



Analisis dampak fenomena *Borneo Vortex* terhadap ketinggian gelombang laut di Laut Natuna

Analysis of the Borneo Vortex phenomenon impact on sea wave height in the Natuna Sea

Hasti Amrih Rejeki^{1*}, Fitri Aulia Varian²

¹Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan 15221

²Stasiun Meteorologi Maimun Saleh, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Sabang 23522

*E-mail : hastiamrihrejeki@stmkg.ac.id

Diterima: 1 Oktober 2021; Disetujui: 12 Desember 2021

ABSTRAK

Keberadaan fenomena cuaca mampu memberi dampak pada interaksi atmosfer dengan lautan. Salah satu fenomena cuaca dalam skala sinoptik adalah *Borneo Vortex*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kondisi gelombang di wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara pada saat kejadian *Borneo Vortex* pada periode tahun 2018. Data yang digunakan merupakan data komponen angin u dan v pada lapisan 925 mb yang digunakan untuk identifikasi kejadian *Borneo Vortex* dan data gelombang selama 10 tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat total 35 kejadian *Borneo Vortex* sepanjang tahun 2018 dimana frekuensi tertinggi terdapat pada bulan Januari. Kehadiran *Borneo Vortex* menyebabkan adanya dominasi penurunan ketinggian permukaan pada Laut Natuna dan Laut Natuna Utara yang disebabkan oleh terhalangnya massa udara yang bergerak dari utara, sehingga kehadirannya mempengaruhi ketinggian gelombang serta anomali gelombang pada wilayah Laut Natuna Utara dan Laut Natuna.

Kata kunci: *Borneo Vortex*, gelombang laut, Laut Natuna

ABSTRACT

The existence of weather phenomenon can have an impact on the interaction of the atmosphere with the oceans. One of the weather phenomena on the synoptic scale is Borneo Vortex. This study aims to look at the wave conditions in the Natuna Sea and North Natuna Sea regions during Borneo Vortex events in 2018 period. Using the data from wind and component data on the 925 mb layer which is used to identify Borneo Vortex events and wave data during 10 years. The results of this study indicate that there was a total of 35 Borneo Vortex events throughout 2018 where the highest frequency was in January. The presence of the Borneo Vortex causes the dominance of a decrease in altitude in the Natuna Sea and North Natuna Sea which is caused by obstruction of the air masses moving from the north so that its presence affects wave height and wave anomalies in the North Natuna Sea and Natuna Sea.

Keywords: *Borneo Vortex*, Natuna Sea, sea waves



I. Pendahuluan

Aktifitas monsun memilikipengaruh besar terhadap pembentukan cuaca di wilayah yang dilaluinya dan sering digambarkan dengan adanya gangguan sinoptik (*synoptic disturbance*) (Ramage, 1971). Menurut Chang *et al.* (2005) aktivitas Monsun Musim Dingin Asia membawa dampak peningkatan aktivitas konvektif pada wilayah Indonesia karena Monsun Musim Dingin Asia membawa uap air yang melimpah menuju wilayah Indonesia yang memicu terjadinya hujan serta angin berkecepatan tinggi dibandingkan dengan kondisi normal. Salah satu fenomena yang erat kaitannya dengan Monsun Musim Dingin Asia di Indonesia adalah fenomena *Borneo Vortex*. Monsun Musim Dingin Asia menyebabkan terjadinya transport *absolute vorticity* dan *moist static energy* dari belahan bumi utara (BBU) menuju ke selatan yang berguna dalam pembentukan *Borneo Vortex* (Koseki *et al.*, 2014). *Borneo Vortex* merupakan sirkulasi angin tertutup yang tampak secara jelas di atas Laut Cina Selatan serta Benua Maritim Indonesia (BMI) bagian barat selama musim dingin di BBU berlangsung (Braesickeet *al.*, 2012). *Borneo Vortex* saat musim dingin Asia berfungsi sebagai penghambat masuknya aliran monsun ke Indonesia sedangkan saat musim dingin Australia dapat memperkuat alir lintas khatulistiwa ke utara (Wirjohamijojo dan Sugarin, 2008).

