

Potensi Hujan Ekstrem Nusa Tenggara Barat Kaitannya dengan Tropical Cyclone di Samudera Hindia

Suci Agustiarini¹ dan Made Dwi Jendra Putra¹

¹Stasiun Klimatologi Lombok Barat

Abstrak. Siklon tropis merupakan suatu sistem tekanan rendah kuat yang terbentuk di atas perairan laut yang hangat di wilayah lintang rendah dan biasanya ditandai hujan lebat di sekitar wilayah yang dilaluinya. Besarnya potensi hujan lebat bahkan ekstrem tentunya berbeda-beda disetiap wilayah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui wilayah mana saja di sekitar NTB yang berpotensi terjadi hujan lebat hingga ekstrem saat terjadi siklon tropis di sekitar perairan Samudera Hindia bagian barat hingga barat laut, sehingga dapat memberikan peringatan dini sebelum munculnya bencana hidrometeorologi seperti banjir dan longsor sebagai dampak dari siklon tropis tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data curah hujan harian dan data kejadian siklon tropis dalam 10 tahun (2008-2017). Besarnya potensi hujan lebat hingga ekstrem dihitung menggunakan metode komposit seluruh kejadian siklon pada setiap tahapannya yang telah dikategorikan oleh BOM terhadap nilai curah hujan harian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan wilayah yang berpotensi cukup besar terjadi hujan ekstrem saat siklon tropis yaitu sebagian kota Mataram dengan peluang mencapai >15%. Saat dalam tahapan depresi tropis dan badai tropis sebagian Lombok barat bagian selatan, Lombok Utara, Lombok Timur bagian utara, Sumbawa bagian tengah, dan Kota Bima juga berpotensi terjadi hujan ekstrem namun dengan peluang yang sangat kecil yaitu <10%. Siklon tropis yang dapat memicu terjadinya hujan dengan kategori lebat sangat berpeluang ketika masih dalam tahapan depresi tropis dengan wilayah terdampak yang hampir merata di seluruh NTB, namun ketika terus berkembang menjadi siklon tropis maka potensialnya akan semakin meningkat mencapai >30% dan diiringi dengan wilayah terdampak yang semakin kecil.

Kata kunci: siklon tropis, potensi, hujan lebat, hujan ekstrem

Abstract. Tropical cyclone is a powerful low-pressure system that forms over warm ocean waters in low latitudes and is usually characterized by heavy rain around the area in its through. The potential of heavy to extreme rainfall must be different in each region. This study was conducted to determine which areas around NTB are potentially occurred heavy to extreme rainfall during tropical cyclones in west to northwest Indian Ocean, so it can provide early warning before the emergence of hydrometeorological disasters happen such as floods and landslides as the impact of tropical cyclones. The data used in this research are daily rainfall data and tropical cyclone event data in 10 years (2008-2017). The potential for heavy to extreme rainfall is calculated using the composite method throughout the occurrence of cyclones at each stage which has been categorized by the BOM against the value of daily rainfall. The results of this study indicate a large potential area occurring extreme rainfall during tropical cyclones in some parts of Mataram with the probability more than 15%. While in the tropical depression and tropical storms stage some of south side of West Lombok, north side of East Lombok, central side of Sumbawa, and Bima city are also potentially occurred extreme rainfall but with small probability (<10%). Tropical cyclones can trigger the occurrence of heavy rainfall when it is still in tropical depressive stages with the affected areas almost evenly distributed throughout NTB, but when it continues growing into a tropical cyclone its potential will increase more than 30% with less affected areas. **Keywords:** tropical cyclone, potency, heavy rainfall, extreme rainfall.

Pendahuluan

Hujan merupakan suatu parameter cuaca yang sangat mempengaruhi kondisi iklim di suatu wilayah. Perubahan kondisi iklim dapat dideteksi dengan perubahan yang terjadi pada curah hujan di wilayah tersebut (Susilokarti et al, 2015). Curah hujan di setiap wilayah tentunya memiliki karakter yang berbeda. Indonesia merupakan Negara kepulauan, menyebabkan faktor seperti angin darat dan angin laut dapat mempengaruhi karakteristik curah hujan di setiap wilayah di Indonesia. Selain itu letak astronomis Indonesia berada di daerah tropis yang diapit oleh Benua Australia dan Asia serta Samudra Pasifik dan Hindia juga berpengaruh terhadap karakteristik curah hujannya. Fenomena-fenomena yang berpengaruh terhadap peningkatan dan penurunan curah hujan di Indonesia antara lain Monsun Asia-Australia, *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), *Dipole Mode*, *Madden Jullian Oscillation*, *Intertropical Convergence Zone* dan *Tropical Cyclone* (TC).

