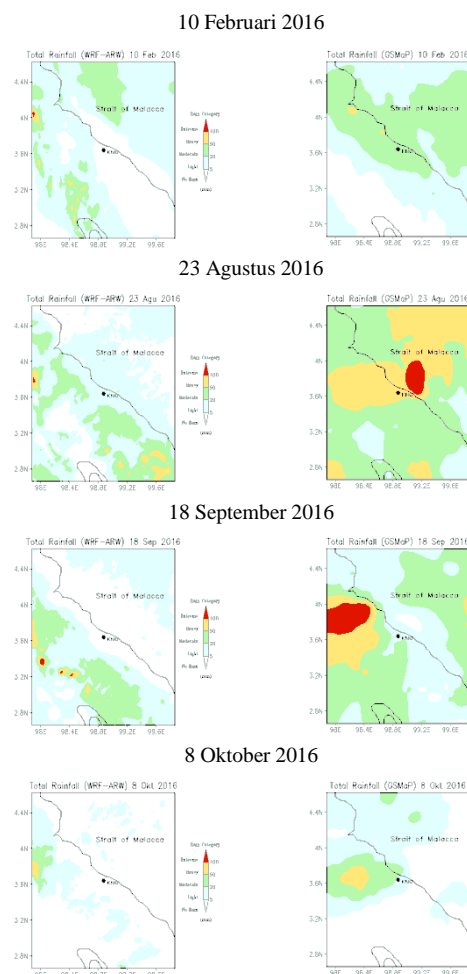
15-18UTC	0.00621557	49.2	22.7118
18-21UTC	0.218811	3	0
21-24UTC	1.14637e-11	0.7	0
CH HARIAN	5.62578	52.9	59.7238
18 Sep 2016	WRF	Obs	GSMaP
00-03UTC	0	0	0
03-06UTC	0.00254205	0	0
06-09UTC	0	0	0
09-12UTC	0.218374	0	0
12-15UTC	0.0871919	0	0
15-18UTC	0	2	0
18-21UTC	0	76.6	12.4825
21-24UTC	0	1	0.701041
CH HARIAN	0.308108	79.6	13.1835
8 Okt 2016	WRF	Obs	GSMaP
00-03UTC	0.0195331	0	0
03-06UTC	0.0448862	0	0
06-09UTC	0	0	0
09-12UTC	0.0158187	0	0
12-15UTC	0	0	7.12074
15-18UTC	0	3.6	12.0421
18-21UTC	0	51.6	0
21-24UTC	0	1.2	0
CH HARIAN	0.0802381	56.4	19.1628

Hasil verifikasi curah hujan titik pada Tabel 2 dan spasial pada Gambar 3 menunjukkan bahwa model WRF-ARW V3.9.1.1 yang menggunakan skema parameterisasi *tropical physics suite* tidak mampu menangkap kejadian hujan lebat yang terjadi. Selain itu, juga terlihat GSMaP yang kurang mampu menangkap kejadian hujan lebat yang terjadi dengan baik.

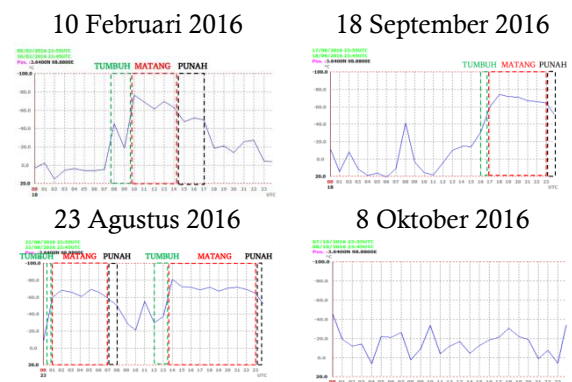
Berdasarkan data curah hujan observasi dapat diketahui waktu kejadian hujan lebat pada masing-masing tanggal kejadian, yaitu pada jam 12-15UTC di tanggal 10 Februari 2016, jam 15-18UTC di tanggal 23 Agustus 2016, jam 18-21UTC di tanggal 18 September 2016, dan jam 18-21UTC di tanggal 8 Oktober 2016.

Time Series Suhu Puncak Awan

Berdasarkan data time series suhu puncak awan pada Gambar 4 diketahui bahwa daur hidup awan Cb di Pesisir Timur Sumatera Utara bervariasi. Bila dirata-ratakan, awan Cb membutuhkan periode waktu sekitar 0,5-1 jam untuk tahap tumbuh, sedang waktu bertahan awan ini dapat mencapai 3-4 jam atau bahkan lebih.



