

DAMPAK SIKLON TROPIS QUANG TERHADAP TINGGI GELOMBANG, ARUS LAUT DAN UPWELLING DI PERAIRAN SELATAN JAWA

Yosafat Donni Haryanto^{1,2}, Ahmad Fadlan^{1,3}, Agus Hartoko², Sutrisno Anggoro², Muhammad Zainuri^{2,3}

¹ Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)

Jl. Perhubungan 1 No.5 Pondok Aren, Tangerang Selatan, 15221

² Jurusan Manajemen Sumberdaya Pantai, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP

Jl. Imam Bardjo SH No. 5 Semarang

³ Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Semarang

Email : yosafatdonni@gmail.com

Naskah masuk: 2 September 2015; Naskah diperbaiki: 16 November 2016; Naskah diterima: 22 Desember 2017

ABSTRAK

Pada tanggal 28 April 2015 terbentuk siklon tropis Quang di atas perairan Samudera Hindia. Walaupun siklon tropis Quang tidak melintasi wilayah Indonesia, akan tetapi dampak dari siklon tropis tersebut mempengaruhi parameter oseanografi di sekitar wilayah Indonesia. Berdasarkan kondisi tersebut penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi parameter oseanografi berupa tinggi gelombang, arus permukaan dan sebaran upwelling di perairan selatan Jawa pada saat kejadian siklon tropis Quang. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data reanalisis parameter arah dan kecepatan angin yang diolah menjadi tinggi gelombang maximum, arus permukaan dan upwelling menggunakan permodelan Windwaves-05. Model ini menghitung tinggi gelombang, arus permukaan dan upwelling berdasarkan energi dari angin yang berhembus di atas permukaan laut. Data klorofil-a dari hasil penginderaan satelit Aqua-MODIS ditampilkan menggunakan aplikasi Seadas v. 6.2 untuk mendukung analisa upwelling. Siklon tropis Quang mulai menjadi depresi tropis pada tanggal 28 April 2015 dengan kecepatan angin mencapai 56 km/jam dan menjadi siklon tropis skala 4 dengan kecepatan mencapai 217 km/jam. Pada saat puncak siklon tropis, kecepatan angin yang terjadi dapat mencapai 20 knot dengan tinggi gelombang maximum mencapai 3 m serta arus permukaan yang mencapai 85 cm/detik pada awal terbentuknya siklon. Kondisi angin, gelombang maximum, serta arus permukaan umumnya mengikuti aktivitas siklon tropis Quang. Intensitas ketiganya meningkat pada saat siklon menguat dan melemah saat siklon mulai punah dan menjauhi perairan selatan Jawa. Selama pembentukan siklon tropis Quang hingga punahnya umumnya terjadi fenomena *upwelling* pada wilayah perairan selatan Jawa

Kata Kunci: Siklon Tropis Quang, Angin, Tinggi gelombang, Arus laut, Upwelling.

ABSTRACT

On April 28, 2015 a tropical cyclone of Quang was formed over the Indian Ocean waters. Although the tropical cyclone Quang does not cross Indonesia, the impact of tropical cyclones affects oceanographic parameters in the vicinity of Indonesia. Based on these conditions, this study aims to analyze the oceanographic parameter conditions in the form of wave height, surface current and upwelling distribution in the southern waters of Java at the time of the occurrence of tropical cyclone Quang. The data used in this study is data reanalysis of the direction parameters and wind speed are processed into maximum wave height, surface current and upwelling using Windwaves-05 modeling. This model calculates wave height, surface current and upwelling based on energy from winds that blow above sea level. A-chlorophyll data from Aqua-MODIS satellite sensing results are displayed using Seadas v. 6.2 to support upwelling analysis. Tropical cyclone Quang began to become a tropical depression on April 28, 2015 with wind speeds reaching 56 km / h and becoming a tropical cyclone of scale 4 with speeds reaching 217 km / h. At the peak of tropical cyclones, the wind speed can reach 20 knots with maximum wave height of 3 m and surface current reaching 85 cm / sec at the beginning of cyclone formation. Wind conditions, maximum waves, and surface currents generally follow the Quang tropical cyclone activity. The intensity of the three increases as the cyclone strengthens and weakens as the cyclone begins to extinct and away from the southern waters of Java. During the formation of tropical cyclones Quang to extinction generally occur upwelling phenomenon in the southern waters of Java

Keyword: Tropical Cyclone Quang, Wind, Wave height, Sea current, Upwelling

1. Pendahuluan

Benua maritim Indonesia merupakan kawasan kepulauan yang sangat unik dan tidak memiliki kesamaan dengan kawasan lain di dunia. Selain berada di kawasan tropis, kawasan Indonesia juga diapit oleh dua samudera dan dua benua yang menjadikannya sebagai pusat dari aktivitas sirkulasi atmosfer dan sirkulasi laut global [1]

Dalam hubungan antara lautan dan atmosfer, interkasi yang terjadi diantara keduanya memiliki peranan penting dalam menentukan dinamika dan kondisi baik pada wilayah lautan maupun lingkungan atmosfer. Didalam interkasi ini terjadi pertukaran energi, momentum dan massa. Perubahan yang terjadi pada atmosfer secara tidak langsung juga mempengaruhi kondisi lautan, sebaliknya kondisi lautan juga akan mempengaruhi dinamika atmosfer. Kondisi angin misalnya, salah satu parameter atmosfer ini dapat menyebabkan terjadinya gelombang laut dan mempengaruhi arus laut dan mendukung terjadinya fenomena *upwelling* dan *downwelling*. Sebaliknya, kondisi fisis pada laut tersebut dapat mempengaruhi dinamika atmosfer setempat [2]. Salah satu kondisi fisis utama dari lautan yang dapat mempengaruhi atmosfer adalah suhu permukaan laut (SPL). SPL yang cukup hangat merupakan salah satu syarat pembentuk terjadinya hujan yang juga dapat membuat terjadinya siklon tropis [3]

Siklon tropis merupakan sebuah fenomena atmosfer berupa pusaran atmosferik yang terbentuk di atas lautan pada wilayah tropis yang hangat [4]. Fenomena ini juga adalah yang paling tinggi dalam gangguan wilayah tropis [5]. Samudera Hindia merupakan lautan yang menjadi tempat terjadinya siklon tropis dimana pada kawasan tersebut pertumbuhan siklon tropis mencapai rata-rata 10 kali dalam setahun [6]. Fenomena ini memiliki waktu hidup mulai dari beberapa jam sampai dapat bertahan hingga 2 minggu, dengan rata-rata 6 hari sejak siklon itu mulai terbentuk hingga memasuki daratan atau mengarah ke daerah sub tropis [3].