Borneo Vortex bukanlah sirkulasi yang terjadi secara periodik, tapi siklus hidup dan variabilitasnya memiliki dampak penting terhadap aktivitas konveksi di sekitar Laut Cina Selatan (Andarini, 2018). Fenomena *Borneo Vortex* muncul akibat adanya vortisitas yang disebabkan oleh *windshear* dan konvergensi yang dihasilkan dari interaksi antara angin monsun timur laut dan topografi Kalimantan (Johnson dan Houze, 1987). Angin maksimum timur laut di sepanjang Laut Cina Selatan dan angin baratan equator yang dihubungkan dengan Monsun Musim Dingin Asia menyebabkan *background* dari vortisitas di wilayah ini bersifat siklonik (Andarini, 2018). Pergerakan pusat pusaran *Borneo Vortex* rata-rata ke utara menuju ekuator saat musim dingin berlangsung dimana pada bulan Desember *Borneo Vortex* memiliki umur terpanjang yang menunjukkan bahwa musim dingin Asia paling aktif pada bulan itu (Hisyam, 2010). Dalam kasus ekstrem, *Borneo Vortex* mampu berubah menjadi badai tropis yang bahkan mampu menghasilkan badai topan seperti *Typhoon Vamei* (Chang *et al.*, 2003). Lestari (2018) mengidentifikasi mekanisme pembentukan *Borneo Vortex* di atas ekuatorial Laut Cina Selatan dan hubungannya dengan konveksi kumululus kuat melalui kejadian *cold surge* memperoleh hasil bahwa semakin kuat rotasi angin berpola siklonik dan semakin terkonsentrasinya rotasi angin tersebut maka semakin tinggi peluang terbentuknya *Borneo Vortex*.

Informasi cuaca menjadi suatu hal yang berperan besar dalam kegiatan kelautan, salah satunya sebagai penunjang aktivitas masyarakat yang berhubungan dengan sektor kelautan seperti transportasi laut, pariwisata, dan penangkapan ikan (Kurniawanet *al.*, 2012). Dalam konferensi SOLAS (*Safety of Life at Sea*) pada tahun 1974, *World Meteorological Organization* (WMO) memutuskan untuk memasukkan pengamatan gelombang sebagai bagian dari cuaca untuk menunjang keselamatan di laut.

Sebuah bentuk dari interaksi laut dan atmosfer adalah interaksi angin dan gelombang. Menurut Hutabarat dan Evans (2008) ketika angin berhembus pada permukaan laut maka terbentuk lebih dari satu gelombang yang memiliki tinggi serta periode gelombang yang berbeda-beda. Adanya variasi tersebut disebabkan oleh pertumbuhan gelombang bergantung pada kecepatan angin, durasi angin, dan *fetch*. Menurut Kurniawan *et al.* (2012) secara umum kondisi gelombang pada suatu wilayah



perairan didapat secara tidak langsung dari data angin yang terdapat pada kawasan tersebut. Hal tersebut didasari oleh kondisi umum yang berlangsung di laut, yaitu sebagian besar gelombang yang dijumpai di laut terbentuk oleh energi yang dihasilkan oleh hembusan angin.

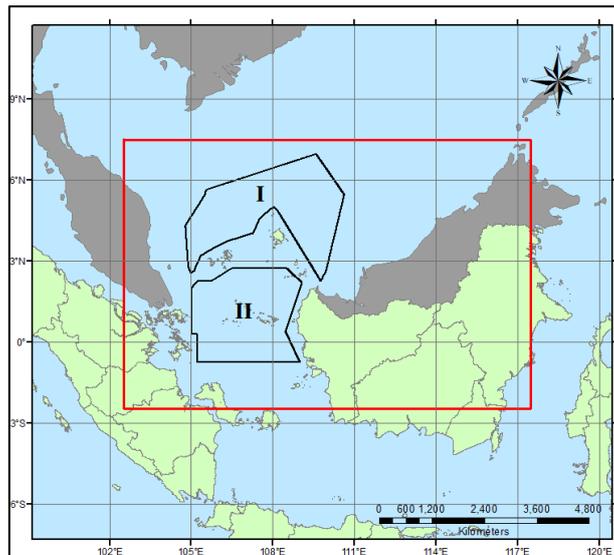
Terjadinya fenomena *Borneo Vortex* yang berkaitan dengan kondisi angin di wilayah BMI selama periode monsun, maka akan berdampak pada kondisi gelombang di wilayah BMI mengingat angin merupakan gaya pembangkit gelombang. Penelitian tentang variasi gelombang laut di Indonesia pernah dilakukan oleh Kurniawan *et al.* (2011) Hasil yang didapat menunjukkan bahwa variasi gelombang di perairan Indonesia memiliki kaitan erat dengan pola angin musonal yang terjadi di Indonesia. Beberapa penelitian mengenai karakteristik gelombang pada wilayah Natuna sebelumnya sudah pernah dilakukan, salah satunya oleh Afriady *et al.* (2019) dengan memanfaatkan data angin selama 10 tahun dan dengan menggunakan metode Svedrup, Munk and Bretschneider (SMB). Hasil dari penelitian tersebut didapatkan bahwa karakteristik angin di perairan Pulau Natuna bervariasi terhadap musim yang didominasi oleh angin musonal.