Gambar 3. Spasial curah hujan terukur keluaran model WRF-ARW (kiri) dan GSMaP (kanan)

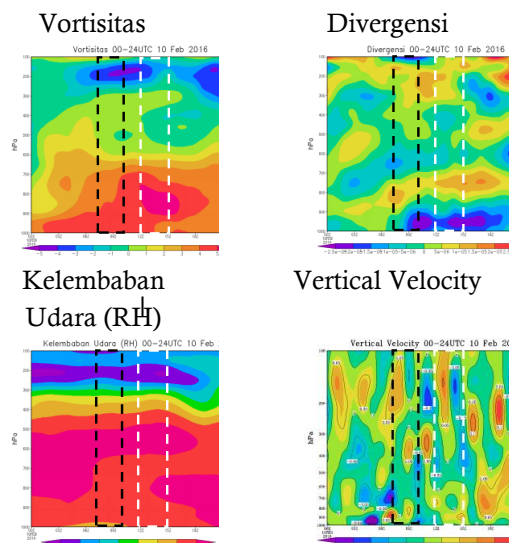


Gambar 4. Time series suhu puncak awan berdasarkan kanal *infrared* (IR) satelit Himawari-8

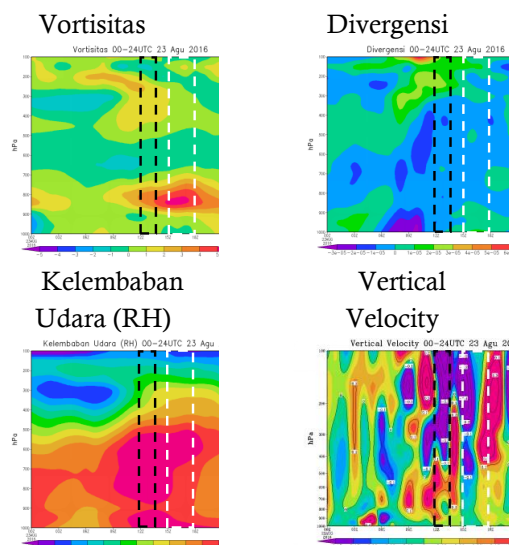
Analisis Parameter Meteorologi

Hasil keluaran WRF-ARW diolah menggunakan GrADS (*The Grid Analysis and Display System*) untuk menampilkan parameter meteorologi yang akan dianalisis dalam penelitian ini, diantaranya vortisitas, divergensi, kelembaban udara (RH), dan *vertical velocity*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum, pada saat awan Cb memasuki fase tumbuh (kotak hitam), vortisitas bernilai positif, terutama di atmosfer lapisan bawah; divergensi bernilai negatif (=konvergensi) di atmosfer lapisan bawah dan bernilai positif di atmosfer lapisan atas; kelembaban udara (RH) pada

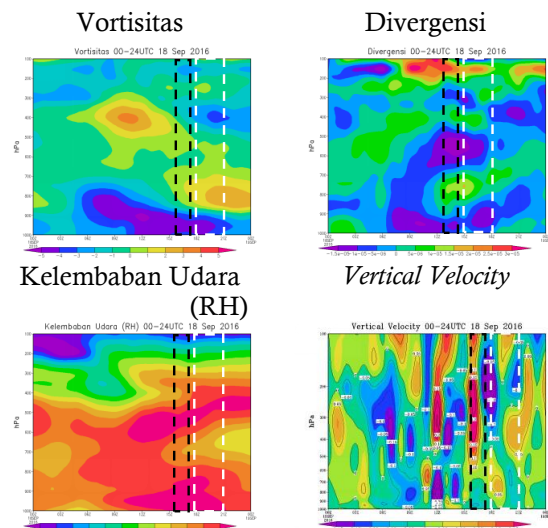
lapisan 1000-500mb relatif basah ($RH \geq 70\%$); dan vertical velocity bernilai positif (adanya gerakan/ arus udara naik). Kondisi ini relatif bertahan sampai terjadinya hujan lebat (kotak putih) dan mengalami perubahan/pengurangan intensitas ketika awan memasuki fase purnah (*Dissipating Stage*). Namun, nilai vertical velocity teramati terlebih dahulu mengalami perubahan karena adanya *downdraft* yang berasal dari awan Cb. Aktivitas konvektif saat kejadian hujan lebat di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara terlihat dari konsentrasi awan Cb yang ditunjukkan oleh citra satelit Himawari-8.



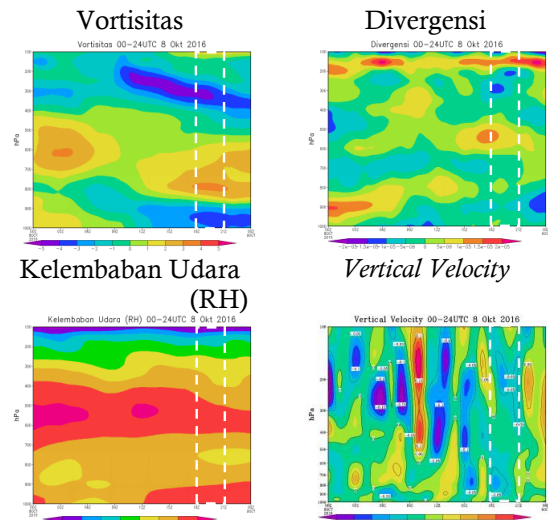
Gambar 5. Time series parameter meteorologi pada tanggal 10 Februari 2016