Pada akhir bulan April hingga awal bulan Mei 2015 terjadi siklon tropis di perairan samudera Hindia bagian timur pada posisi koordinat 15°57'36.03" Lintang Selatan dan 109°8'38.58" Bujur Timur. Siklon ini dinamakan siklon tropis Quang. Siklon tropis Quang mulai terbentuk sebagai pada tanggal 28 April 2015. Kemudian mulai menjadi siklon tropis kategori 4 pada tanggal 30 April 2015 dan berakhir pada tanggal 1 Mei 2015. [7]

Meskipun siklon tropis Quang tidak melintasi wilayah Indonesia, akan tetapi dampak dari siklon tropis tersebut dapat mempengaruhi kondisi parameter cuaca di wilayah perairan Indonesia khususnya parameter angin yang sangat berperan penting dalam pembentukan dinamika perairan. Salah satu perairan yang berpotensi terkena dampak dari kejadian siklon Quang adalah wilayah perairan selatan Jawa karena

jaraknya yang cukup dekat dengan pusat siklon tropis. Berdasarkan kondisi tersebut penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kondisi oseanografi perairan selatan Jawa pada saat kejadian siklon tropis Quang.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah perairan Samudera Hindia di bagian Selatan Pulau Jawa dengan koordinat 5° - 13° LS dan 105° - 115° BT

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data grib yang berisikan parameter arah dan kecepatan angin pada tanggal 28 April 2015 – 3 Mei 2015 dengan resolusi 1° x 1° yang di dapatkan dari maritim.bmkg.go.id/grib. Kemudian data lain yang juga digunakan adalah data klorofil-a dari hasil penginderaan satelit Aqua-MODIS level 3 Standar Mapped Image (SMI) bulanan yang di dapatkan dari oceancolor.gsfc.nasa.gov dengan resolusi 4 km [8]. Citra yang digunakan memiliki rentang waktu dari bulan hingga Juli 2015.

Metode

- Menentukan kejadian siklon tropis Quang dengan melihat arsip kejadian siklon tropis di kawasan Samudera Hindia pada situs wunderground.com/hurricane
- Parameter tinggi gelombang laut, arus, angin dan *upwelling* di dapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan model Windwaves-05. Model ini merupakan model hidrodinamika yang memodelkan beberapa parameter kelautan berdasarkan energi angin permukaan. Model Windwaves-05 merupakan model laut dalam dimana dalam perhitungannya diasumsikan tidak mengalami gesekan dengan dasar laut sehingga pemakaian data batimetri tidak digunakan [9]. Adapun persamaan dasar yang digunakan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:

- Persamaan Dasar Gelombang [10]

$$\frac{DF(f, \theta)}{Dt} = S_{in}(f, \theta) + S_{nl}(f, \theta) + S_{ds}(f, \theta)$$

Dengan, F adalah spectrum energi gelombang, f dan θ adalah frekuensi dan arah gelombang,

S_{in} adalah input energi gelombang oleh angin, S_{nl} adalah interaksi nonlinier antara gelombang, S_{ds} energi yang hilang akibat gesekan

- Persamaan arus inersia [11]

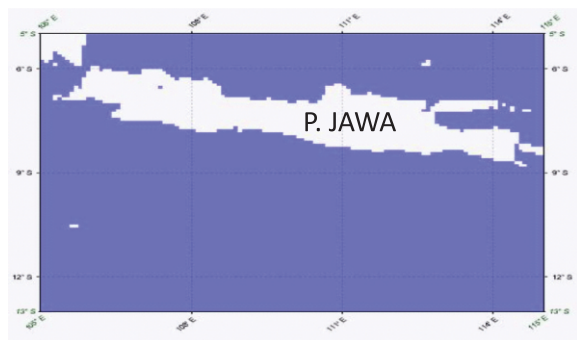
$$u = V \sin ft$$

$$v = V \cos ft$$

$$V^2 = u^2 + v^2$$

Dimana u dan v adalah komponen arus zonal dan meridional, f adalah parameter coriolis, t adalah durasi dan V adalah kecepatan inisial.

Adapun parameter *upwelling* dan *downwelling* hasil keluaran Windwave-05 dilihat berdasarkan arah gerak aliran ke atas yang ditandai dengan nilai kecepatan positif untuk mekanisme *upwelling*



Gambar 1. Domain Penelitian

Dan dari parameter angin inilah akan dihasilkan berbagai parameter oseanografi yang akan diteliti. Adapun parameterisasi data model gelombang, arus, angin dan upwelling adalah sebagai berikut:

- Periode data : 28 April – 3 Mei 2015
- Domain : 5° - 13° LS, 105° - 115° BT
- Resolusi : 10 x 10 menit

Kemudian output hasil perhitungan model windwave-05 dibuat menjadi informasi dalam bentuk peta gelombang maksimum, arus permukaan, angin permukaan dan *upwelling*.

- c) Parameter klorofil-a hasil penginderaan satelit Aqua-MODIS dianalisa menggunakan perangkat lunak Seadas v 6.2 [12] sebagai gambaran yang mendukung analisa *upwelling* hasil keluaran model Windwave-05.

