

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.05

ANALISIS KARAKTERISTIK CURAH HUJAN PADA KEJADIAN BANJIR SENTANI MARET 2019

Dita Fatria Andarini^{a)}, Fadli Nauval^{b)}, Elfira Saufina^{c)}

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, LAPAN, Indonesia

Email: ^{a)}dita.fatria@lapan.go.id, ^{b)}fadhli.nauval@lapan.go.id, ^{c)}elfira.saufina@lapan.go.id

Abstrak

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia, dimana salah satu faktornya dipicu oleh tingginya intensitas curah hujan. Salah satu banjir yang memberikan dampak kerugian besar di Indonesia adalah Banjir Sentani di Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua tanggal 16 dan 17 Maret 2019. Pada penelitian ini dilakukan analisis curah hujan pada saat kejadian banjir menggunakan data observasi curah hujan harian tanggal 16 Maret hingga 20 Maret 2019 dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) di tiga stasiun di Kabupaten Jayapura (Stasiun Meteorologi Sentani, Stasiun Klimatologi Jayapura dan Stasiun Dok II Jayapura) dan data curah hujan perjam dari *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) untuk mengetahui karakteristik curah hujan baik secara spasial maupun temporal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan lebat hingga ekstrem terjadi di ketiga stasiun pengamatan tanggal 16–18 Maret 2019. Berdasarkan data GSMaP, hujan terjadi sejak sore hingga malam hari di sekitar pegunungan Cycloop hingga ke pantai bagian utara dan Sentani. Kemudian terjadi peningkatan curah hujan secara signifikan pada pukul 20.00WIT tanggal 16 Maret 2019 dan bertahan hingga pukul 22.00 WIT di wilayah tersebut. Sedangkan pergerakan hujannya menunjukkan tidak terdapat pola propagasi hujan yang jelas karena hujan cenderung terjadi secara menyebar dalam waktu yang relatif cepat.

Kata-kata kunci: banjir, GSMaP, spasial, temporal, curah hujan ekstrem.

PENDAHULUAN

Bencana banjir yang sering melanda Indonesia memberikan dampak merugikan seperti menimbulkan korban jiwa dan kerusakan yang merugikan baik secara ekonomi, lingkungan dan sosial. Salah satu banjir yang memberi dampak besar adalah banjir Sentani pada 16 dan 17 Maret tahun 2019. Badan Nasional penanggulangan Bencana (BNPB) melaporkan bahwa terdapat 105 orang meninggal dunia dan 160 orang mengalami luka-luka dan berbagai kerusakan bangunan. Selain itu, BNPB juga mencatat bahwa kerugian yang ditimbulkan banjir Sentani mencapai 454 Milyar Rupiah [1,2].

Banjir yang melanda beberapa kawasan di lokasi di kawasan Sentani diakibatkan oleh hujan deras yang berawal pada pukul 17.00 WIT yang turun selama lebih 8 jam dengan curah hujan sangat ekstrem mencapai 235,1 mm/jam [3]. Hujan masih terus berlanjut hingga tengah malam tanggal 16 Maret di hulu sungai Pegunungan Cycloop di Distrik Sentani yang menyebabkan tanah longsor karena menahan alur sungai sehingga dampak banjir ini semakin parah [1]. Daerah yang mengalami dampak yang sangat parah adalah Dobonsolo, Doyobaru dan Hinekombe serta desa-desa disekitarnya.

BNPB juga memperkirakan bahwa terdapat setidaknya tiga penyebab dari banjir Sentani yaitu intensitas curah hujan yang sangat lebat dan berlangsung dalam waktu yang lama, faktor topografi wilayah Sentani terutama kemiringan lereng Pegunungan Cycloops yang merupakan hulu sungai

lebih dari 40 derajat sehingga dapat dengan mudah membawa material ke area hilir yang lebih rendah. Selain itu, terdapat Osilasi Madden-Julian (MJO) yang menyebabkan tingginya intensitas curah hujan pada saat tanggal kejadian [4].