Kajian mengenai fenomena *Borneo Vortex* serta pengaruhnya terhadap curah hujan dan aktivitas konvektif di Indonesia telah banyak dilakukan (Haryanto dan Prakosa, 2015; Isnoor *et al.*, 2019), namun masih sedikit penelitian yang mengkaji fenomena tersebut dengan kondisi fisis kelautan salah satunya kondisi gelombang. Merujuk pada hal tersebut, penulis tertarik melakukan penelitian untuk mengkaji tentang kondisi tinggi gelombang signifikan pada saat kejadian *Borneo Vortex* terutama pada wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara. Pemilihan kedua lokasi tersebut mengingat lokasi Laut Natuna dan Laut Natuna Utara yang menjadi jalur pelayaran Internasional serta memiliki potensi sumber daya alam yang besar (Kurniawan *et al.*, 2012).

II. Metode penelitian

II.1. Waktu dan lokasi

Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah wilayah Laut Natuna (wilayah II) dan Laut Natuna Utara (wilayah I) yang menjadi wilayah tanggung jawab Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak. Sementara wilayah yang digunakan untuk identifikasi kejadian *Borneo Vortex* mengacu pada penelitian Anip dan Lupo (2012) yaitu pada $7.5^{\circ}\text{LU} - 2.5^{\circ}\text{LS}$ dan $102.5^{\circ}\text{BT} - 117.5^{\circ}\text{BT}$ (wilayah kotak merah) (Gambar 1). Penelitian dilakukan pada periode bulan Januari – Desember 2018.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan wilayah identifikasi (kotak merah); I = Laut Natuna Utara, II = Laut Natuna Selatan

II.2. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *reanalysis* ERA Interim ECMWF dengan parameter angin komponen u dan v pada lapisan 925 mb pada pukul 00 UTC dengan resolusi spasial $0,125^\circ \times 0,125^\circ$ periode tahun 2018 serta data tinggi gelombang signifikan periode tahun 2009-2018 yang diperoleh dari Pusat Meteorologi Maritim BMKG.

II.3. Pengolahan data

Dilakukan identifikasi kejadian *Borneo Vortex* dengan melihat ada atau tidaknya sirkulasi siklonik tertutup yang perputarannya berlawanan arah jarum jam pada lapisan 925 mb pada wilayah $2.5^\circ\text{LS} - 7.5^\circ\text{LU}$ dan $102.5^\circ\text{BT} - 117.5^\circ\text{BT}$ dengan setidaknya ada satu angin dengan kecepatan melebihi 2 m/s (Chang *et al.*, 2005; Anip dan Lupo, 2012). Rata-rata bulanan tinggi gelombang selama 10 tahun (2009 – 2018) didapat dengan persamaan berikut, dimana h_s merupakan rata-rata tinggi gelombang 10 tahun (m) dan h_1 merupakan ketinggian gelombang pada tahun pertama (m) dan seterusnya:

$$h_s = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_{10}}{10}$$

Selain menghitung nilai rata – rata tinggi gelombang bulanan, dilakukan juga perhitungan anomali ketinggian gelombang pada saat terjadi *Borneo Vortex* guna melihat seberapa besar perubahan yang terjadi jika dibandingkan dengan kondisi rata-ratanya. Adapun perhitungan nilai anomali tinggi gelombang didapat dari persamaan berikut:

$$h_{\text{anm}} = h_{\text{kj}} - h_s$$

Dimana h_{anm} merupakan anomali gelombang dan h_{kj} merupakan tinggi gelombang pada saat kejadian *Borneo Vortex*.