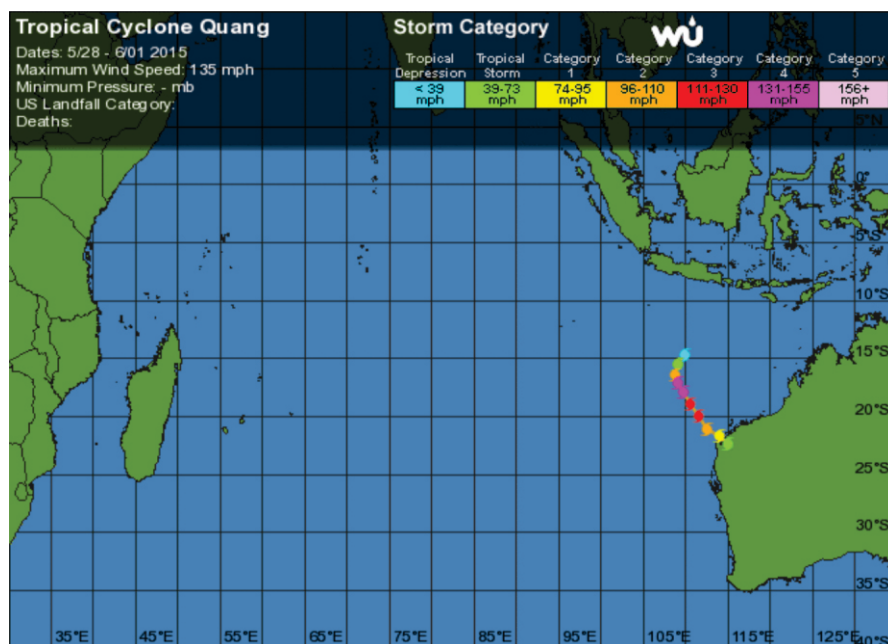
3. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan arsip siklon tropis yang ada pada wunderground.com/hurricane didapatkan kordinat dan kondisi kecepatan angin selama terjadinya siklon tropis Quang yang ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 1. Jejak Siklon Tropis Quang Di Samudera Hindia

Tanggal	Jam (UTC)	Lintang	Bujur	Angin (km/jam)	Skala Siklon (Saffir-Simpson)
28/April/2015	18	-14.7	110	56	Depresi Tropis
29/April/2015	06	-15.5	109.2	97	Badai Tropis
29/April/2015	18	-16.4	108.9	169	Siklon Tropis (2)
30/April/2015	00	-17.1	109.2	217	Siklon Tropis (4)
30/April/2015	06	-17.9	109.8	217	Siklon Tropis (4)
30/April/2015	12	-19	110.6	193	Siklon Tropis (3)
30/April/2015	18	-20	111.6	193	Siklon Tropis (3)
1/Mei/2015	00	-21.1	112.6	161	Siklon Tropis (2)
1/Mei/2015	06	-21.7	114.0	129	Siklon Tropis (1)
1/Mei/2015	12	-22.4	115.1	80	Badai Tropis

(Sumber: wunderground.com/hurricane)



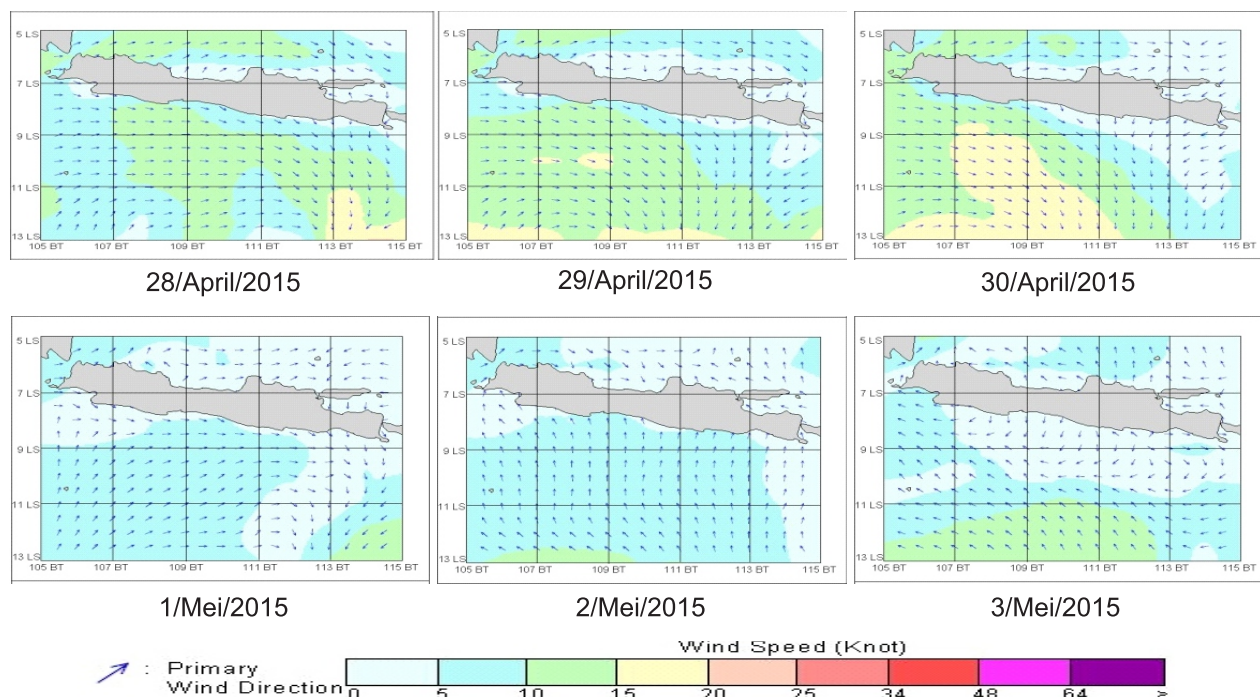
Gambar 2. Jejak Siklon Tropis Quang di perairan Samudera Hindia bagian Timur