Secara teoritis sebagian daerah Papua termasuk Distrik Sentani merupakan kawasan dengan pola curah hujan monsun yang dicirikan dengan curah hujan yang bersifat unimodial (satu puncak musim hujan). Daerah hujan monsun mengalami musim kering pada bulan Juni, Juli dan Agustus (JJA) dan musim hujan atau bulan basah pada bulan Desember, Januari dan Februari (DJF) dan sisanya merupakan periode peralihan atau pancaroba [5]. Pada dasarnya periode pancaroba seperti saat kejadian banjir Sentani perlu diwaspadai karena menurut Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) pancaroba ditandai dengan beberapa perubahan diantaranya hujan yang turun tiba-tiba secara sporadis (tidak merata) dengan intensitas hujan sedang sampai lebat dalam durasi singkat serta disertai banyaknya petir dan terjadi angin kencang [6]. Meskipun secara teoritis merupakan kawasan dengan pola hujan monsun, pola hujan di Indonesia mengalami variasi yang kuat akibat distribusi laut dan topografi wilayah yang berperan memodifikasi sistem reguler monsun sehingga menghasilkan pola hujan yang spesifik [7]. Chang dkk. [8] juga menyimpulkan bahwa area belt ekuatorial 5°LU - 5°LS di kepulauan Indonesia adalah area di mana terjadi modifikasi siklus hujan annual dan semi-annual secara kuat. Selain itu, fenomena tahunan antar tahunan seperti *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) [9] dan *Madden-Julian Oscillation* [10] juga turut berkontribusi terhadap kompleksnya sistem curah hujan di wilayah ini.

Kondisi topografi pulau Papua secara umum yang beragam dimana terdapat pegunungan Jayawijaya yang membentang bagian tengah pulau menyebabkan siklus diurnal curah hujan yang unik. Propagasi curah hujan diurnal ini dipengaruhi oleh pola musiman berupa angin baratan dan baratan [11]. Begitupun di Distrik Sentani yang berbatasan dengan Pegunungan Cycloop yang memanjang secara lokal dan berhadapan langsung dengan laut dapat menghasilkan variasi pola hujan yang spesifik [7]. Kondisi topografi lokal yang dipengaruhi oleh fenomena-fenomena musiman hingga antar tahunan dapat menyebabkan karakteristik hujan yang bervariasi termasuk kejadian-kejadian hujan ekstrem yang dapat memicu terjadinya banjir. Sehingga menarik untuk dikaji bagaimana kondisi curah hujan yang terjadi pada saat kejadian banjir. Penelitian ini akan menganalisis karakteristik curah hujan baik secara spasial maupun temporal saat banjir Sentani tanggal 16-17 Maret 2019.

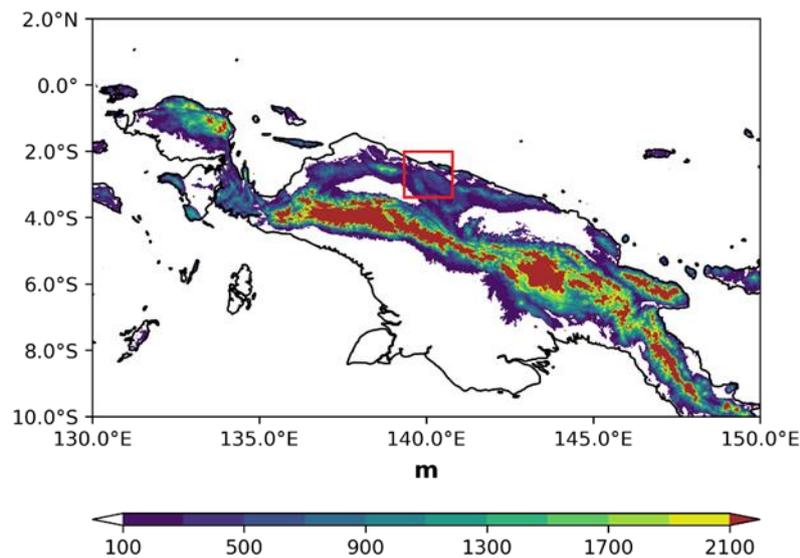
METODOLOGI

Wilayah kajian pada penelitian ini yaitu Distrik Sentani yang merupakan ibukota dari Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. Sentani berada di sekitar bagian utara Kabupaten Jayapura seperti terlihat pada Gambar 1. Secara umum Papua merupakan wilayah yang memiliki topografi daerah yang bervariasi. Dibagian tengah terdapat pegunungan yang membujur dari 135°BT hingga perbatasan dengan Papua Nugini di 141°BT . Ketinggian pegunungan tersebut sekitar 1000 hingga lebih dari 3000m [14]. Adapun Distrik Sentani berbatasan dengan Pegunungan Cycloop dibagian utara yang berhadapan langsung dengan laut serta memiliki Danau Sentani dibagian lerengnya [12].

Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari pengamatan in-situ dan satelit. Data curah hujan observasi yang digunakan yaitu data curah hujan harian dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) pada tanggal 15 Maret hingga 20 Maret 2019 di tiga stasiun yang terletak di sekitar Sentani (Stasiun Meteorologi Sentani, Stasiun Klimatologi Jayapura, dan Stasiun Dok II Jayapura). Adapun data tersebut dapat diperoleh melalui <https://dataonline.bmkg.go.id/>. Sedangkan untuk melakukan analisis karakteristik spasial dan temporal curah hujan pada kejadian banjir Sentani, digunakan data curah hujan per jam dari *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) dengan resolusi spasial $0,1^{\circ}\times 0,1^{\circ}$ yang dapat diunduh dari <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>. GSMaP merupakan sebuah satelit yang mengestimasi curah hujan berdasarkan parameter-parameter kecerahan temperatur yang dikonversi menjadi informasi tetes awan dan reflektivitas dari partikel-partikel es [13]. Dalam penelitian ini, produk GSMaP yang digunakan adalah data GSMaP *near real time* (NRT).

Analisis karakteristik curah hujan dalam penelitian ini berfokus pada analisis spasial dan temporal sebelum, saat, dan setelah terjadinya banjir. Metode analisis deskriptif digunakan melalui interpretasi

gambar untuk melihat distribusi spasial curah hujan pada periode tersebut. Adapun untuk melakukan analisis temporal, dilakukan perata-rataan nilai curah hujan perjam GSMaP yang meliputi wilayah kabupaten Sentani yaitu sepanjang $2,5^{\circ}$ – $2,63^{\circ}$ LS dan $140,47^{\circ}$ – $140,55^{\circ}$ BT. Selanjutnya, penelitian ini juga mengaplikasikan metode hovmoller untuk mengetahui propagasi atau pergerakan hujannya.



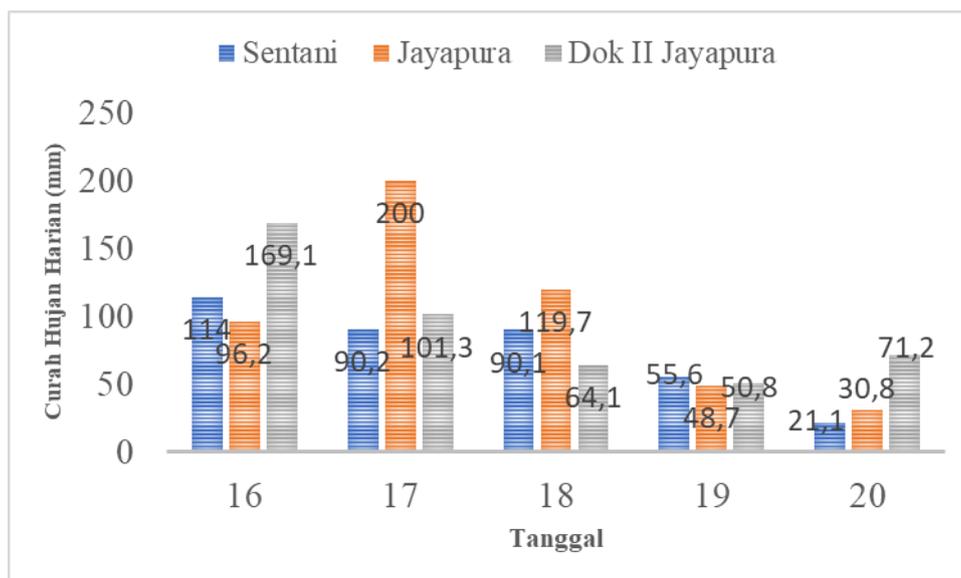
GAMBAR 1. Peta Topografi pulau Papua

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan Harian Observasi

Curah hujan harian dari data observasi BMKG digunakan untuk melihat karakteristik hujan sebelum, saat, dan setelah terjadinya banjir di Distrik Sentani. Gambar 2 menunjukkan curah hujan harian di tiga stasiun BMKG yang terletak di sekitar wilayah Kabupaten Jayapura yaitu Stasiun Meteorologi Sentani, Meteorologi Dok II Jayapura, dan Klimatologi Jayapura pada tanggal 16–20 Maret 2019. Dari ketiga stasiun tersebut dapat terlihat bahwa hujan dengan intensitas lebih dari 50mm/hari terjadi selama tiga hari berturut-turut (tanggal 16 hingga 18 Maret 2019). Berdasarkan klasifikasi curah hujan BMKG, kondisi ini termasuk kondisi lebat hingga ekstrem. Hujan lebat didefinisikan apabila terdapat intensitas curah hujan 51–100 mm/hari, sedangkan intensitas curah hujan >100 mm/hari dikategorikan sebagai hujan sangat lebat [15].

