
**ANALISIS SPEKTRUM GELOMBANG BERARAH DI PERAIRAN
KARIMUNJAWA, KABUPATEN JEPARA**

Albert Gunawan, Purwanto, Alfi Satriadi

Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698
Email : albertgunawan2594@gmail.com, purwantoirh@yahoo.co.id, satriad_as@yahoo.co.id

Abstrak

Gelombang yang mengarah ke pantai akan berubah bentuknya dan akhirnya pecah ketika sampai di pantai. Pecahnya gelombang ini disertai dengan gerakan maju berkekuatan besar. *World Meteorological Organization* (WMO) biasanya mengukur gelombang dengan mengacu pada kriteria rata-rata tinggi dan periode gelombang tertinggi yang nampak dari sejumlah grup gelombang disebut tinggi dan periode gelombang signifikan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode spektrum berarah yang akan menghasilkan arah penjalaran gelombang, tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s). Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gelombang dan spektrum gelombang berarah pada lokasi kajian. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 22 Mei – 27 Mei 2016 di Perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara bersama dengan Tim Penelitian Hibah Dikti. Metode yang digunakan dalam penelitian ini secara kuantitatif. Pengolahan data angin dilakukan secara statistik menggunakan peramalan gelombang metode SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider). *Software* yang digunakan untuk membuat model gelombang adalah MIKE 21 SW (*Spectral Wave*), yang dapat diketahui proses penjalaran gelombang. Hasil pengolahan data lapangan menunjukkan bahwa tinggi gelombang maksimum sebesar 1,22 meter dengan periode 7,30 detik. Tinggi gelombang signifikan (H_s) 0,64 meter dan periode signifikan (T_s) 5,66 detik. Tinggi gelombang minimum 0,09 meter dengan periode 4,30 detik. Spektrum gelombang antara $1,26 \times 10^{-9}$ hingga $0,099 \text{ Nm/m}^2$. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Perairan Karimunjawa termasuk dalam gelombang perairan transisi serta mempunyai nilai energi gelombang yang berbanding lurus dengan nilai tinggi gelombangnya.

Kata Kunci: Gelombang, Karakteristik Gelombang, Spektrum Gelombang, Perairan Karimunjawa

Abstract

Waves which heading towards the shore will change its form and finally break when arrive. These waves breaking along within forward motion that have huge power. World Meteorological Organization (WMO) usually measures the waves refer to average high criteria and highest time criteria that also look from some waves. This criteria as known as significant wave height and time. The method in this research is directional spectrum method which will show the direction of wave spreading, significant wave height (H_s) and significant wave time (T_s). The purpose of this study is to knowing the characteristic of waves and directional wave spectrum at the location of the study. The research was conducted on 22 May – 27 May 2016 at Karimunjawa Waters, Jepara, collaborating with Grant Dikti Research Unit. The methods used in this study were quantitative methods. Wind data processing was carried out using statistical SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider) method for wave forecasting. The software used to create the waves model is the MIKE 21 SW (*Spectral Wave*), which can represent how the wave will spread. The results of the field data shows that the maximum wave height was 1,22 meters with a period of 7,30 seconds. Significant wave height (H_s) was recorded of 0,64 meters with a significant period (T_s) of 5,66 seconds, and minimum wave height was 0,09 meters with a period of 4,30 seconds. Wave spectrum between $1,26 \times 10^{-9}$ until $0,099 \text{ Nm/m}^2$. The results of the study, it can be concluded that Karimunjawa Waters have transition waters wave and the wave energy value have linear condition with the wave height value in Karimunjawa Waters.

Keywords: Waves, Waves Characteristic, Wave Spectrum, Karimunjawa Waters

PENDAHULUAN

Gelombang yang mengarah ke pantai akan berubah bentuknya dan akhirnya pecah ketika sampai di pantai. Pecahnya gelombang ini disertai dengan gerakan maju berkekuatan besar. Kekuatan tersebut dapat memberikan dampak pengikisan sedimen atau material pasir yang biasa disebut dengan erosi (Hutabarat dan Evans, 1985). Erosi dapat mengakibatkan pantai mengalami kemunduran garis pantai, pencemaran lingkungan, penurunan tanah, dan intrusi air asin. Dampak yang cukup merugikan ini berpotensi mengakibatkan pada penurunan potensi pariwisata di pantai, contohnya adalah pada pantai yang ada di sekitaran Pulau Karimunjawa (Triatmodjo, 1999).