Siklon tropis Quang mulai menjadi depresi tropis pada tanggal 28 April 2015 dengan kecepatan angin mencapai 56 km/jam. Pada saat menjadi siklon tropis, siklon Quang berada cukup dekat dengan perairan Selatan Jawa dan bergerak menjauhi ekuator menuju lintang sedang mendekati benua Australia. Pada tanggal 30 April 2015, siklon Quang berada pada puncak pembentukannya dengan kecepatan angin mencapai 217 km/jam dimana berdasarkan skala badai Saffir-Simpson siklon Quang berada pada skala 4 siklon tropis. Berdasarkan Tabel 1 diatas siklon Quang mencapai skala 4 siklon tropis terjadi pada siang hari, hal ini sesuai dengan hasil penelitian tentang siklon tropis yang menyatakan bahwa aktivitas siklon tropis pada siang hari lebih besar dibanding dengan malam hari [10]. Selain itu, siklon Quang hanya memiliki masa hidup sekitar 4 hari sejak terbentuk sebagai depresi tropis dan hilang sebagai badai tropis pada tanggal 1 Mei 2015 di daratan Australia bagian barat. Di Samudera Hindia, siklon tropis pada umumnya terjadi pada bulan-bulan Desember, Januari dan Februari serta terkadang bisa mulai dari November hingga April [6], kondisi ini juga menguatkan fenomena monsun Asia dimana angin bergerak dari Asia menuju Australia melewati kawasan Indonesia

akibat banyaknya sistem tekanan rendah di kawasan selatan ekuator karena pada bulan-bulan tersebut matahari sedang berada di selatan ekuator.

Walaupun Indonesia tidak dilewati siklon tropis, namun aktivitas siklon tropis yang muncul di kawasan Samudera Hindia pada umumnya menyebabkan terjadinya cuaca buruk di wilayah Indonesia bagian selatan ekuator seperti pulau Jawa, Bali, NTT, sebagian wilayah Sumatera dan Sulawesi. Cuaca buruk yang terjadi dapat berupa hujan lebat, angin kencang dan gelombang laut yang tinggi. Selain dampaknya terhadap dinamika atmosfer, aktivitas siklon tropis juga mempengaruhi beberapa parameter oseanografi.

Parameter yang paling dipengaruhi akibat aktivitas siklon Quang adalah kondisi angin permukaan pada lautan. Akibat adanya perbedaan tekanan yang cukup signifikan di kawasan sekitar siklon tropis membuat wilayah-wilayah di tersebut memiliki kecepatan angin yang cukup kencang. Adapun kondisi angin permukaan pada wilayah perairan selatan Jawa selama kejadian siklon tropis Quang ditunjukkan pada gambar berikut,



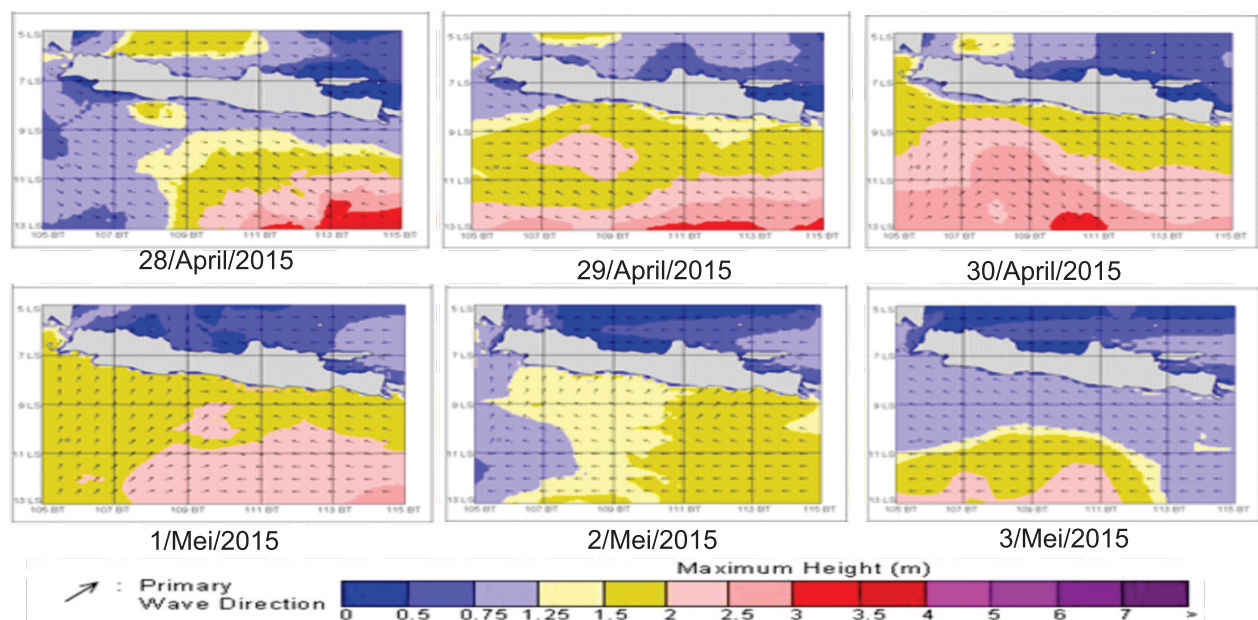
Gambar 2. Kondisi angin permukaan di perairan selatan Jawa selama 6 hari sejak siklon tropis Quang terbentuk hingga punah.