Pada saat terjadi banjir pada tanggal 16 maret 2019 malam, curah hujan harian di tiga stasiun menunjukkan kondisi ekstrem yaitu 114 mm/hari, 96,2 mm/hari, dan 169,1 mm/hari di Stasiun Meteorologi Sentani, Klimatologi Jayapura, dan Dok II Jayapura secara berturut-turut. Di Stasiun Sentani dan Dok II Jayapura, curah hujan ini merupakan nilai tertinggi dalam lima hari periode pengamatan (16–20 Maret 2019). Kemudian intensitas curah hujan di kedua stasiun tersebut menurun hingga beberapa hari selanjutnya. Sedangkan di Stasiun Jayapura, puncak curah hujan terjadi pada tanggal 17 Maret 2019 yang mencapai 200 mm/hari. Pada hari-hari selanjutnya, intensitas curah hujan cenderung menurun. Dapat disimpulkan bahwa berdasarkan data curah hujan observasi, hujan lebat hingga ekstrem tidak hanya terjadi pada saat terjadi banjir yaitu tanggal 16 Maret 2019, tetapi juga terjadi hingga tanggal 18 Maret 2019.

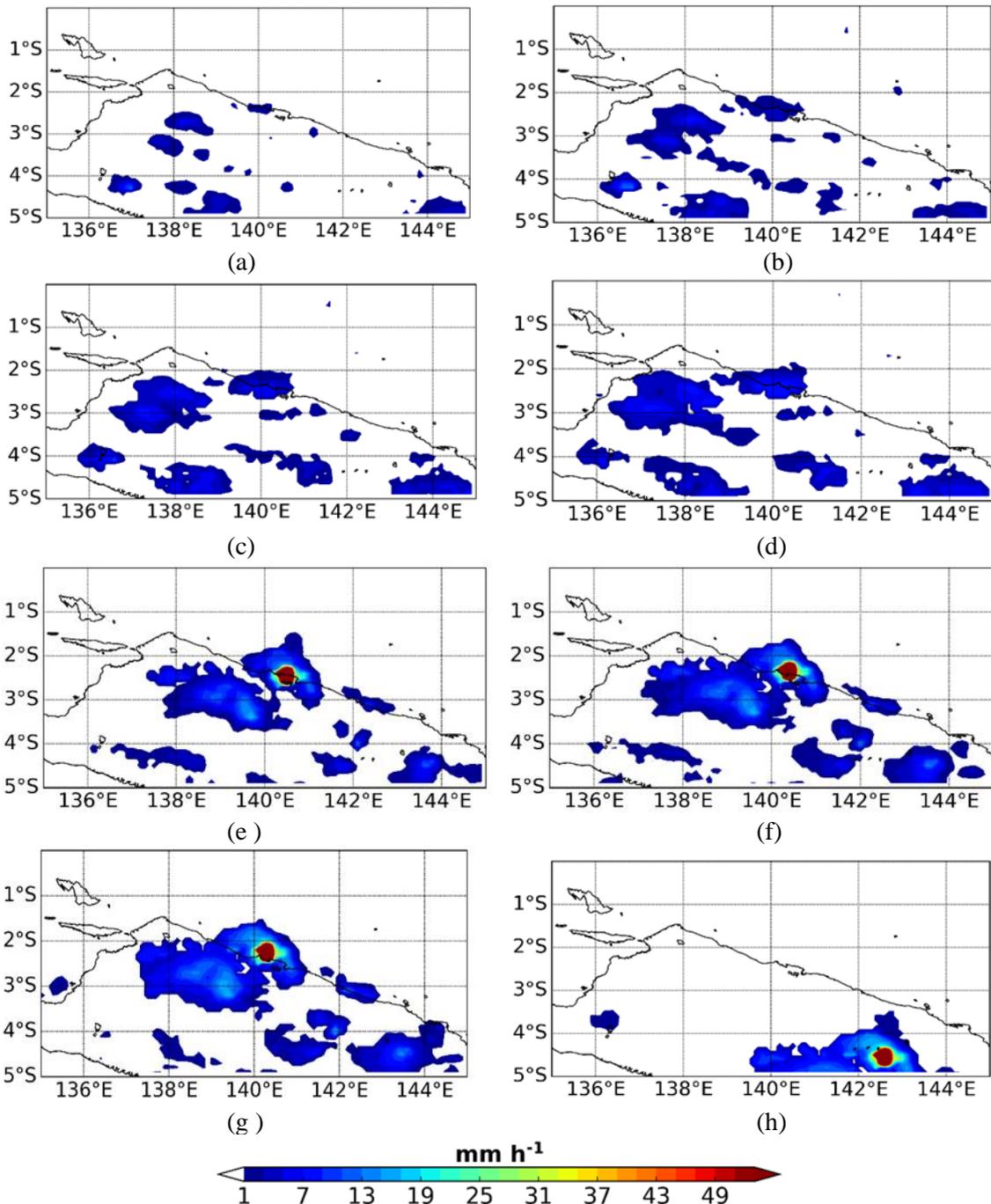


GAMBAR 2. Curah hujan harian observasi di beberapa stasiun BMKG tanggal 16–20 Maret 2019

Distribusi Spasial Curah Hujan

GAMBAR 3 (a-h) menunjukkan distribusi spasial curah hujan perjam dari *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) di wilayah Papua pada tanggal 16 Maret 2019. Sejak pukul 16.00WIT hujan sudah terjadi di beberapa wilayah di Papua terutama di bagian tengah pulau yang merupakan pegunungan. Kondisi ini berkaitan dengan pola curah hujan diurnal di Papua dimana pada sore hari hujan banyak terjadi di wilayah pegunungan yang kemudian akan bergerak ke utara dan selatan pulau menuju laut bergantung angin baratan atau timuran [11]. Menariknya, hujan di sore hari ini tidak hanya terjadi di bagian tengah pulau, tetapi juga sudah mulai terlihat di pantai bagian utara pegunungan Cycloop atau bagian utara Distrik