TC merupakan sistem tekanan rendah yang kuat yang terbentuk di atas perairan laut yang hangat di wilayah lintang rendah (Fink dan Speth, 1998). TC ditandai dengan pusaran angin kencang yang bergerak dengan radius 150 hingga 250 km, di mana pada lapisan troposfer kecepatan maksimum terjadi pada radius 20-60 km, sedangkan mencapai radius 250 km kecepatannya merupakan kecepatan minimum (Mallen et al, 2004). Selain itu juga TC biasanya ditandai hujan lebat disekitar wilayah yang dilaluinya. Daerah pertumbuhan TC mencakup seluruh wilayah lautan di dunia. Wilayah Indonesia bagian timur hingga timur laut berbatasan langsung dengan samudera pasifik barat di mana TC yang terbentuk pada perairan ini disebut *typhoon* sedangkan TC yang mungkin dilalui wilayah Indonesia bagian barat hingga barat daya adalah TC yang terbentuk di perairan Samudera Hindia selatan sebelah barat. Berdasarkan daerah pertumbuhannya, terdapat perbedaan penyebutan TC yaitu *Hurricane* dan *Typhoon*. *Hurricane* yaitu siklon tropis yang terjadi di wilayah Samudera Atlantik utara atau Pasifik timur hingga timur laut, *typhoon* yaitu siklon tropis yang terjadi di pasifik barat hingga barat laut (BMKG, 2018).

Berdasarkan kecepatan maksimum yang dicapai selama periode tertentu dalam proses pembentukannya, TC dikategorikan menjadi *Tropical Disturbance* (gangguan tropis), *Tropical Depression* (depresi tropis), *Tropical Storm* (badai tropis), dan *Tropical Cyclone* (siklon tropis). Dalam ESCI 344 – Tropical Meteorology, *tropical disturbance* yaitu ketika kecepatan angin mencapai 16 knot, kemudian menjadi *tropical depression* (TD) yaitu ketika kecepatan meningkat menjadi 20 hingga 33 knot. *Tropical storm* terbagi

menjadi dua tahap yaitu *moderate tropical storm* (badai tropis sedang) ketika kecepatan maksimum mencapai 34-47 knot dan *severe tropical storm* (badai tropis berbahaya) ketika mencapai 47 hingga 63 knot, kemudian menjadi TC ketika kecepatan mencapai ≥ 64 knot, namun ketika kecepatan bertambah hingga 90-115 knot TC disebut *intense tropical cyclone* dan ≥ 120 knot disebut *very intense tropical cyclone*.

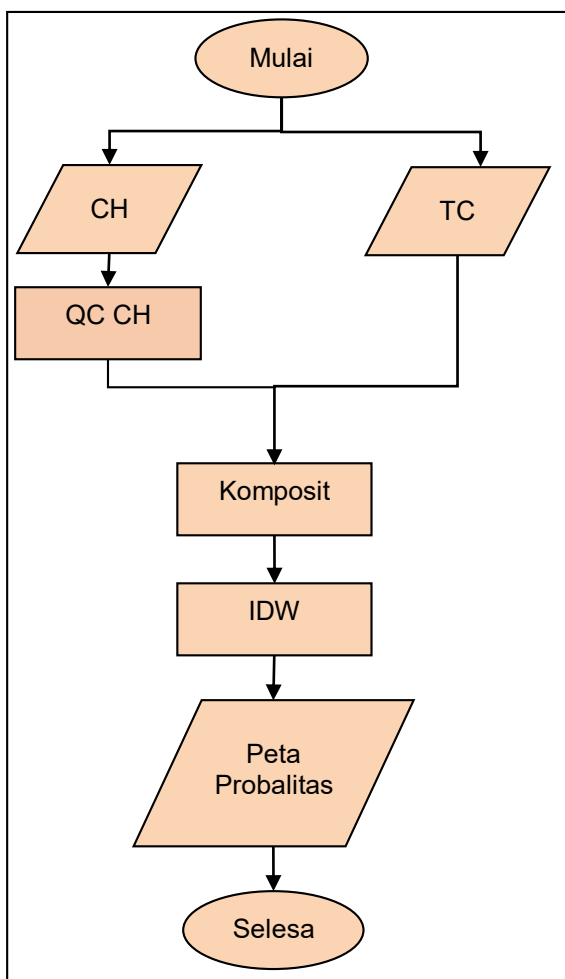
Bureau of Meteorology merupakan lembaga meteorologi Australia yang memberikan informasi peringatan TC sekitar Australia dan Samudera Hindia di selatan Indonesia tepatnya sebagai *Tropical Cyclone Warning Center Perth*, Darwin, Brisbane. BOM merupakan sumber data untuk *International Best Track for Climate* (IBTraACS) yaitu posisi wilayah yang dilalui dan intensitasnya. Pada periode 1850-2007 kejadian badai tropis yang tercatat di wilayah Samudera Hindia semakin meningkat hingga 200 kejadian dalam 10 tahun dengan kecepatan rata-rata 10 menit (MSW) pernah mencapai 126 knot (Kenneth et al, 2009)