Pada saat siklon tropis Quang terbentuk menjadi depresi tropis tanggal 28 April 2015 kondisi angin permukaan laut di selatan Jawa khususnya wilayah Jawa Tengah sudah cukup tinggi yakni antara 10-15 knot (19-28 km/jam) dimana saat ini lokasi pusat siklon cukup dekat dengan wilayah perairan selatan Jawa. Adapun arah angin bertiup dari arah barat hingga barat laut bergerak menuju pusat siklon tropis. Kondisi angin secara umum menguat seiring dengan perkembangan siklon tropis dimana ketika siklon tropis masuk pada skala 4 tanggal 30 April 2015, kondisi angin permukaan di selatan Jawa dapat mencapai antara 15-20 knot (28-37 km/jam) dengan lokasi siklon tropis menjauhi wilayah perairan selatan Jawa. Walaupun jarak antara pusat siklon dan wilayah perairan selatan Jawa cukup jauh pada saat siklon mencapai skala 4, namun kecepatan angin yang ditimbulkan cukup kuat, hal ini dikarenakan semakin tinggi skala siklon tropis maka gradient tekanan yang muncul di sekitar wilayah siklon juga semakin besar yang membuat angin yang bergerak juga semakin kencang.

Setelah siklon tropis berada pada puncak skalanya, kondisi siklon mengalami penurunan dan semakin menjauhi wilayah perairan selatan Jawa. Kondisi ini diperlihatkan pada tanggal-tanggal setelah puncak siklon terjadi kondisi angin di perairan selatan Jawa berangsur melemah seperti pada saat sehari setelah siklon tropis pada puncaknya kecepatan angin pada umumnya berkisar antara 5-10 knot (9-19 km/jam) dan pada saat siklon punah kecepatan angin permukaan

perairan selatan Jawa umumnya hanya dibawah 5 knot (<9 km/jam). Pelemahan kecepatan angin ini terjadi karena jarak siklon yang sudah cukup jauh dari wilayah perairan selatan Jawa dan juga tidak adanya gradient tekanan yang signifikan akibat perbedaan tekanan yang kecil setelah siklon punah. Walaupun demikian, wilayah-wilayah perairan disekitar kawasan punahnya siklon tropis masih memiliki kecepatan angin yang cukup kuat seperti yang terlihat pada tanggal 3 Mei 2015 di lintang 11-13 LU kecepatan angin permukaan masih diantara 10-15 knot (19-28 km/jam) yang menandakan perbedaan tekanan di wilayah tersebut masih cukup besar.

Parameter angin merupakan salah satu parameter utama dalam mempengaruhi karakteristik perairan [11]. Dalam kasus siklon tropis Quang dan siklon tropis lainnya, parameter angin secara langsung merespon adanya fenomena tersebut dan membuat parameter lainnya terpengaruh. Angin yang bertiup di atas permukaan laut pada umumnya secara langsung akan mempengaruhi parameter-parameter oseanografi lainnya seperti gelombang, arus permukaan dan juga *upwelling*. Gelombang laut adalah salah satu parameter yang paling dipengaruhi oleh kondisi angin permukaan, dimana kecepatan, durasi dan presistensi serta pembentukan *fetch* akan mempengaruhi tinggi gelombang di suatu wilayah [12]. Adapun kondisi tinggi gelombang maksimum di perairan selatan Jawa selama terjadinya siklon tropis Quang ditunjukkan pada gambar berikut,



Gambar 3. Kondisi gelombang di perairan selatan Jawa selama 6 hari sejak siklon tropis Quang terbentuk hingga punah

Pada saat masih berstatus depresi tropis pada tanggal 28 April 2015, kondisi tinggi gelombang pada umumnya masih rendah yakni 0,5-1,25 m di wilayah perairan selatan Jawa kecuali pada wilayah perairan selatan Cilacap yang berkisar antara 1,25-2,0 m. Kondisi serupa juga terjadi di wilayah perairan pada lintang 9-11 LU selatan Jawa tengah dan Jawa Timur. Namun pada wilayah disekitar siklon tropis terbentuk kondisi gelombangnya dapat mencapai 4 m.

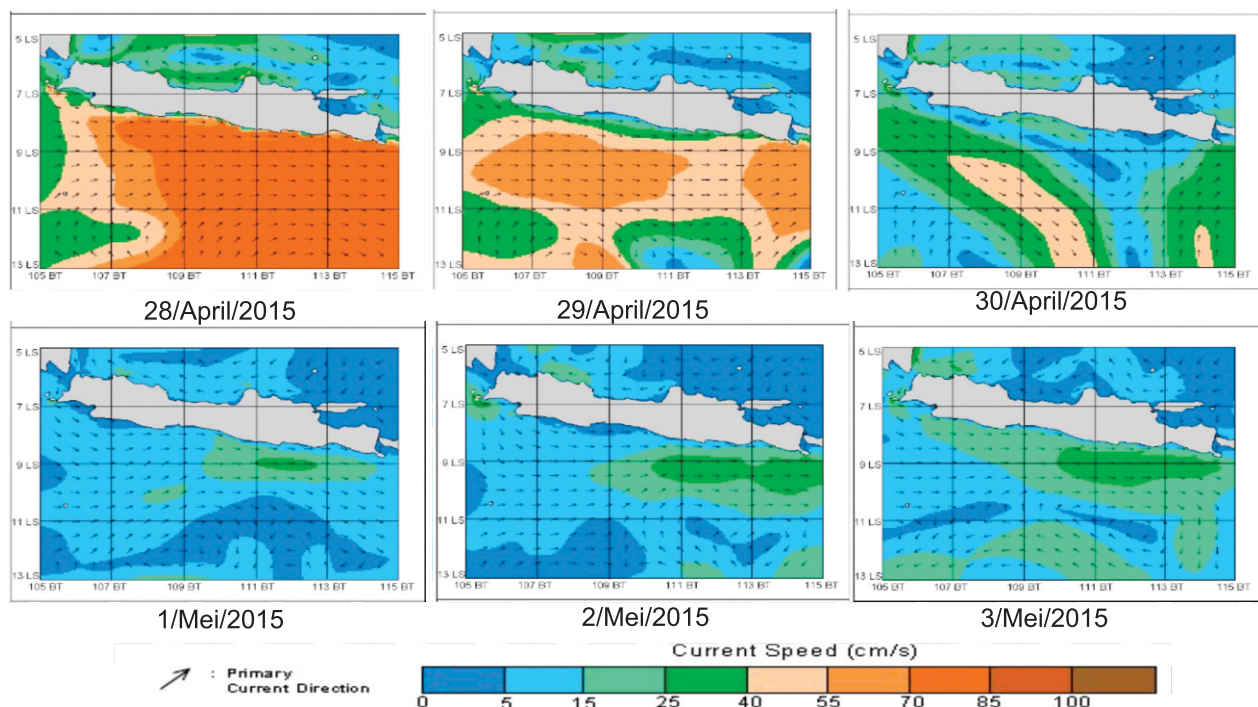
Sama halnya dengan kondisi angin, kondisi tinggi gelombang di perairan selatan Jawa pada umumnya juga meningkat seiring dengan perkembangan siklon tropis Quang. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, pada tanggal 29 April tinggi gelombang maksimum di perairan selatan Jawa pada umumnya meningkat menjadi sekitar 1,25-2 m khususnya pada perairan selatan Jawa tengah yang mencapai 2 m. adapun pada saat siklon tropis mencapai puncak aktivitasnya pada skala 4, tinggi gelombang yang terjadi di wilayah perairan selatan Jawa hingga lintang 10 LS meningkat dengan kisaran tinggi gelombang antara 2-3 m.