Potensi wisata yang dimilikinya mampu memberikan pendapatan asli daerah (PAD) yang terbilang besar bagi Kabupaten Jepara. Karakteristik perairan di sekitar pantai ini harus diperhatikan agar potensi wisata yang ada tidak berkurang. Salah satu karakteristik pantai yang harus diperhatikan adalah kondisi gelombang. Pulau Karimunjawa merupakan salah satu objek wisata di Indonesia yang termasuk pada wilayah Kabupaten Jepara. Pulau Karimunjawa berada di perairan Laut Jawa yang luas wilayahnya berkisar 111,625 Ha (Dep Kehutanan, 2004).

Salah satu permasalahan yang biasanya terdapat di suatu pantai adalah adanya erosi yang diakibatkan oleh gelombang yang menjalar ke pantai akhirnya akan pecah yang disertai kekuatan untuk mengikis sedimen di pantai (Hutabarat dan Evans, 1985). Erosi dapat mengakibatkan mundurnya garis pantai yang kemudian akan berpengaruh pada kehidupan masyarakat pesisir dan potensi wisata pantai. Apabila tidak dilakukan penanganan, dikhawatirkan bahwa pantai akan semakin mundur dan kehilangan lahan sehingga potensi wisata pantai akan turut berkurang. Selain itu gambaran tentang kondisi gelombang juga dapat menambah informasi serta kewaspadaan untuk wisatawan maupun masyarakat yang sedang atau ingin melakukan kegiatan di perairan tersebut. Untuk menangani masalah tersebut, dibutuhkan analisis terhadap karakteristik gelombang di pantai. Karakteristik gelombang yang dianalisis pada penelitian ini adalah spektrum dari gelombang laut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik gelombang dengan parameter tinggi gelombang signifikan (H_s), periode gelombang (T_s), dan arah gelombang, serta mengetahui spektrum gelombang berarah yang berupa distribusi energi gelombang laut pada Perairan Karimunjawa.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

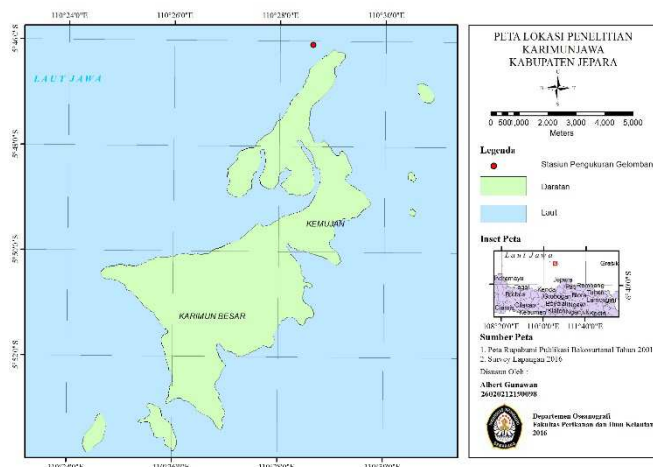
Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer yaitu data pengukuran gelombang lapangan di perairan Karimunjawa. Data sekunder berupa Peta Batimetri Kepulauan Karimunjawa DISHIDROS TNI-AL skala 1:100.000 tahun 2005, data angin *Ogimets* selama 10 tahun (Januari 2006-Mei 2016), dan Peta Karimunjawa, Kabupaten Jepara RBI skala 1:80.000 Tahun 2001.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yang berupa angka-angka dan analisis data menggunakan statistik (Sugiyono, 2009). Data angin yang didapat diolah dan diramalkan menjadi data gelombang dengan metode SMB sehingga mendapatkan hasil tinggi dan periode gelombang signifikan. Data tinggi dan periode tersebut kemudian digunakan dalam pemodelan penjalaran serta spektrum gelombangnya.

Metode Penentuan Lokasi

Penentuan titik sampel di perairan Karimunjawa ini menggunakan metode *Area Sampling (Cluster Sampling)* dalam penentuan lokasi pengukuran gelombangnya, metode ini digunakan bila lokasi pengukuran yang diamati sangat luas. Lokasi stasiun pengukuran data gelombang tersebut ditentukan dengan pertimbangan bebas halangan, sehingga gelombang yang terbentuk tidak terhalang hambatan sehingga dapat mewakili pergerakan gelombang di perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara (Sugiyono, 2009).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data menggunakan alat *ADCP SonTek Argonaut-XR* untuk mendapatkan parameter gelombang seperti tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) dengan pencatatan selama 5 hari. Prinsip kerja ADCP adalah menggunakan suatu sistem sensor penjalaran tekanan dan dapat diatur untuk mengumpulkan dan merekam elevasi gelombang dalam arah x dan y , dengan mengirimkan gelombang suara dengan frekuensi tinggi dan menentukan kembalinya hamburan sinyal perpindahan frekuensi dari pantulan partikel kecil yang ada dalam air.