Sentani dengan intensitas sekitar 5mm/jam (GAMBAR 3-a). Kondisi ini semakin meluas hingga sekitar pukul 19.00 seperti terlihat pada GAMBAR 3-d. Kemudian intensitas curah hujan meningkat drastis hingga lebih dari 50 mm/jam mulai pukul 20.00 WIT di sekitar pegunungan Cycloop dan Distrik Sentani (GAMBAR 3-e). Kondisi ini bertahan hingga dua jam ke depan sekitar pukul 22.00 WIT. Berdasarkan kriteria curah hujan BMKG, kondisi ini termasuk ke dalam curah hujan ekstrem dimana hujan dengan intensitas >20mm/jam dikategorikan sebagai hujan ekstrem [15].

Hujan kategori ekstrem tidak hanya terjadi di sekitar pegunungan Cycloop tetapi juga meluas ke selatan dan barat serta pantai bagian utara pegunungan, terutama pada pukul 20.00–22.00 WIT. Puncak hujan di pegunungan Cycloop ini (curah hujan >50mm/jam) cenderung bergerak ke pantai menuju laut bagian utara pegunungan Cycloop. Sedangkan di bagian selatan dan barat Sentani, hujan terdistribusi merata dengan intensitas yang lebih kecil berkisar antara 7–20 mm/jam. Kondisi hujan ekstrem pada tanggal 16 Maret 2019 ini hanya terjadi hingga pukul 22.00 WIT. Sejak pukul 23.00 WIT, tidak terdapat hujan di wilayah Sentani dan sekitarnya seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 3-h. Secara umum, terlihat bahwa hujan di sekitar Distrik Sentani dan pegunungan Cycloop terjadi sejak sore hari dan mengalami peningkatan secara tiba-tiba mulai pukul 20.00 WIT dan bertahan hingga dua jam kedepan dengan intensitas lebih dari 50mm/jam



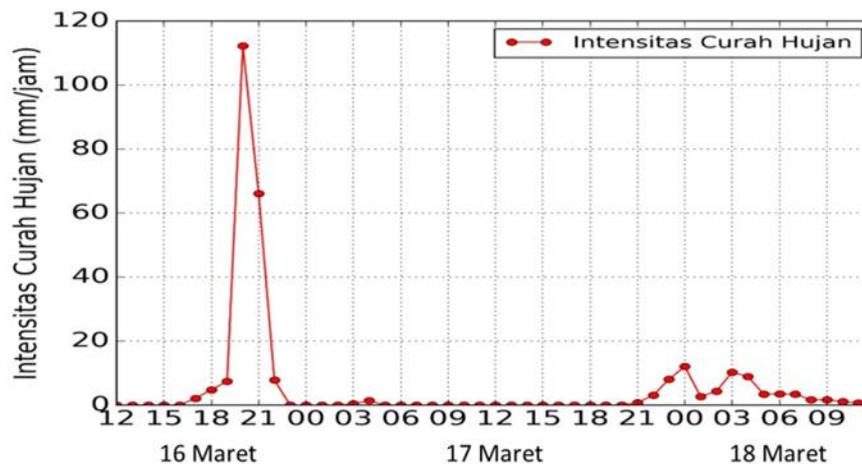
GAMBAR 3. Curah hujan spasial (mm/jam) berdasarkan data *Global Satellite Mapping of Precipitation* GSMaP tanggal 16 Maret 2019 pukul (a) 16.00 WIT, (b) 17.00 WIT, (c) 18.00 WIT, (d) 19.00 WIT, (e) 20.00 WIT, (f) 21.00 WIT, (g) 22.00 WIT, dan (h) 23.00 WIT