Tjasyono (2000) menyebutkan bahwa siklon tropis dominan terbentuk pada daerah antara 10 hingga 20 dari equator (65%), sedikit sekali ($\pm 13\%$) muncul pada lintang di atas 22, dan tidak muncul pada wilayah 4 dari ekuator. *Tropical cyclone* biasanya terjadi pada saat awal musim gugur dan akhir musim panas, meskipun di Pasifik utara bagian barat siklon tropis dapat terjadi pada bulan apa saja. Dampak yang ditimbulkan oleh siklon tropis tidak hanya terjadi di lautan saja namun juga dapat berdampak di daratan. Di laut, siklon tropis dapat menyebabkan gelombang tinggi, angin kencang disertai hujan deras yang sangat membahayakan pelayaran. Di darat, siklon tropis dapat memicu bencana hidrometeorologi seperti banjir, tanah longsor, banjir rob, erosi, serta abrasi akibat hujan deras dan gelombang tinggi selain itu juga angin kencang yang menghancurkan. Secara kualitatif TC memiliki keterkaitan yang cukup signifikan dengan kejadian gelombang tinggi, banjir dan angin kencang (puting beliung) yang terjadi di Selatan Jawa Hingga Nusa Tenggara saat terjadi siklon tropis Hondo, Ivan, dan 17S tahun 2008 (Suryantoro, 2008). Secara global kecenderungan peningkatan curah hujan semakin besar, dan diproyeksikan peningkatannya mencapai 20% pada daerah yang berjarak 100 km dari pusat siklon (Knutso et al, 2010). Dyahwathi (2007) menyebutkan, saat terjadi di Samudera Hindia bagian selatan tahun 2004 wilayah sekitar Halim dan Cilacap Jawa Barat, Banyuwangi Jawa Timur, Sumbawa dan Bima NTB serta Kupang NTT terjadi peningkatan curah hujan yang mencapai 47% dari kondisi normalnya. Widiyani (2012), menambahkan pada potensi curah hujan tertinggi terjadi pada saat siklon dewasa dan menurun ketika siklon melemah, meskipun pada saat tahap

depresi kondisi curah hujan tidak teratur, sedangkan curah hujan yang tinggi di Indonesia terjadi pada tahap awal pembentukan siklon. Adapun nilai curah hujannya akan bervariasi pada setiap daerah dalam satu kejadian.

Dalam penelitian ini akan diidentifikasi dampak siklon tropis terhadap curah hujan disekitar wilayah Nusa Tenggara Barat pada saat siklon mulai tumbuh hingga meluruh. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui wilayah mana saja disekitar NTB yang mengalami peningkatan curah hujan saat terjadi siklon tropis disekitar perairan Samudera Hindia bagian barat hingga barat laut serta bagaimana pola dinamis atmosfer yang terjadi, sehingga diharapkan dapat memberikan peringatan dini sebelum munculnya bencana hidrometeorologi seperti banjir dan longsor sebagai dampak dari siklon tropis tersebut. Dengan demikian diharapkan dapat menekan dampak buruk serta kerugian yang mungkin terjadi.

Metodologi



Gambar 1. Diagram Alir

Dalam penelitian ini data yang digunakan yaitu data curah hujan harian dan data kejadian siklon tropis 10 tahun terakhir yaitu tahun 2008-2017. Data curah hujan diperoleh dari Stasiun Klimatologi Lombok Barat dengan menggunakan data 63 pos hujan yang tersebar di Nusa Tenggara Barat. Data kejadian siklon tropis di Samudera Hindia bagian barat hingga barat laut yaitu 105 BT – 130 BT dan 6 LS – 15 LS yang diperoleh dari laporan siklon tropis Bureau of Meteorological (BOM). Jumlah kejadian pada setiap kategori siklon tropis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kejadian siklon tropis tahun 2008 - 2017

Kategori	Jumlah Kejadian (hari)
Depresi Tropis	64
Badai Tropis	24
Siklon Tropis	6

Data curah hujan terlebih dahulu dilakukan kendali mutu, untuk memastikan data tersebut baik untuk dianalisis. Metode yang diterapkan dalam kendali mutu (*quality control*) yaitu dengan menghitung nilai pencilan (outlier) pada setiap kejadian (n) secara *spatial* (Zhang et al, 1999). Besarnya nilai pencilan diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebaran data/quartile, yaitu kuartil 1 (Q1) dan kuartil 3 (Q3) seperti rumus berikut :

$$\text{Upper Limit} = Q3 + 5(Q3-Q1) \dots\dots (1)$$

Besarnya peningkatan curah hujan dihitung menggunakan metode komposit seluruh kejadian siklon pada setiap tahapannya yang telah dikategorikan oleh BOM terhadap nilai curah hujan harian yaitu :

1. *Tropical depression* (TD) ketika kecepatannya mencapai 20-33 knot dalam intensitas TC BOM tahapan ini belum memiliki tingkatan katagori
2. *Tropical storm* (TS) ketika kecepatannya mencapai 34-63 knot, dalam intensitas TC BOM tahapan ini berada pada katagori 1 dan 2
3. *Tropical cyclone* (TC) ketika kecepatannya mencapai ≥ 64 knot, dalam intensitas TC BOM tahapan ini berada pada katagori 3-5