Pengambilan data angin secara tidak langsung yaitu menggunakan data dari website *Ogimet* (www.ogimet.com) dengan memasukkan kode Stasiun Meteorologi Semarang – Ahmad Yani, yakni 96839. Data angin yang diperlukan adalah data angin per 3 jam selama 10 tahun periode tahun (2006-2016). Data tersebut cukup representatif untuk menginterpretasikan kondisi spektrum gelombang yang ada di perairan.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Data angin yang digunakan adalah bulan Januari 2006 hingga Mei 2016 yang diperoleh dari *Ogimet* diolah untuk peramalan gelombang yang dimaksudkan untuk mengetahui kondisi gelombang yang dominan pada daerah penelitian.

Data gelombang yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan penentuan tinggi gelombang representatif (H_s) dan periode gelombang representatif (T_s) sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$n = 33,3\% \times \text{jumlah data} \quad (1)$$

$$H_s = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (2)$$

$$T_s = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{n} \quad (3)$$

keterangan:

- H_s : tinggi gelombang signifikan (m)
- T_s : periode gelombang signifikan
- $H_{1 \dots n}$: tinggi gelombang 1, 2, ..., n (m)
- $T_{1 \dots n}$: periode gelombang 1, 2, ..., n (m)
- n : jumlah data

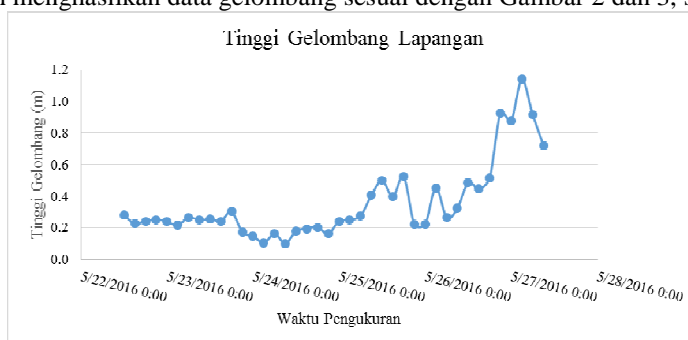
Nilai H_s dihitung dari 33,3% tinggi gelombang tertinggi dan T_s dihitung dari 33,3% periode gelombang terbesar. Data tinggi gelombang dan periode signifikan ini digunakan sebagai masukan pada pemodelan gelombangnya.

Pemodelan gelombang dalam penelitian ini menggunakan *Software DHI MIKE 21* modul SW (*Spectral Wave*). Model ini mempertimbangkan pengaruh perubahan kedalaman perairan, pengaruh angin dan disipasi energi akibat gesekan dasar. Dengan domain model Perairan Karimun Jawa, Kabupaten Jepara.

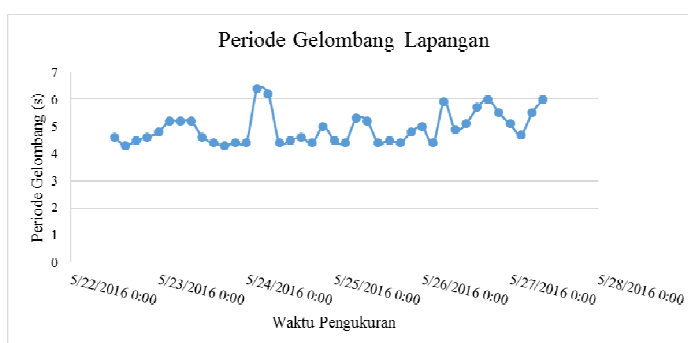
HASIL

Gelombang Lapangan

Hasil dari pengukuran gelombang di lapangan pada titik koordinat 5°46'3.944" LS dan 110°28'36.61" BT pada tanggal 22-27 Mei 2016 dengan lokasi di perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah menghasilkan data gelombang sesuai dengan Gambar 2 dan 3, serta Tabel 1.