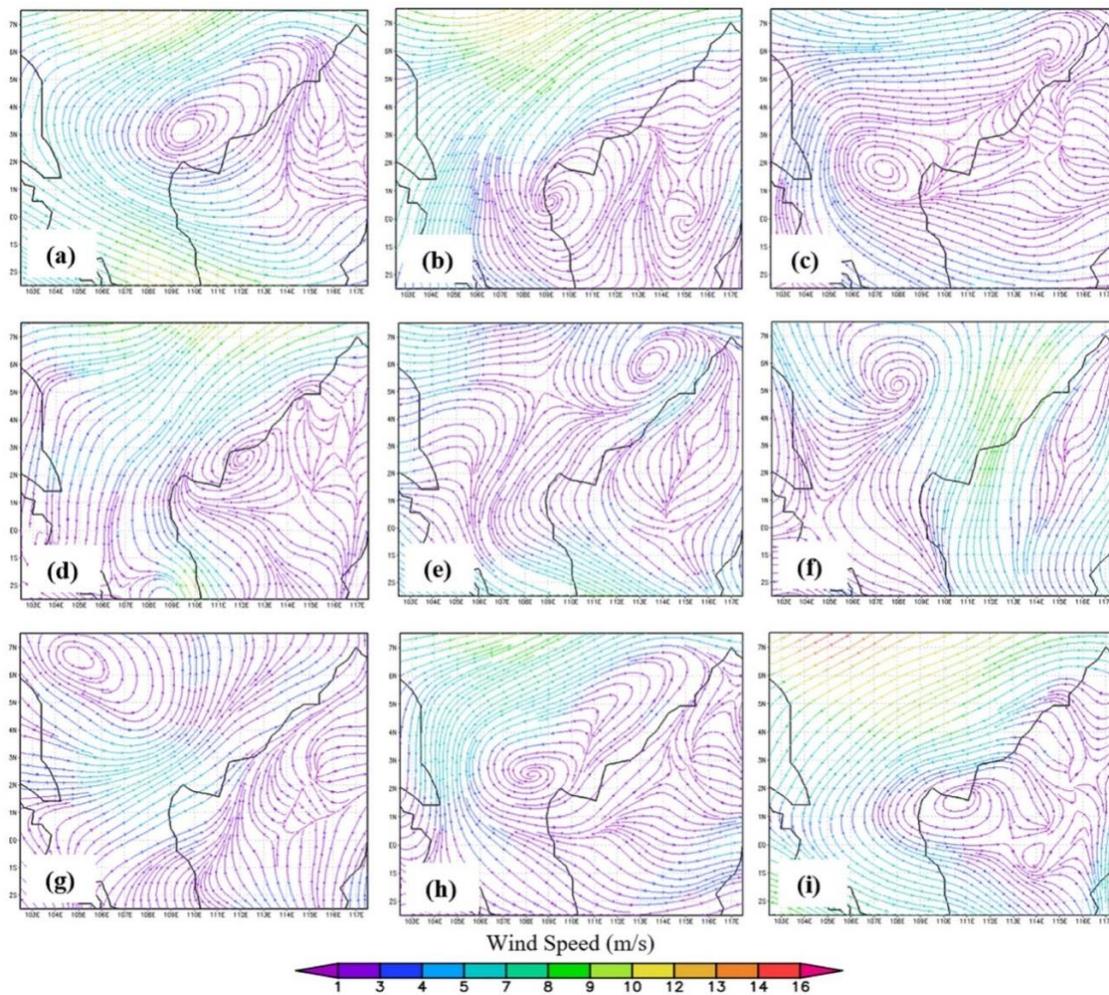
III. Hasil dan pembahasan

III.1. Identifikasi kejadian *Borneo Vortex*

Kondisi angin pada saat kejadian *Borneo Vortex* direpresentasikan pada setiap bulannya selama periode penelitian dimana terdapat sirkulasi angin berlawanan arah jarum jam pada wilayah identifikasi dengan kecepatan angin setidaknya mencapai 2 m/s hingga lebih, mengacu pada identifikasi *Borneo Vortex* menurut Chang *et al* (2005) dan Anip dan Lupo (2012). Gambar 2 menunjukkan tampilan contoh pola angin pada tanggal yang teridentifikasi sebagai *Borneo Vortex* di bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, September, Oktober, November, dan Desember tahun 2018. Pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2018 tidak teridentifikasi adanya kejadian *Borneo Vortex*.

Berdasarkan hasil identifikasi kejadian *Borneo Vortex*, secara keseluruhan selama tahun 2018 didapat bahwa kejadian *Borneo Vortex* terbanyak terjadi di bulan Januari dengan jumlah total kejadian sebanyak 10 hari kejadian. Selanjutnya, kejadian *Borneo Vortex* terbanyak kedua terjadi pada bulan Maret dan Desember 2018 yaitu masing-masing sebanyak 6 hari kejadian. Dengan kejadian *Borneo Vortex* terbanyak terjadi di Bulan Januari dan terbanyak kedua terjadi Desember, menunjukkan bahwa fenomena *Borneo Vortex* banyak terjadi pada saat musim hujan (Monsun Musim Dingin Asia) meskipun pada bulan Maret yang merupakan periode awal transisi dari musim hujan ke musim kemarau juga teridentifikasi jumlah kejadian *Borneo Vortex* yang sama dengan bulan Desember pada tahun 2018. Hal tersebut menunjukkan selama periode Monsun Musim Dingin Asia tahun 2018, *Borneo Vortex* banyak ditemukan pada bulan Januari dan Desember 2018. Pada bulan Januari dan Desember merupakan periode terjadinya Monsun Musim Dingin Asia sehingga terjadinya interaksi antara angin dari barat laut dengan topografi Kalimantan sehingga memicu terjadinya peningkatan pembentukan pusaran (Johnson dan Houze, 1987; Andarini, 2018) yang menyebabkan meningkatnya jumlah kejadian *Borneo Vortex*.

Pada periode transisi dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, ditemukan pola sirkulasi *Borneo Vortex* namun tidak sebanyak pada saat Monsun Musim Dingin Asia aktif, meskipun pada bulan Februari masih tergolong Monsun Musim Dingin Asia namun hanya teridentifikasi 3 kejadian *Borneo Vortex*. Tidak teridentifikasinya pola *Borneo Vortex* pada bulan Juni, Juli, dan Agustus 2018 menunjukkan bahwa pada periode musim kemarau atau Monsun Australia menunjukkan bahwa potensi terjadinya *Borneo Vortex* sangat kecil. Hal tersebut dikarenakan saat terjadi Monsoon Australia, dimana angin bertiup dari arah timur-tenggara saat terjadi musim dingin di Australia dapat memperkuat aliran lintas khatulistiwa ke utara (Wirjohamijoyo dan Sugarin, 2008) sehingga sulit mendukung untuk terjadinya *Borneo Vortex*.