Teknik komposit curah hujan yang diterapkan mengikuti komposit setiap kejadian dari lima parameter siklon yang diteliti oleh Ritchie, et.al (1999) untuk melihat keaktifan berkembangnya *mesoscale convective system* (MCS) pada setiap proses pertumbuhan siklon. Oleh karena itu pada penelitian ini kejadian curah hujan pada batas 20 mm, 50 mm, dan 100 mm pada setiap tahapan kejadian siklon tropis akan dikompositkan untuk

mendapatkan besarnya peluang munculnya kejadian hujan pada masing-masing batas yang ditentukan, teknik komposit tersebut dirumuskan sebagai berikut:

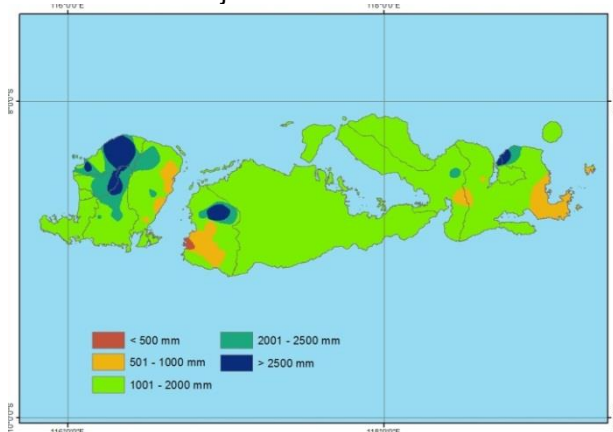
$$C_{i,j} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (A_{i,j})^n \dots \dots (2)$$

Di mana $(A_{i,j})^n$ adalah nilai dari curah hujan harian disetiap pos hujan (i) pada setiap tahapan siklontropis (j) dan N adalah jumlah data curah hujan pada setiap kejadian. Langkah-langkah pengerjaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisis kondisi dinamika atmosfer dilakukan dengan melihat jalur (track) siklon tropis, curah hujan, dan angin, sehingga diketahui hujan ekstrem yang terjadi akibat adanya pola *konvergensi/shear* pada 3 kejadian siklon. Kejadian siklon dipilih berdasarkan nilai curah hujan tertinggi yang dihasilkan selama periode penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Secara umum rata-rata curah hujan tahunan (2008-2017) di Nusa Tenggara Barat berkisar 1000 – 2000 mm/tahun. Curah hujan terbesar terjadi di sekitar Brang Rea, Sumbawa Barat dengan rata-rata curah hujan tahunan mencapai 3150 mm, sedangkan terkecil terjadi di sekitar Muluk, Sumbawa Barat. sebagian wilayah Lombok Utara, Lombok Timur, Lombok Tengah, dan kabupaten Bima memiliki rata-rata curah hujan tahunan berkisar 2000 mm hingga melebihi 2500 mm per tahun. Gambar 2 menunjukkan sebaran rata-rata curah hujan tahunan di NTB.



Gambar 2. Distribusi Curah Hujan Tahunan di Nusa Tenggara Barat

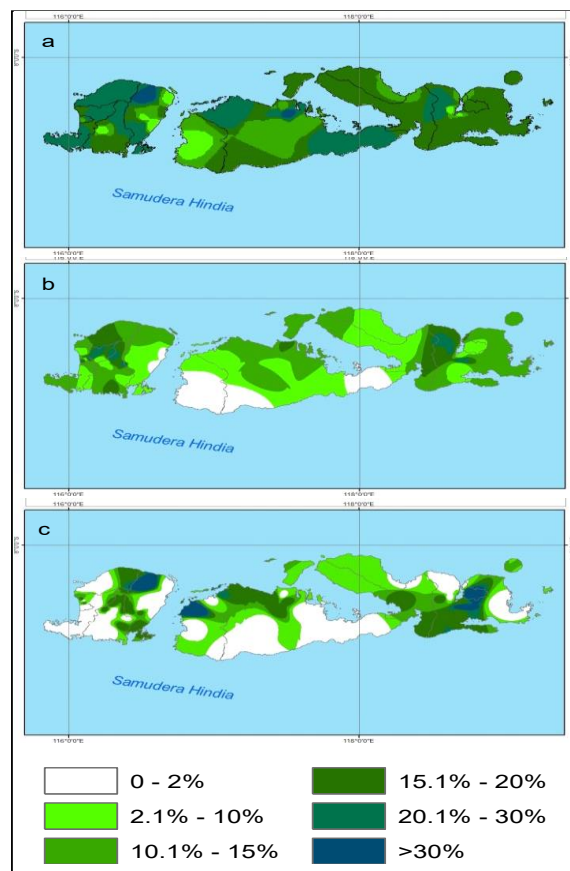
Kendali Mutu Data Hujan

Tabel 2. Kendali mutu data

Nama Pos	Tanggal	Upper Limit	Nilai CH	QC
Sambalia	19/01/2010	54	100	54
Belo	22/01/2011	44	87	44
Sigerongan	22/11/2013	6	53	6
D. Sumbawa	20/03/2014	112	120	112
Soromandi	27/04/2015	138	166	138
D. Sumbawa	25/12/2015	74	90	74