Gambar 2. Grafik Tinggi Gelombang Lapangan



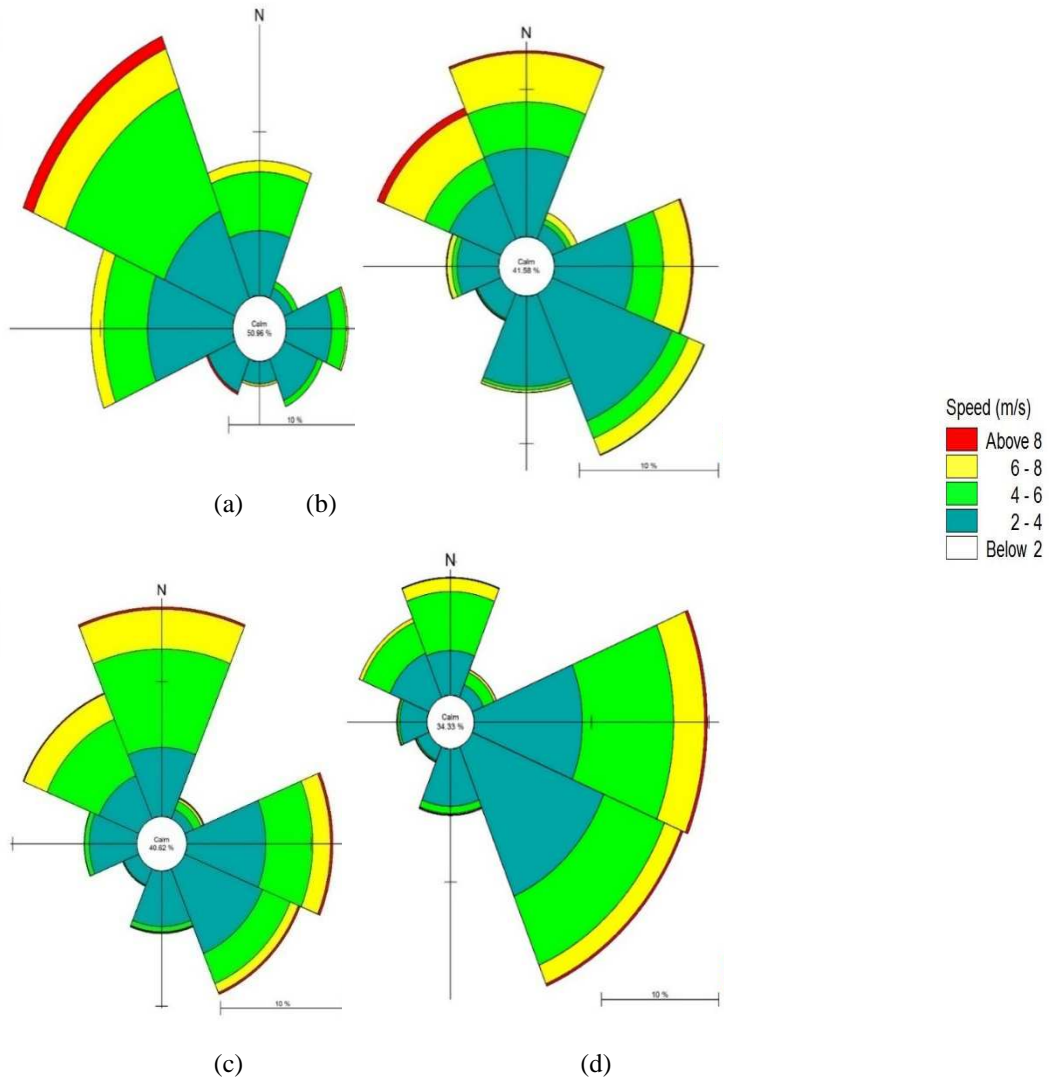
Gambar 3. Grafik Periode Gelombang Lapangan

Tanggal	Hmax (m)	Hs (m)	Hmin (m)	Tmax (s)	Ts (s)	Tmin (s)
22 Mei – 27 Mei 2016	1,22	0,646	0,09	7,30	5,66	4,30

Tabel 1. Hasil Tinggi dan Periode Gelombang Pengukuran Lapangan

Konversi Data Angin

Pada penelitian kali ini, data angin yang digunakan selama 10 tahun yaitu dari Januari 2006 – Mei 2016, diperoleh dari *website Ogimet*. Mawar angin pun didapatkan berdasarkan pengelompokkan secara musiman, diantaranya; musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II. Pada musim barat angin dominan berasal dari arah barat laut, musim peralihan I dan peralihan II angin dominan berasal dari arah utara, sementara pada musim peralihan II arah angin dominan berasal dari timur. Mawar angin pada masing-masing musim dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mawar Angin
 (a) Musim Barat Tahun 2006 – 2016 dari arah Barat Laut
 (b) Musim Peralihan I Tahun 2006 – 2016 dari arah Utara
 (c) Musim Timur Tahun 2006 – 2016 dari arah Utara
 (d) Musim Peralihan II Tahun 2006 – 2016 dari arah Timur