Gambar 2. Streamline angin (m/s) di lapisan 925mb pada 00 UTC saat terjadi Borneo Vortex pada (a) 24 Januari 2018, (b) 20 Februari 2018, (c) 2 Maret 2018, (d) 16 April 2018, (e) 12 Mei 2018, (f) 21 September 2018, (g) 24 Oktober 2018, (h) 11 November 2018, (i) 14 Desember 2018.

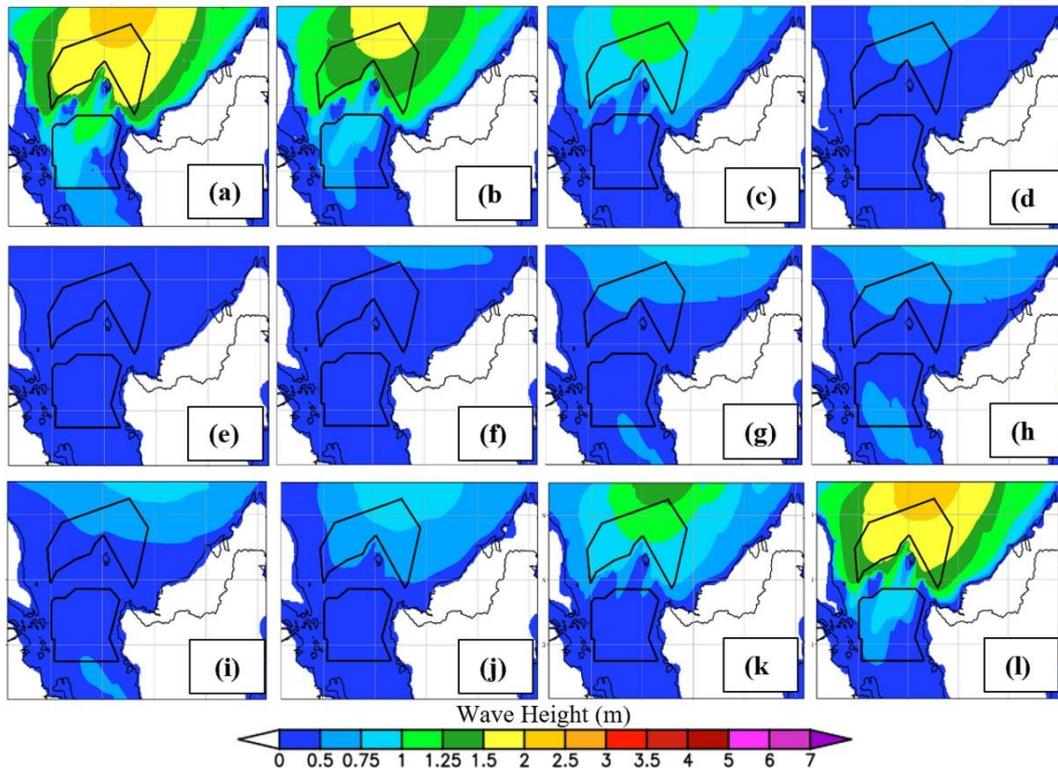
Berdasarkan gambar 2, terlihat adanya pergeseran lokasi *vortex* yang terjadi di laut Cina Selatan dan barat Kalimantan. Disebutkan dalam Andarini (2018) keberadaan vortex tidak secara tetap berada di wilayah ini, tapi juga dapat ditemukan di wilayah lain di sabuk ekuatorial. Jika ditinjau berdasarkan kecepatan angin dari data pada gambar 2, terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan angin di Laut Cina Selatan maka lokasi *vortex* akan semakin mengarah ke selatan mendekati ekuator dan semakin memasuki wilayah Kalimantan.

III.2. Rata-rata gelombang pada periode penelitian

Perhitungan rata-rata gelombang signifikan dilakukan dengan merata-ratakan ketinggian gelombang selama 10 tahun pada setiap masing-masing bulannya. Hal tersebut digunakan untuk melihat kecenderungan ketinggian gelombang, utamanya pada wilayah penelitian yaitu Laut Natuna dan Laut Natuna Utara.

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa pada periode bulan Januari hingga Desember, nilai rata-rata ketinggian gelombang mencapai puncak tertinggi pada bulan Januari dan Desember sementara rata-rata ketinggian gelombang terendah pada bulan

Mei. Ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna Utara lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna. Hal tersebut dikarenakan secara geografis letak Laut Natuna Utara berbatasan langsung dengan laut lepas yaitu Laut Cina Selatan sementara wilayah Laut Natuna yang luasnya lebih sempit dan berada diantara dua pulau membuat gelombang yang terbentuk cenderung lebih rendah.