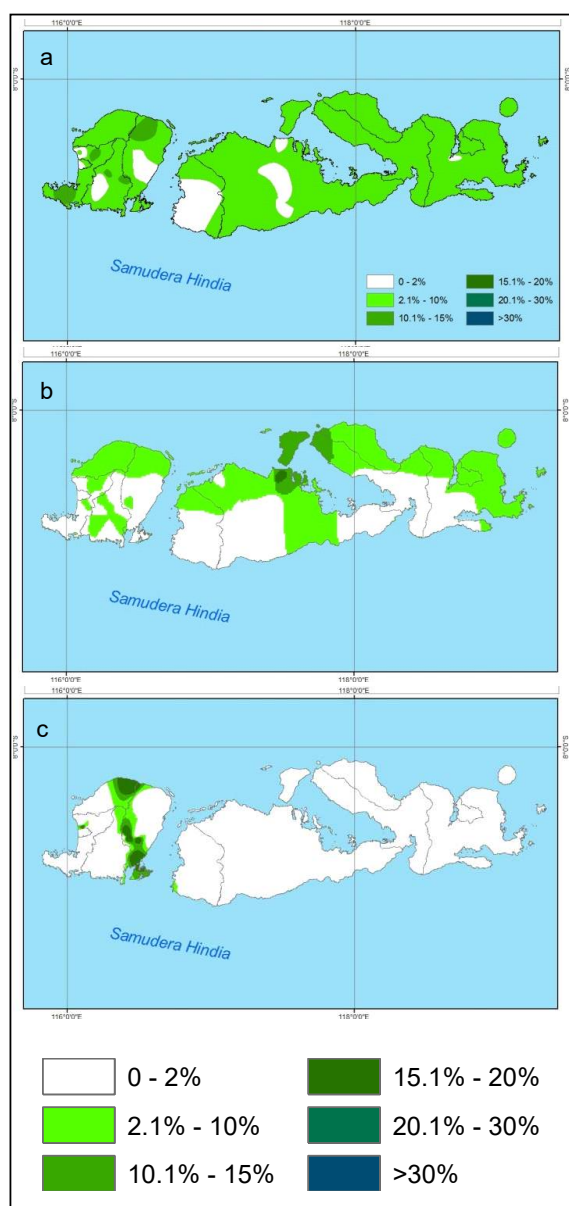
Data curah hujan harian yang digunakan dalam analisis ini menunjukkan kualitas data yang baik, hal tersebut terlihat dari sedikitnya data yang diduga salah (*suspect data*). Dalam 108 kejadian TD, TS dan TC hanya terjadi 6 kali data *suspect* yang terjadi pada 1 pos hujan selama 6 hari kejadian. Dalam hal ini QC dilakukan dengan mengganti data suspect tersebut dengan nilai batas atasnya. Adapun data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Analisis Potensi Hujan Terkait Siklon tropis



Gambar 3. Peluang curah hujan > 20 mm/hari

Secara umum TC di belahan bumi selatan terjadi pada saat matahari berada di selatan equator yaitu Oktober hingga April. Berdasarkan total kejadian siklon tropis yang diteliti pada seluruh tahapannya, 54% kejadian siklon tropis terjadi pada musim DJF (Desember Januari Februari), 36% terjadi pada MAM (Maret April Mei), dan 10% terjadi pada SON (September Oktober November). Kondisi tersebut menunjukkan variabilitas curah hujan musiman di Nusa Tenggara Barat yang diakibatkan oleh siklon tropis, terjadi disaat musim hujan hingga awal musim kemarau. Sebagian besar wilayah Nusa Tenggara Barat merupakan wilayah zona musim (ZOM) yang artinya monsun mengambil peran yang banyak dalam curah hujan di NTB sehingga ketika monsun baratan aktif wilayah NTB berpotensi terjadi hujan dengan intensitas yang berbeda-beda setiap harinya.



Gambar 4. Peluang curah hujan > 50 mm/hari

Kemunculan *tropical cyclone* dapat meningkatkan intensitas curah hujan, bahkan untuk wilayah NTB peningkatannya dapat mencapai 47% (Dyahwathi, 2007). Pada penelitian ini ditemukan adanya peluang kejadian hujan ekstrem ($CH > 100$ mm/hari) mencapai 20% di sebagian kecil Pulau Lombok. Peluang kejadian hujan sedang hingga sangat lebat atau ekstrem berbeda-beda pada setiap wilayah di NTB. Gambar 3 menunjukkan peluang kejadian hujan dengan $CH > 20$ mm/hari pada saat (a) depresi tropis, (b) badai tropis, (c) siklon tropis.