Selanjutnya, setelah siklon tropis berada pada puncaknya tanggal 30 April 2015, kondisi gelombang juga secara perlahan mengalami penurunan tinggi

gelombang seperti pada tanggal 1 Mei 2015, walaupun tinggi gelombang di seluruh wilayah perairan selatan Jawa umumnya sama yang memiliki kisaran tinggi antara 1,5-2,0 m, namun pada lintang 9-11 LS terlihat penurunan tinggi gelombang yang hanya mencapai 2,5 m dimana sebelumnya dapat mencapai 3 m. Kemudian pada saat siklon tropis Quang punah pada tanggal 3 Mei 2015, tinggi gelombang maksimum perairan selatan Jawa kembali seperti sebelum terjadi siklon tropis Quang yakni hanya berkisar antara 0,5-1,25 m.

Siklon tropis yang tumbuh di wilayah lautan yang luas pada umumnya akan membuat kondisi gelombang di sekitarnya menjadi lebih tinggi dan berbahaya bagi para nelayan dan pengguna transportasi laut [13]. Semakin skala siklon tropis meningkat, maka gelombang yang terjadi semakin tinggi. Selain itu, peningkatan gelombang yang terjadi tidak hanya di lautan luas yang berdekatan dengan lokasi siklon namun juga perairan dalam yang agak jauh dari siklon tersebut [14].

Selain tinggi gelombang, parameter lain yang dipengaruhi oleh aktivitas siklon tropis adalah kondisi arus permukaan laut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut,

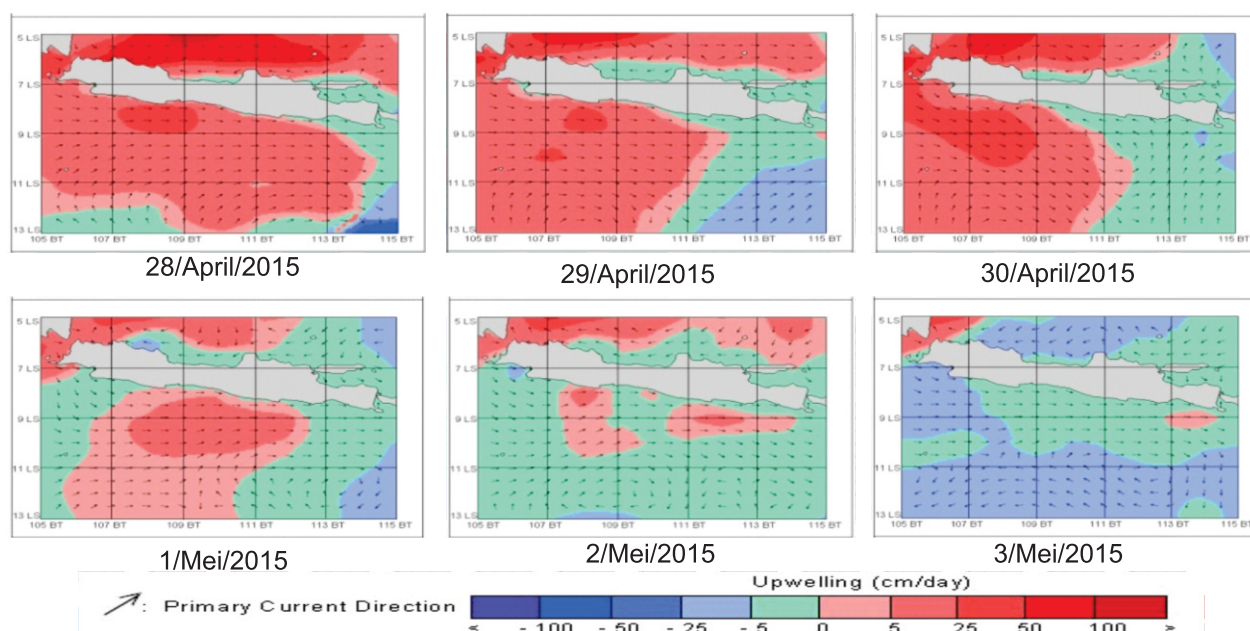


Gambar 4. Kondisi arus permukaan di perairan selatan Jawa selama 6 hari sejak siklon Quang terbentuk hingga punah

Kondisi arus permukaan secara tidak langsung dipengaruhi oleh kondisi angin yang bertiup di atasnya walaupun tenaga angin tersebut hanya memberikan pengaruh sekitar 2% dari kecepatan angin itu dan akan berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman hingga pada kedalaman 200 meter faktor angin tidak berpengaruh [15]. Pada saat awal pembentukan siklon tropis Quang yang berupa depresi tropis tanggal 28 April 2015, kondisi arus permukaan perairan selatan Jawa pada umumnya memiliki arus permukaan yang cukup kuat dimana arus yang terbentuk berkisar antara 55-85 cm/s. Arah arus pun umumnya mengikuti pergerakan angin menuju pusat siklon tropis di wilayah sekitar lintan 14 LU. Kondisi ini terjadi dikarenakan jarak dari pusat aktivitas siklon yang cukup dekat dengan wilayah perairan selatan Jawa.