Gambar 3. Rata – rata tinggi gelombang laut tahun 2009 – 2018 (m) pada: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember.

Kondisi ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara apabila dilihat dari rata-rata ketinggian gelombang selama 10 tahun (2009 – 2018) menunjukkan bahwa ketinggian gelombang mencapai puncak tertinggi pada periode Monsun Musim Dingin Asia aktif. Hal ini didukung dengan peningkatan faktor penentu pertumbuhan gelombang yaitu kecepatan angin, durasi, serta *fetch*. Pada saat Monsun Musim Dingin Asia aktif, angin bertiup dari benua Asia menuju benua Australia yang membuat kecepatan angin di atas perairan pada wilayah utara Indonesia cenderung tinggi dan memiliki durasi yang lama atau panjang, kondisi ini membuat *fetch* yang terbentuk menjadi lebih panjang. Ketiga hal tersebut membuat gelombang yang terbentuk juga menjadi tinggi. Hasil ini memiliki kemiripan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kurniawan *et al.* (2011) dimana pada wilayah perairan Indonesia bagian barat Sumatera pada periode monsun barat laut aktif (DJF) memiliki rata-rata gelombang yang tinggi dibandingkan dengan bulan lainnya. Ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna Utara lebih tinggi jika dibandingkan dengan ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna. Hal tersebut didukung dengan letak geografis wilayah Laut Natuna Utara yang berbatasan langsung dengan Laut Cina Selatan yang membuat *fetch* yang terbentuk lebih panjang sehingga gelombang yang

terbentuk tinggi, sementara posisi wilayah Laut Natuna yang berada diantara Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan membuat angin yang bertiup menjadi melemah akibat terhambat oleh daratan yang membuat *fetch* yang terbentuk semakin pendek sehingga gelombang yang terbentuk juga lebih pendek.

III.3. Tinggi gelombang laut pada saat kejadian *Borneo Vortex*

Analisis kondisi tinggi gelombang pada penelitian ini dilakukan pada wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara. Dapat diketahui bahwa secara umum ketinggian gelombang pada saat kejadian *Borneo Vortex* berkisar antara 0 meter – 5.0 meter. Ketinggian gelombang pada wilayah penelitian I yaitu Laut Natuna Utara berkisar antara 0 meter – 5meter sementara pada wilayah penelitian II yaitu Laut Natuna ketinggian gelombang berkisar antara 0 meter – 3 meter (Tabel 1).

Tabel 1. Kondisi tinggi gelombang laut saat terjadi *Borneo Vortex* pada Januari – Desember 2018.

Bulan	Tanggal	Tinggi gelombang laut (m)	
		Laut Natuna Utara	Laut Natuna
	1	-	-
	13	3.0 – 5.0	0.5 – 3.0
	16	1.5 – 3.0	0.5 – 2.0
	19	1.25 – 2.0	0 – 1.25
01	20	1.0 – 1.5	0 – 1.0
	22	0.75 – 1.25	0 – 0.75
	23	0.5 – 1.0	0 – 0.75
	24	0.5 – 1.25	0 – 0.75
	25	0.5 – 1.5	0 – 0.75
	31	0.5 – 2.0	0 – 0.75
02	17	0.5 – 1.0	0 – 0.75
	20	0.5 – 1.5	0 – 0.75
	28	1.0 – 2.0	0 – 1.0
03	2	0.5 – 1.0	0 – 0.75
	4	0 – 0.5	0 – 0.5
	14	1.0 – 2.0	0 – 1.0
	22	0 – 1.0	0 – 1.0
	26	1.0 – 1.5	0 – 0.75
	28	0.75 – 2.0	0 – 0.75
04	16	0 – 0.75	0 – 0.5
05	2	0 – 0.5	0 – 0.5
	12	0 – 0.5	0 – 0.5
	29	0 – 0.5	0 – 0.5
09	21	0 – 0.5	0 – 0.5
10	24	0 – 1.0	0 – 0.5
11	7	1.0 – 1.25	0 – 0.75
	11	1.0 – 1.5	0 – 0.75
	12	0.75 – 1.0	0 – 0.75
	30	1.0 – 2.5	0 – 1.0
12	1	1.0 – 2.0	0 – 1.0
	3	1.0 – 2.0	0 – 1.0
	7	0.75 – 1.25	0 – 0.75
	14	0.75 – 3.0	0 – 1.0