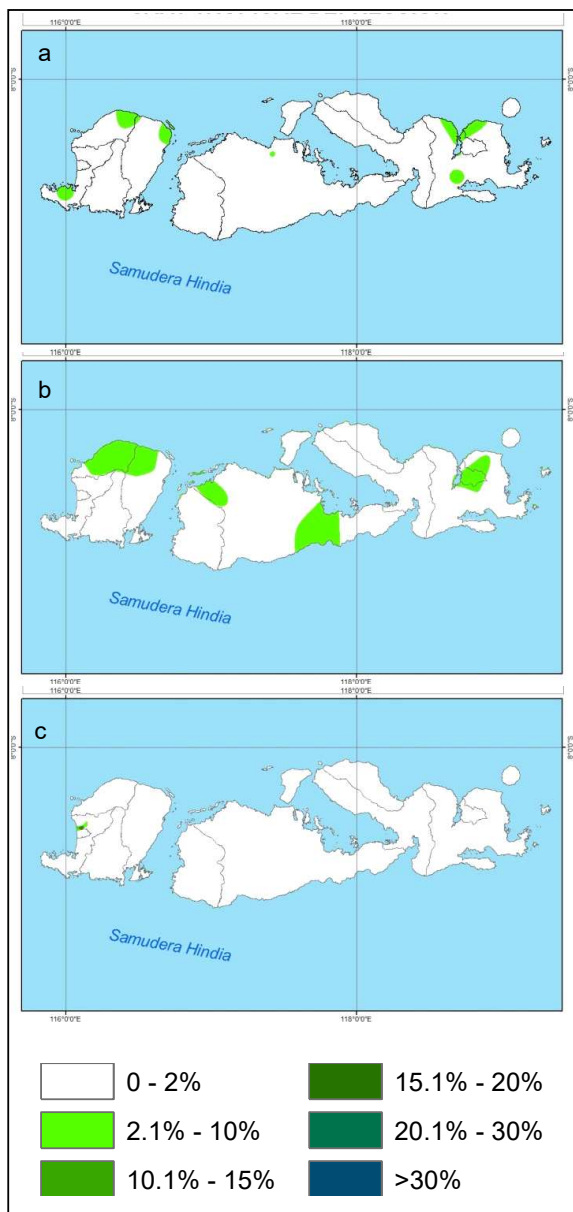
Pada saat terjadi TD di Samudera Hindia tepatnya di selatan Bali Nusa, seluruh wilayah NTB berpeluang terjadi hujan dengan intensitas >20 mm/hari (hujan sedang). Peluang kejadian tersebut dapat mencapai >30% untuk sebagian wilayah Lombok Timur bagian utara dan sebagian kecil Sumbawa bagian utara. Namun secara umum sebagian besar wilayah NTB memiliki peluang 20%-30% untuk terjadinya hujan >20mm/hari saat depresi tropis. Ketika TD berkembang menjadi TS peluang hujan > 20 mm mulai berkurang, begitu juga dengan sebaran wilayahnya, sebagian besar Sumbawa Barat bagian selatan dan sebagian kecil Lombok Timur dan Sumbawa tidak berpeluang terjadi hujan dengan intensitas sedang.

Secara umum besar peluang terjadinya hujan sedang saat TS berkisar 2% - 15%. Kemudian TS yang berkembang menjadi TC menunjukkan peningkatan peluang kejadian hujan sedang dengan peluang >30% di wilayah yang sama saat depresi tropis serta meluas ke Sumbawa Barat bagian utara, dan sebagian Kota Bima, akan tetapi wilayah yang tidak berpeluang terjadi hujan sedang juga semakin meluas. Saat TC sebaran peluang hujan >20 mm/hari berbeda-beda disetiap kabupaten di NTB, dengan peluang berkisar 0 hingga lebih >30%.

Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan gambar yang sama dengan Gambar 3. Gambar 4 menunjukkan sebaran peluang kejadian hujan dengan intensitas > 50 mm/hari (hujan lebat) dan Gambar 5 merupakan sebaran hujan dengan intensitas > 100 mm/hari (hujan ekstrem). Peluang hujan lebat terbesar terjadi ketika TC dengan peluang mencapai 17% di sebagian wilayah Lombok Timur, Mataram, dan Lombok Utara. Hampir seluruh wilayah NTB memiliki peluang terjadi hujan lebat ketika masih dalam tahapan TD dengan peluang 2% - 15% kemudian sebaran wilayahnya mulai berkurang ketika TS dan semakin sedikit ketika TC bahkan seluruh wilayah di Pulau Sumbawa tidak berpeluang.