Analisis Temporal Curah Hujan

Wilayah Sentani terdapat di kaki Pegunungan Cycloop bagian selatan yang berhadapan langsung dengan Danau Sentani. Untuk melihat pola temporal curah hujan selama kejadian banjir, dilakukan perata-rataan curah hujan perjam dari GSMaP sepanjang $2,5^{\circ}$ – $2,63^{\circ}$ LS dan $140,47^{\circ}$ – $140,55^{\circ}$ BT seperti terlihat pada gambar 4. Sesuai dengan pola spasialnya, hujan mulai terjadi sekitar pukul 16.00 WIT tanggal 16 Maret 2019 dengan intensitas sekitar 5 mm/jam. Intensitas curah hujan meningkat secara perlahan hingga pukul 19.00 WIT yang mencapai sekitar 10 mm/jam. Pada pukul 20.00 WIT

terdapat kenaikan intensitas curah hujan secara signifikan yang mencapai sekitar 115 mm/jam. Kemudian intensitas hujan kembali menurun menuju sekitar 70mm/jam pada pukul 21.00 WIT dan 5 mm/jam pada pukul 22.00WIT. Kenaikan curah hujan yang drastis dalam durasi yang singkat ini menyebabkan terjadinya banjir bandang di wilayah Sentani. Kondisi topografi berupa pegunungan ini juga memicu terjadinya longsor di beberapa titik yang membendung sungai dari bagian hulu Sentani.

Sejak pukul 23.00 WIT tanggal 16 Maret, tidak terdapat hujan di wilayah Sentani. Kondisi ini bertahan hingga tanggal 17 Maret malam hari. Sekitar pukul 22.00 WIT hujan kembali terjadi dengan intensitas kurang dari 5mm/jam dan meningkat hingga mencapai sekitar 15mm/jam pada tanggal 18 Maret 2019 pukul 00.00 WIT. Fluktuasi curah hujan terjadi hingga sekitar pukul 08.00 WIT sebelum kemudian hujan tidak terjadi hingga keesokan harinya. Berdasarkan analisis temporal curah hujan, secara umum dapat dilihat bahwa terdapat pola diurnal curah hujan yang unik selama periode banjir ini yaitu hujan terjadi dari malam hingga dini hari.



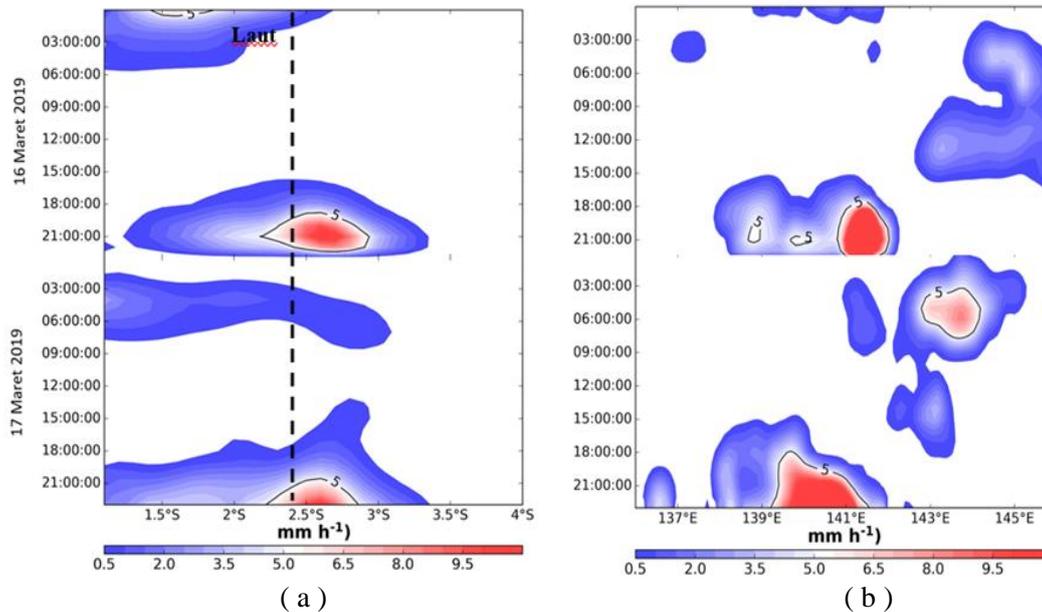
GAMBAR 4. Rerata curah hujan perjam dari GSMaP sepanjang $2,5^{\circ} - 2,63^{\circ}$ LS dan $140,47^{\circ} - 140,55^{\circ}$ BT pada tanggal 16 – 17 Maret 2019