15	1.25 – 2.5	0 – 1.0
23	0.75– 1.5	0 – 0.75

Dapat diketahui bahwa tinggi gelombang yang tertinggi pada saat kejadian *Borneo Vortex* pada wilayah Laut Natuna Utara terdapat pada tanggal 13 Januari 2018 dengan ketinggian gelombang mencapai 3.0 meter – 5.0 meter sedangkan terendah pada tanggal 4 Maret 2018 serta pada keseluruhan hari terjadi *Borneo Vortex* di bulan Mei 2018 dimana tinggi gelombang berkisar 0 meter – 0.5 meter. Pada wilayah Laut Natuna puncak tinggi gelombang tertinggi saat terjadi *Borneo Vortex* terdapat pada tanggal 13 Januari 2018 dengan ketinggian gelombang mencapai 0.5 meter – 3.0 meter sedangkan ketinggian gelombang terendah terdapat pada tanggal 4 Maret 2018, seluruh tanggal kejadian *Borneo Vortex* pada bulan Mei 2018, dan 21 September 2018 dengan ketinggian berkisar 0 – 0.5 m.

III.4. Anomali gelombang laut pada saat kejadian *Borneo Vortex*

Secara umum dapat diketahui bahwa anomali berkisar antara -0.88 meter – 1.84 meter pada wilayah Laut Natuna Utara dan anomali berkisar antara -0.33 meter – 0.93 meter pada wilayah Laut Natuna (Tabel 2). Pada bulan Januari 2018 anomali tinggi gelombang tertinggi terdapat pada tanggal 13 pada kedua wilayah penelitian yang mengindikasikan pada bahwa tanggal tersebut terjadi kenaikan tinggi gelombang pada kedua wilayah dibandingkan dengan kondisi rata-rata gelombang. Pada bulan Februari wilayah Laut Natuna didominasi oleh anomali negatif yang menandakan bahwa pada wilayah tersebut cenderung terjadi penurunan tinggi gelombang dibandingkan dengan kondisi rata-rata gelombang. Pada bulan Maret didominasi dengan anomali negatif yang menandakan pada kejadian *Borneo Vortex* tinggi gelombang cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi rata-rata gelombang. Kejadian *Borneo Vortex* pada bulan April dan Mei tidak memberikan pengaruh terhadap tinggi gelombang di kedua wilayah penelitian kecuali pada tanggal 14 dan 26 Maret 2018 dimana anomali gelombang bernilai positif yang menandakan terjadi kenaikan tinggi gelombang.

Pada bulan September anomali bernilai negatif yang menunjukkan bahwa ketinggian gelombang mengalami penurunan pada saat kejadian *Borneo Vortex* dibandingkan dengan kondisi rata-rata. Pada Oktober nilai anomali pada wilayah Laut Natuna Utara positif sementara pada wilayah Laut Natuna negatif yang menandakan kenaikan tinggi gelombang terjadi pada wilayah Laut Natuna Utara. Anomali positif mendominasi kedua wilayah penelitian pada bulan November.

Anomali tertinggi terdapat pada tanggal 30 November 2018 pada wilayah Laut Natuna Utara, sementara anomali terendah terdapat pada tanggal 12 November 2018 pada wilayah Laut Natuna Utara. Pada bulan Desember didominasi dengan anomali negatif pada kedua wilayah penelitian yang menandakan pada kejadian *Borneo Vortex* tinggi gelombang cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi rata-rata gelombang.

Tabel 2. Anomali tinggi gelombang lautsaat kejadian *Borneo Vortex* pada Januari – Desember 2018.

Bulan	Tanggal	Anomali tinggi gelombang laut (m)	
		Laut Natuna Utara	Laut Natuna
01	1	-	-
	13	1.84	0.93



	16	0.42	0.48
	19	-0.12	0.02
	20	-0.46	-0.16
	22	-0.73	-0.33
	23	-0.86	-0.29
	24	-0.88	-0.23
	25	-0.76	-0.27
	31	-0.47	-0.18
	17	-0.63	-0.07
02	20	-0.39	-0.20
	28	0.03	-0.04
	2	-0.13	-0.03
	4	-0.53	-0.17
03	14	0.39	0.15
	22	-0.21	-0.06
	26	0.11	0.05
	28	0.31	0.01
04	16	-0.05	-0.03
	2	-0.08	0.01
05	12	-0.07	0.00
	29	-0.07	-0.03
09	21	-0.18	-0.27
10	24	0.05	-0.07
	7	0.04	0.07
11	11	0.15	-0.04
	12	-0.10	0.01
	30	0.70	0.07
	1	-0.11	-0.13
	3	-0.15	-0.19
12	7	-0.71	-0.26
	14	0.10	-0.16
	15	0.07	-0.07
	23	-0.70	-0.06