Peluang terjadinya hujan ekstrem saat terjadi siklon tropis di selatan Bali Nusa hanya terlihat di sebagian kecil Lombok Utara, Lombok Timur, Lombok Barat, Sumbawa, dan Kota Bima dengan peluang hanya berkisar 2% - 10% pada tahapan TD dan TS, namun secara umum

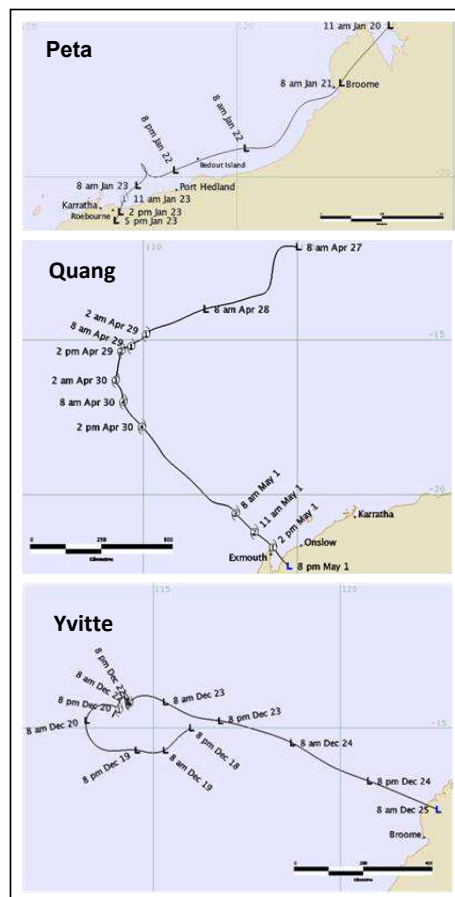
sebagian besar Wilayah NTB tidak berpeluang terjadinya hujan ekstrem. Ketika menjadi TC peluang hujan ekstrem hanya terjadi di sebagian kecil Mataram dengan peluang mencapai 17%.



Gambar 5. Peluang curah hujan > 100 mm/hari

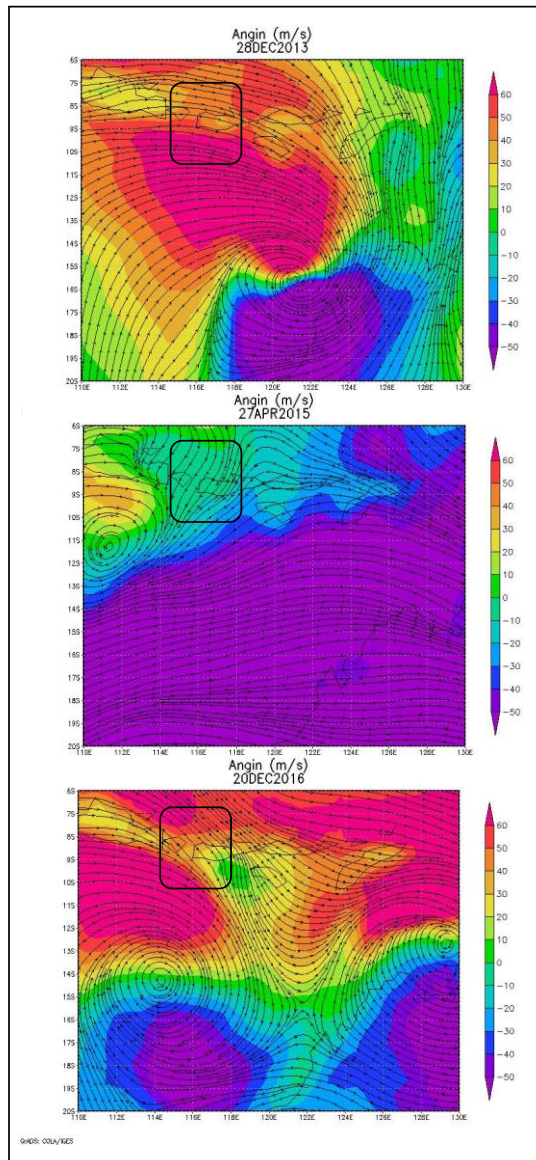
Analisis Dinamika Atmosfer

Selama periode 2008-2017, Siklon tropis Peta tahun 2013, Quang tahun 2015, dan Yvitte tahun 2016 secara berturut-turut mampu menghasilkan curah hujan yang tercatat mencapai 113 mm/hari, 166 mm/hari, dan 155mm/hari. Gambar 6. Memperlihatkan track dari ketiga siklon tersebut.



Gambar 6. Tropical cyclone track (sumber : BOM)

Berdasarkan 3 sampel kejadian siklon tropis yang terpilih, ketiganya cenderung menunjukkan pola angin yang cukup sama, yaitu adanya belokan angin di sekitar wilayah NTB dengan kecepatan yang cukup signifikan 20-40 m/s. Terdapat kondisi yang sedikit berbeda ketika TS Quang yang terjadi pada bulan april, disekitar wilayah Lombok angin permukaan menunjukkan adanya wilayah konvergensi. Hal tersebut didukung oleh kecepatan angin yang rendah yaitu 0-10 m/s. Kondisi tersebut dapat terjadi akibat perbedaan letak semu matahari, di mana ketika siklon tropis terjadi pada bulan DJF (Desember Januari Februari) angin baratan yang dominan terjadi akan semakin kuat menuju selatan (wilayah tekanan lebih rendah) sehingga area belokan anginlah yang dominan terjadi, sebaliknya pada bulan MAM (Maret April Mei) angin timuran yang dominan di sekitar Lombok akan dibelokkan oleh TS ke selatan sehingga terjadi area pertemuan (konvergensi) angin disekitar NTB. Gambar 7. Memperlihatkan kondisi dinamika atmosfer berdasarkan kondisi angin permukaan.