Propagasi Curah Hujan

GAMBAR 5 (a-b) merupakan *meridional-time slice* sepanjang $135^{\circ}-145^{\circ}$ BT dan *zonal-time slice* di wilayah $2,3^{\circ}-2,7^{\circ}$ LS pada tanggal 16–17 Maret 2019. Hujan menyebar di laut bagian utara distrik Sentani sejak tengah malam tanggal 15 hingga pagi hari tanggal 16 Maret 2019. Seperti analisis spasiotemporal pada bagian sebelumnya, hujan tanggal 16 Maret 2019 mulai terjadi pada sore hari sekitar pukul 16.00 WIT di wilayah pantai. Kemudian hujan bergerak secara sporadis ke wilayah daratan dan laut hingga sekitar pukul 22.00 WIT. Adapun puncak curah hujan terjadi di bagian selatan pantai atau sekitar Pegunungan Cycloop sekitar pukul 19.00–22.00 WIT (GAMBAR 5-a). Sedangkan pada dini hari hingga pagi tanggal 17 Maret 2019, hujan hanya terjadi di sekitar laut bagian utara Pegunungan Cycloop dengan intensitas yang rendah yaitu sekitar 1–4 mm/jam. Sama seperti pola pergerakan hujan pada hari sebelumnya, hujan tanggal 17 Maret 2019 mulai terjadi 18.00 WIT yang menyebar di sekitar Pegunungan Cycloop dan laut di bagian utara pegunungan. Puncak hujan terjadi di sekitar pegunungan sekitar pukul 22.00 hingga dini hari keesokan harinya. Berdasarkan diagram *hovmoller* tersebut tidak terdapat pola propagasi hujan yang jelas karena hujan cenderung terjadi secara menyebar dalam waktu yang relatif singkat.

Propagasi hujan dalam arah meridional ditunjukkan pada GAMBAR 5-b dimana hujan terjadi sejak pagi hari hingga sore hari tanggal 16 Maret 2019 di bagian timur wilayah Sentani. Hujan kembali terjadi dengan menyebar di sekitar wilayah Sentani ($138^{\circ}-143^{\circ}$ BT) dimana puncak curah hujan terkonsentrasi di sekitar 141° BT selama 3 jam (19.00–22.00 WIT). Adapun pada tanggal 17 Maret 2019, hujan sudah terjadi sejak dini hari di bagian timur distrik Sentani hingga sore hari. Sedangkan di sekitar pegunungan Cycloop dan Distrik Sentani, hujan kembali terjadi pada sore hingga tengah malam dengan puncak curah hujan yang lebih meluas dibandingkan pada hari sebelumnya. Secara umum, pergerakan hujan saat banjir di Sentani terjadi secara menyebar disekitar

Pegunungan Cycloop dan distrik Sentani pada sore hingga malam hari dengan puncak hujan sekitar pukul 19.00 – 22.00 WIT.



GAMBAR 5. Diagram Hovmoller Curah Hujan GSMaP tanggal 16 dan 17 Maret 2019 sepanjang (a) 135° - 145° BT dan (b) 2,3° - 2,7° LS

SIMPULAN

Berdasarkan data curah hujan in-situ BMKG, hujan lebat hingga ekstrem terjadi tidak hanya saat terjadi banjir tanggal 16 Maret 2019 tetapi hingga tanggal 18 Maret 2019 dengan intensitas lebih dari 50 mm/hari. Adapun curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 16 Maret 2019 di Stasiun Sentani dan Stasiun Jayapura yang mencapai nilai secara berurutan 114 mm/hari dan 169,1 mm/hari, sedangkan di Stasiun Dok II Jayapura puncak curah hujan terjadi pada tanggal 17 Maret dengan intensitas 200mm/hari.