Kemudian berdasarkan Gambar 4 diatas, kondisi yang cukup berkebalikan dengan kondisi parameter lain sebelumnya terlihat dimana jika pada saat memasuki puncak siklon kondisi angin dan gelombang rata-rata mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan siklon tropis Quang, kondisi terbalik terjadi pada kondisi arus permukaan. Kondisi arus permukaan pada

saat siklon tropis Quang mencapai skala 4 mengalami penurunan dibandingkan dengan saat siklon Quang masih berupa depresi tropis. Kondisi ini menjelaskan bahwa siklon tropis dapat memicu terjadinya peningkatan kecepatan angin dan pergerakan arus yang lambat [16]. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian tentang kajian transport Ekman pada saat siklon tropis Anggrek di Samudera Hindia, arah dari transport Ekman pada saat siklon tropis menjauhi pusat siklon dan berkebalikan dengan arah angin yang menuju pusat siklon tropis. Kemudian pada saat siklon mencapai puncak aktivitasnya, kekuatan transport Ekman juga semakin kuat pada perairan sekitar siklon tropis, sehingga jika dikaitkan dengan kondisi tersebut, maka pelemahan kecepatan arus permukaan di perairan selatan Jawa pada saat puncak aktivitas siklon tropis Quang disebabkan karena adanya perbedaan arah perambatan sehingga antara arus permukaan dan arus transport Ekman saling melemahkan [17]. Kondisi ini diperkuat dengan adanya beberapa wilayah yang arah arusnya mengarah ke utara dan bukan ke selatan. Hal ini dapat terjadi karena arah arus juga dipengaruhi oleh gaya koriolis bumi.

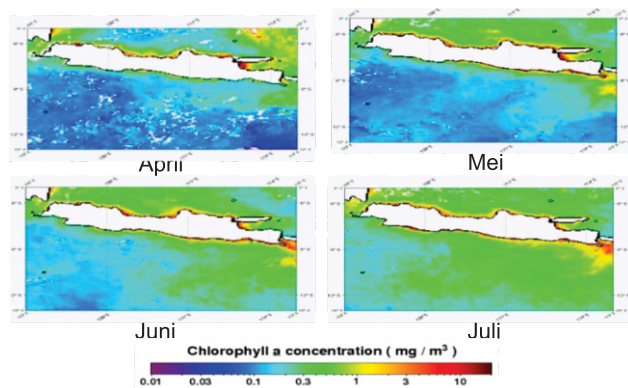


Gambar 5. Kondisi kecepatan Upwelling di perairan selatan Jawa pada selama 6 hari sejak siklon Quang terbentuk hingga punah

Adapun parameter lain yang terpengaruh akibat aktivitas siklon tropis Quang adalah parameter *upwelling* yang terjadi di wilayah perairan selatan Jawa (Gambar 3). Hal ini dikarenakan salah satu faktor pembentuk *upwelling* adalah hembusan angin yang bertiup diatas permukaan laut [18].

Pada Gambar 3, ditunjukkan bagaimana kondisi kecepatan *upwelling* di wilayah perairan selatan Jawa pada saat terjadi siklon tropis Quang. Pada saat siklon tropis Quang masih berbentuk depresi tropis hingga saat sampai pada puncak aktivitasnya, kecepatan *upwelling* diperairan selatan Jawa berkisar antara 25-50 cm/hari. Namun pada saat puncak siklon tropis Quang, sebagian wilayah perairan Jawa khususnya di perairan bagian selatan Jawa Timur kecepatan *upwelling* menurun hingga berkisar antara 0-(-5) cm/hari yang mengindikasikan bahwa di wilayah perairan tersebut terjadi proses *downwelling*. Kondisi ini semakin meluas di seluruh wilayah perairan selatan Jawa seiring dengan melemahnya aktivitas siklon tropis Quang.

Pada bulan April dan Mei sebagai bulan peralihan musim di Indonesia, pada umumnya kondisi di Samudera Hindia lebih banyak mengalami *downwelling* dari pada *upwelling* [18]. Kondisi ini dapat dilihat berdasarkan beberapa parameter yang salah satunya adalah kelimpahan klorofil-a (Gambar 6).



Gambar 6. Kondisi klorofil-a pada bulan April, Mei, Juni dan Juli tahun 2015

Berdasarkan Gambar 6, pada bulan April dan Mei kandungan klorofil-a pada wilayah perairan selatan Jawa tidak sebanyak pada bulan Juni dan Juli, hal ini dapat menjadi salah satu indikasi bahwa pada bulan April dan Mei pada umumnya fenomena yang terjadi di sebagian besar wilayah selatan Jawa adalah *downwelling*, sedangkan pada bulan Juni dan Juli memperlihatkan peningkatan kandungan klorofil-a yang mengindikasikan bahwa umumnya di perairan selatan Jawa banyak terjadi fenomena *upwelling*. Namun dikarenakan adanya aktivitas siklon tropis Quang yang terbentuk di wilayah Samudera Hindia bagian timur pada bulan April dan Mei membuat kondisi perairan selatan Jawa mengalami kondisi yang berbeda dari kondisi normalnya. Kejadian *upwelling* pada saat siklon tropis tidak lepas dari mekanisme Ekman *pump* yang umumnya terjadi di sekitar siklon tropis [17].