Gambar 7. Angin Permukaan (m/s)
(Sumber : ECMWF)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain yaitu *tropical cyclone* yang dapat memicu terjadinya hujan dengan katagori sedang hingga lebat sangat berpotensi ketika masih dalam tahapan tropical depression dengan wilayah terdampak yang hampir merata di seluruh NTB, namun ketika terus berkembang menjadi siklon tropis maka peluang kejadian akan semakin meningkat namun diiringi dengan wilayah terdampak yang semakin kecil. Wilayah yang berpotensi cukup besar terjadi hujan ekstrem saat terjadinya *tropical cyclone* yaitu sebagian kota Mataram. Saat dalam tahapan *tropical depression* dan *tropical storm* wilayah yang berpotensi terjadi hujan ekstrem yaitu sebagian Lombok barat bagian selatan, Lombok Utara, Lombok Timur bagian

utara, Sumbawa bagian tengah, dan Kota Bima dengan peluang yang sangat kecil. Terjadinya hujan lebat hingga ekstrem di wilayah NTB saat *tropical cyclone* pada musim penghujan (DJF) cenderung terjadi akibat adanya area pembelokan (shear) angin, namun ketika memasuki kemarau (MAM) kondisi tersebut cenderung terjadi akibat adanya wilayah konvergensi di sekitar NTB.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BMKG dan BOM selaku lembaga yang telah menyediakan data yang diperlukan dalam penelitian ini serta seluruh rekan-rekan di BMKG-Stasiun Klimatologi Lombok Barat yang telah memberikan dukungan mental kepada penulis, membantu penulis dalam memberikan ide dan menyelesaikan permasalahan selama proses pembuatan penelitian ini. Selain itu juga penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang turut memberikan dukungan kepada penulis

Daftar Pustaka

- BMKG, 2018. Learn About Tropical Cyclone. (<http://tcwc.bmkg.go.id/siklon/learn/05/id>)
- BOM, 2018. Past Tropical Cyclone. (<http://www.bom.gov.au/cyclone/tropical-cyclone-knowledge-centre/history/past-tropical-cyclones/>)
- Dyahwathi, S. Effendy, S., Adiningsih, E.S. 2007. Karakteristik Badai Tropis dan Dampaknya terhadap Anomali Hujan di Indonesia. *J. Agromet Indonesia*, Vol. 21(2), hal 61-72.
- ESCI 344. Tropical Meteorology, MillersvilleUniversity, 10 Maret 2018. (snowball.millersville.edu/~adecaria/ESCI344/esci344_main.html)
- ECMWF, 2018. ERA Interim Daily Data. (<https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>)
- Fink, A.H. and Speth, P. 1998. Tropical cyclones. *Naturwissenschaften*, 85(10), pp.482-493.
- Kenneth, R.K. Kruk, M.C. Levinson, D.H. Diamond, H>J., Neumann, C.J. 2010. The International Best Track Archive For Climate Stewardship (IBTsACS) : Unifying Tropical Cyclone Data, American
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, A.K., Srivastava, Sugi, M. 2010, Tropical cyclones and climate

- chang, *Nature Geoscience*, Vol. 3(3), hal 157.
- Mallen, KJ., Montgomery, MY., Wang B., 2004. Reexamining the Near-Core Radial Structure of the Tropical Cyclone Primary Circulation : Implication for Vortex Resilience, *Journal of The atmospheric Sciences*, Vol 62, hal 408-425
- Ritche, E.A., Holland, G.J. 1999. Large-Scale Patterns Associated with Tropical Cyclongenesis in the Western Pacific, *American Meteorological Society : Monhley Wether Review*, Vol. 127, hal 2027 - 2043
- Suryantoro, A. 2008. Siklon Tropis di Selatan dan Barat Daya Indonesia dari Pemantauan Satelit TRMM dan Kemungkinan Kaitannya dengan Gelombang Tinggi dan Putting Beliung. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, Vol 3(1), hal 21-32
- Susilokarti, D. Arif, S.S. Susanto, S. and Sutiarmo, L. 2015. Identifikasi Perubahan Iklim Berdasarkan Data Curah Hujan di Wilayah Selatan Jatiluhur Kabupaten Subang. Jawa Barat. *Agritech*, 35(1), pp.98-105.
- Tjasyono, B. 2000, Pengantar Geosains. Penerbit ITB, Bandung.
- Widiani, N. 2012. Identifikasi Kejadian Siklon Tropis di Perairan Sekitar Indonesia dari Observasi Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Missin) dan Kaitannya dengan Curah Hujan, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zhang, C., Wong, P. M., & Selinus, O. 1999. A comparison of outlier detection methods: exemplified with an environmental geochemical dataset. In *ICONIP'99. ANZIIS'99 & ANNES'99 & ACNN'99. 6th International Conference on Neural Information Processing. Proceedings (Cat. No. 99EX378)* (Vol. 1, pp. 183-187). IEEE.