Pada saat terjadi banjir tanggal 16 Maret 2019, hujan mulai terjadi sejak sore hari di sekitar pantai atau bagian utara pegunungan Cycloop dengan intensitas sekitar 5mm/hari. Pada pukul 20.00WIT terjadi peningkatan curah hujan secara drastis dengan intensitas lebih dari 50mm/jam yang menyebar di sekitar pegunungan Cycloop dan pantai di bagian utara pegunungan. Kondisi ini bertahan sekitar tiga jam hingga pukul 22.00 WIT. Selain itu, hujan juga menyebar ke barat dan selatan Sentani dan pegunungan Cycloop dengan intensitas yang lebih rendah. Begitupun analisis temporalnya menunjukkan bahwa peningkatan intensitas curah hujan terjadi secara tiba-tiba dari jam 19.00 hingga 20.00 dengan kenaikan sekitar 100mm/jam, kemudian kembali mengalami penurunan menuju 70 mm/jam pada pukul 21.00 dan 15mm/jam pada pukul 22.00. Peningkatan curah hujan secara signifikan dan terkonsentrasi di sekitar pegunungan Cycloop selama beberapa jam pada malam hari ini memicu terjadinya banjir di wilayah Sentani. Kondisi topografi Sentani yang berada di kaki pegunungan bagian selatan pegunungan Cycloop juga menyebabkan material-material longsor dari hulu sungai terbawa membendung aliran sungai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional yang telah memberikan dukungan dalam proses penelitian dan penulisan ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) yang telah menyediakan data curah hujan harian observasi melalui laman dataonline.bmkg.go.id.

REFERENSI

- [1] R. Fahreza, “BNPB: Kerugian Banjir Bandang di Sentani Capai Rp454 Miliar,” 29 Maret 2019, [Online], Available : <https://news.okezone.com>.
- [2] BNPB, “Korban banjir Sentani terus bertambah,” bnpb.go.id, 2019.
- [3] Z. L. Fajriani, “Kronologi Banjir Bandang Terjang Sentani Jayapura,” 17 Maret 2019, [Online]. Available : <https://news.detik.com>.
- [4] Mujiati *et al.*, “Analysis of Flash Floods Behaviors in Sentani, Jayapura Regency, Papua,” *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 10, pp. 943-946, 2019.
- [5] E. Aldrian and R. D. Susantom, “Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature,” *Int. J. Climatol*, vol. 23, no. 12, pp. 1435-1452, 2003.
- [6] N. C. Yulika, “Waspada Bencana di Musim Pancaroba,” 3 Nopember 2019, [Online]. Available : <https://www.liputan6.com>
- [7] A. Rouw *et al.*, “Analisis Variasi Geografis Pola Hujan di Wilayah Papua,” *Jurnal Tanah dan Iklim*, vol. 38, pp. 25-34, 2014.
- [8] C. P. Chang *et al.*, “Annual cycle of Southeast Asia-Maritime Continent rainfall and the asymmetric monsoon transition,” *J. Climate*, vol. 18, pp. 287-301, 2005.
- [9] Supari *et al.*, “ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia,” *Climate Dynamics*, vol. 51, pp. 2559-2580, 2017.
- [10] R. Hidayat, “Modulation of Indonesian Rainfall Variability by the Madden-Julian Oscillation,” *Procedia Environmental Sciences*, vol. 33, pp. 167-177, 2016.
- [11] H. Ichikawa and T. Yasunari, “Intraseasonal variability in diurnal rainfall over New Guinea and the surrounding oceans during Austral summer,” *Journal of Climate*, vol. 21, pp. 2852-2868, 2007.
- [12] Zhou and Y. Wang, “Tropical Rainfall Measuring Mission observation and regional model study of precipitation diurnal cycle in the New Guinean region,” *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 111, pp. 1-18, 2006.
- [13] Badan Pusat Statistik, “Kabupaten Jayapura Dalam Angka 2020,” [Online]. Available : <https://jayapurakab.bps.go.id/>
- [14] K. Aonashi *et al.*, “GSMaP Passive Microwave Precipitation Retrieval Algorithm: Algorithm and Validation,” *Journal of Meteorology Society of Japan*, vol. 87A, pp. 119-136, 2009, vol. 111, no. D17, doi:10.1029/2006JD007243.
- [15] BMKG, “Probabilistik curah hujan bmkgo,” [Online], Available : <https://www.bmkg.go.id/cuaca/>.
- [16] <https://dataonline.bmkg.go.id/> .