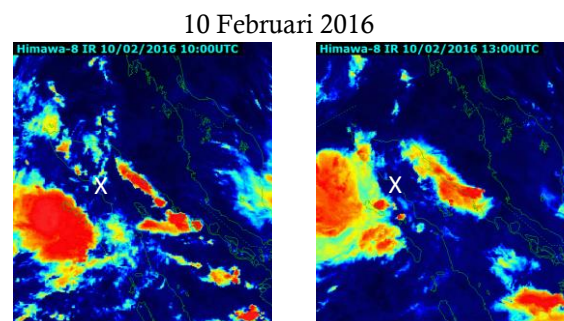
Gambar 6. Time series parameter meteorologi pada tanggal 23 Agustus 2016



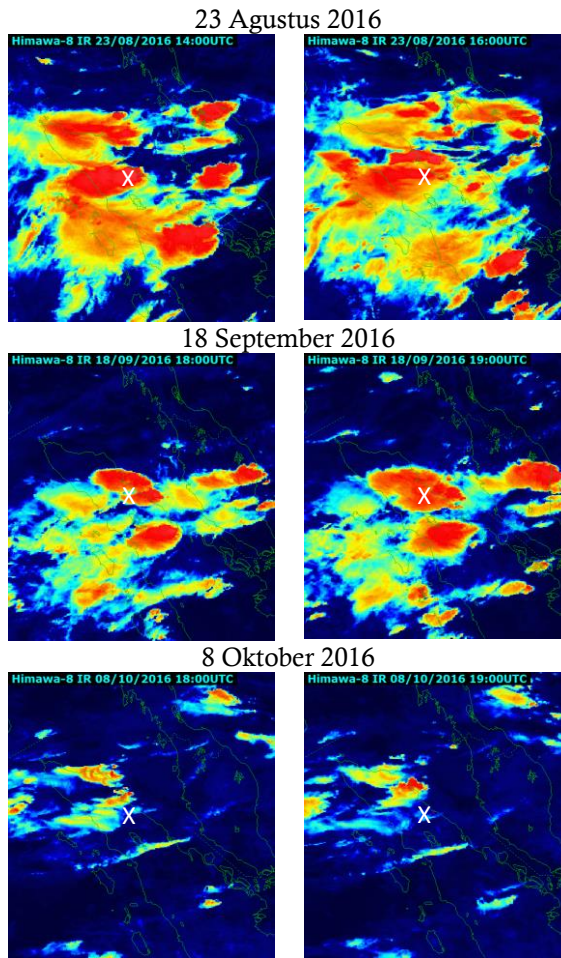
Gambar 7. Time series parameter meteorologi pada tanggal 18 September 2016



Gambar 8. Time series parameter meteorologi pada tanggal 8 Oktober 2016



10 Februari 2016



Gambar 9. Kondisi perawanan pada saat nilai suhu puncak awan terendah (kiri) dan pada saat kejadian hujan lebat (kanan)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa, hujan lebat yang terjadi di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara benar berasal dari awan Cb; Model WRF V3.9.1.1 dengan skema parameterisasi terbarunya, tropical physics suite, ternyata belum mampu menangkap kejadian hujan lebat di Pesisir Timur Sumatera Utara dengan baik; Pertumbuhan awan Cb di wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara didukung oleh tersedianya uap air (nilai RH yang tinggi (basah)), dan dinamika atmosfer di lingkungannya, yaitu vortisitasnya bernilai positif, adanya konvergensi (divergensi negatif) dan vertical velocity di lapisan bawah; dan Dibutuhkan analisis lanjutan dan mendalam terkait fase pertumbuhan awan Cb di Pesisir

Timur Sumatera Utara, khususnya di musim kemarau dan pada lokasi yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda Provinsi Sumut, 2017 (<http://bappeda.sumutprov.go.id/> diakses pada 4 Desember 2017)
- Bayong Tjasyono HK., dan Harijono, S. W. B., 2013. Atmosfer Ekuatorial. Puslitbang BMKG. Jakarta
- BPS Provinsi Sumut, 2017, Letak dan Geografis, 2014 (<https://sumut.bps.go.id/> diakses pada 4 Desember 2017)
- Hadi, T. W., et al., 2011. Pelatihan Model WRF (Weather Research and Forecasting). ITB. Bandung
- Janwar, M. dan Munandar, MA., 2015. Identifikasi Karakteristik Awan Cumulonimbus dengan Menggunakan Satelit (Studi Kasus Puting Beliung Juanda, Sidoarjo 04 Februari 2016). Skripsi. STMKG
- Perdana, R. B., 2015. Analisis Angin Bahorok dengan Simulasi Model Cuaca Numerik WRF-ARW. Skripsi. STMKG
- Press Release BMKG. 2010. Kondisi Cuaca Ekstrem dan Iklim Tahun 2010-2011. BMKG. Jakarta
- Tambunan, N., 2014. Verifikasi Pemanfaatan Model WRF-ARW Untuk Prediksi Hujan Bulanan di Sumatera Utara. Skripsi. STMKG
- Zakir, A., et al., 2010. Perspektif Operasional Cuaca Tropis. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.