Beberapa penelitian terkait juga menunjukkan adanya peningkatan kesuburan pada wilayah perairan Laut Arafura pasca terjadinya siklon tropis di sekitar wilayah perairan tersebut [19]. Hal ini diakibatkan karena siklon tropis dapat memicu terbentuknya *eddy*, perubahan kedalaman lapisan termoklin dan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrien ke lapisan permukaan [20]

4. Kesimpulan

Siklon tropis Quang yang terbentuk di perairan Samudera Hindia bagian timur pada umumnya mempengaruhi beberapa parameter oseanografi yang ada di perairan selatan Jawa. Kondisi angin permukaan dan tinggi gelombang maksimum laut diperairan tersebut pada umumnya meningkat intensitasnya seiring dengan peningkatan aktivitas siklon tropis Quang dan melemah ketika siklon tropis mulai punah. Sedangkan pada kondisi arus permukaan di perairan selatan Jawa memperlihatkan kebalikan dari parameter angin dan gelombang dimana kecepatan arus permukaan berkurang seiring dengan meningkatnya aktivitas siklon tropis Quang. Dan akibatnya adanya aktivitas siklon tropis Quang di antara bulan April dan Mei membuat kondisi perairan di selatan Jawa didominasi oleh *upwelling*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Manajemen Sumber Daya Pantai (MSDP) Universitas Diponegoro Semarang, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG) Jakarta, Pusat Meteorologi Maritim Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jakarta dan Stasiun Meteorologi Maritim Semarang atas dukungan yang diberikan hingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aldrian, E. (2008). *Meteorologi Laut Indonesia*. BMG: Jakarta.
- [2] Martono, Halimurrahman, R. Komarudin, Syarif, S. Priyanto dan D. Nugraha. (2008). *Studi Variabilitas Lapisan Atas Perairan Samudera Hindia Berbasis Model Laut*. LAPAN: Jakarta
- [3]. Suryantoro, A. (2008). Siklon Tropis Di Selatan Dan Barat Daya Indonesia Dari Pemantau Satelit TRMM Dan Kemungkinan Kaitannya Dengan Gelombang Tinggi Dan Puting Beliung. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*. 8(1)
- [4]. Kepert. (2010). Tropical Cyclone Structure and Dynamics. *Global perspectives on tropical cyclone*, pages 3-51
- [5]. Saha, K. (2010). *Tropical Circulation System and Monsoons*. Springer-Verlag:Berlin
- [6]. Haryani, N. S. dan Zubaidah, A. (2012). Dinamika Siklon Tropis di Asia Tenggara Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Jurnal Teknologi*, 29(324): 54-58
- [7]. *Hurricane Archive Wunder Ground* [Online] wunderground.com/hurricane/ southern-indian/2015 (diakses tanggal 10 Oktober 2015)
- [8]. Mursyidin, Munadi, K., Muchlisin, Z.A. 2015. Prediksi Zona Tangkap Ikan Menggunakan Citra Klorofil-a dan Citra Suhu Permukaan Laut Satelit Aqua Modis di Perairan Pulo Aceh. *Rekayasa Elektrika*. 11(5):176-182
- [9]. Kurniawan, R., Permana, D. S., Suratno, Habibie, M. N. (2013). Verifikasi Luaran Model Gelombang Windwaves-05 Dengan Satelit Altimeter. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 14(3):149-158
- [10]. Tolman, H.L. 2008. Practical wind wave modeling. In *Proc. CBMS Conf. Water Waves: Theory and Experiment*, Howard University, Word Scientific Publishers.
- [11]. Stewart, R. H. *Introduction to Physical Oceanography*. Departement of Oceanography. Texas A&M University. 354p
- [12]. Yoga, R. B., Setyono, H., Harsono, G. 2014. Dinamika Upwelling dan Downwelling Berdasarkan Variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A Di Perairan Selatan Jawa. *Jurnal Oseanografi*. 3(1): 57-66.
- [10]. Ardiansyah, D. dan Dupe, Z. L. (2012). *Hubungan Antara Variabilitas Tahunan Monsun Australia Dengan Aktivitas Siklon Tropis di Samudera Hindia*. Program Studi Meteorologi: ITB.
- [11]. Wilopo, M. D. 2005. *Karakter Fisik Oseanografi Di Perairan Barat Sumatera Dan Selatan Jawa-Sumbawa Dari Data Satelit Multi Sensor*. [Skripsi] Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB: Bogor.
- [12]. Kurniawan, R., Habibie, M. N., Suratno. (2011). Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indoensia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(3): 221-232
- [13]. Prasetya, R., As'ari, Dayantolis, W. 2014. Analisis Dampak Siklon Tropis Nangka, Parma, dan Nida pada Distribusi Curah Hujan di Sulawesi Utara. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 10(1):1-9
- [14]. Zulaichah, N.S., Hariadi. 2015. Analisis Tinggi Gelombang di Laut Seram Selama Periode Siklon Tropis Rusty (24-28 Februari 2013) dan Halong (29 Juli-9 Agustus 2014). *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. 2(1): 23-31.
- [15]. Bernawis, Lamona I. (2000). *Temperature and Pressure Responses on El-Nino 1997 and La-Nina 1998 in Lombok Strait*. Proc. The JSPS-DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area.
- [16]. Zhao, H., Tang, D.L., Wang, Y. 2008. Comparison of phytoplankton blooms triggered by two typhoons with different intensities and translation speeds in the South China Sea, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, (365):57–65.
- [17]. Fadlan, A. (2014). *Kajian Transport Ekman Pada Saat Siklon Tropis Anggrek*. [Skripsi] Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: Banten
- [18]. Syafik, A., Kunarso, Hariadi. (2013). Pengaruh Sebaran Dan Gesekan Angin Terhadap Sebaran Suhu Permukaan Laut Di Samudera Hindia (Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia). *Jurnal Oseanografi*. 2(3): 318-328.
- [19]. Susilo, E., Hadiani, S. 2015. Peningkatan Kesuburan Perairan Laut Arafura dan Sekitarnya Pasca Siklon Tropis LAM. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 10(1): 1-9
- [20]. Wang, G., Ling, Z., Wang, C. 2009. Influence of Tropical Cyclones on Seasonal Ocean Circulation in The South China Sea. *Journal of Geophysical Research* (114): 1-9