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa anomali gelombang menunjukkan adanya anomali yang bernilai negatif dan positif pada kedua wilayah. Pada wilayah Laut Natuna Utara 37% dari total nilai anomali bernilai positif sementara pada wilayah Laut Natuna hanya 20% dari total nilai anomali yang bernilai positif. Anomali negatif yang mendominasi kedua wilayah penelitian pada saat kejadian *Borneo Vortex* menandakan bahwa pada saat kejadian *Borneo Vortex* ketinggian gelombang cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi rata-rata gelombang. Hal tersebut menandakan bahwa kejadian *Borneo Vortex* mempengaruhi ketinggian serta anomali gelombang pada wilayah pembentukannya. Kehadiran *Borneo Vortex* pada sekitar wilayah penelitian memberikan dampak terhalangnya penjarangan massa udara dari utara menuju wilayah Indonesia sehingga mempengaruhi ketinggian serta anomali gelombang pada wilayah perairan barat Kalimantan. Hal tersebut mengakibatkan ketinggian gelombang pada wilayah penelitian sebagian besar mengalami penurunan pada saat kejadian *Borneo Vortex*.



IV. Kesimpulan

Dari hasil serta analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa secara umum pada saat kejadian *Borneo Vortex* kondisi ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi rata-ratanya. Ketinggian gelombang di wilayah Laut Natuna Utara pada saat kejadian *Borneo Vortex* berkisar antara 0 – 5 meter dengan persentase nilai anomali negatif sebesar 63% dari total kejadian. Sementara pada wilayah Laut Natuna ketinggian gelombang berkisar antara 0 – 3 meter dengan persentase nilai anomali negatif sebesar 80% dari total kejadian. Kehadiran *Borneo Vortex* menyebabkan massa udara yang bergerak dari utara terhalang sehingga ketinggian gelombang pada wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara menjadi lebih rendah daripada kondisi rata-ratanya.

Daftar pustaka

- Afriady, A., Alam, T.M., dan Ismail, M.F.A. 2019. Pemanfaatan Data Angin untuk Karakteristik Gelombang Laut di Perairan Natuna Berdasarkan Data Angin Tahun 2009 – 2018. *Buletin Oseanografi Marina Inpres*, 8(2):55-60.
- Andarini, D.F. 2018. Sekilas tentang Borneo Vortex. *Faktualita*, 13(1): 17-19.
- Anip, M.H.M. dan Lupo, A. 2012. Interannual and interdecadal variability of the Borneo Vortex during Boreal Winter Monsoon. Disertasi. University of Missouri-Columbia, USA.
- Braesicke, P., Hai, O.S., and Samah, A.A. 2012. Properties of strong off-shore Borneo vortices: a composite analysis of flow pattern and composition as captured by ERA-Interim. *Journal of The Royal Meteorological Society*, 13:128-132.
- Chang, C.P., Harr, P.A., and Chen, H.J. 2005. Synoptic Disturbances Over the Equatorial South China Sea and Western Maritime Continent During Boreal Winter. *Monthly Weather Review*, 133:489 – 503.
- Chang, C.P., Liu, C.H., and Kuo, H.C. 2003. Typhoon Vamei: An Equatorial Tropical Cyclone Formation. *Geophys. Res. Lett.*, 30(3):1150.
- Haryanto, Y.D., dan Prakosa, S.H. 2015. Aktivitas Borneo Vortex sebagai Pemicu Hujan Ekstrem Penyebab Banjir Tanggal 6 Desember 2010 di Tarakan Kalimantan Utara. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*, Jatinangor.
- Hisyam, M. 2010. Climatological behaviors of Borneo vortex during Northern Hemisphere Winter Monsoon. WCRP OSC Climate Research in Service to Society, Denver, USA.
- Hutabarat, S., dan Evans, S. M. 2008. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia Press (UI-Press). Jakarta.
- Isnour, K.F.N., Firdianto, P.U., and Rejeki, H.A. 2019. The activity of Borneo Vortex as a trigger for extreme rain in West Borneo (case study: 24th – 25th January 2017). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 303(2019)012061. doi:10.1088/1755-1315/303/1/012061.
- Johnson, R.H. and Houze Jr, R.A. 1987. Precipitating clouds systems of the Asian monsoon, in *Monsoon Meteorology*, edited by C.-P. Chang and T. N. Krishnamurti. Oxford Univ. Press, New York.
- Kurniawan, R., Habibie, M.N., dan Permana, D.S. 2012. Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi Di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(3):201-212.



- Kurniawan, R., Habibie, M.N., dan Suratno. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(3):221-232.
- Koseki, S., Koh, T.Y., and Teo, C.K. 2014. Borneo Vortex and Mesoscale Convective Rainfall. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14:4539–4562.
- Lestari, A.S. 2018. Kajian Cold Surge dan Borneo Vortex Serta Hubungannya dengan Sistem Konvektif. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ramage, C.S. 1971. *Monsoon Meteorology*. International Geophysics Series, Academic Press.
- WMO. 1998. WMO No. 702 Guide to Wave Forecasting and Analysis. Secretariat of WMO, Switzerland.
- WMO. 2001. WMO No. 471 Guide to Marine Meteorological Services. Secretariat of WMO, Switzerland.