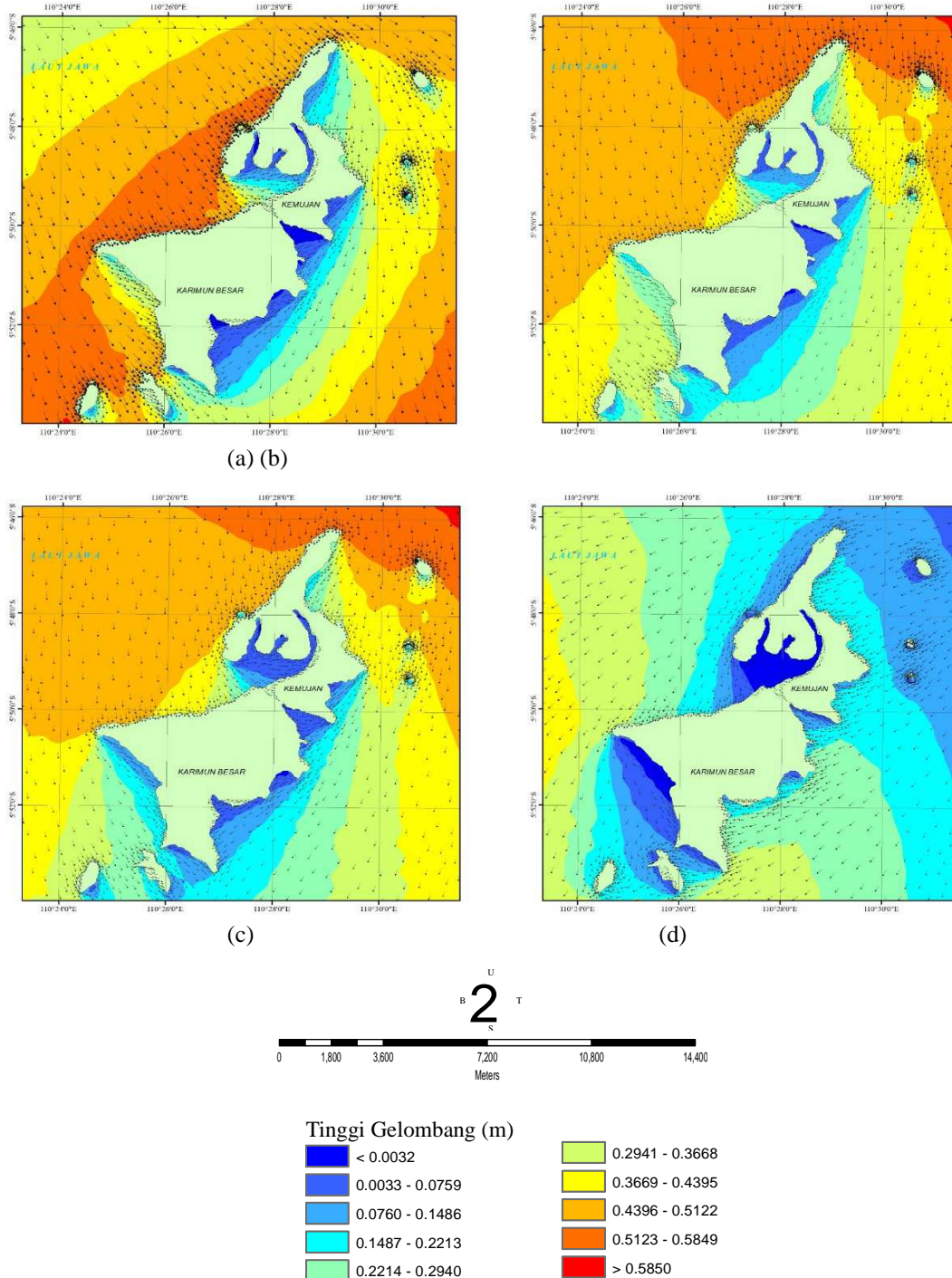
Data angin tersebut dikonversi menjadi data tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai tinggi dan gelombang representatif yang dikelompokkan berdasarkan pembagian musim, yaitu musim barat, musim peralihan I, musim timur dan peralihan II yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Musim	Hmax (m)	Hs (m)	Hmin (m)	Tmax (s)	Ts (s)	Tmin (s)
Barat	0,72	0,20	0,02	4,46	1,53	0,55
Peralihan I	1,13	0,59	0,03	5,60	3,43	0,55
Timur	1,13	0,57	0,04	5,60	3,33	0,55
Peralihan II	0,10	0,02	0,01	0,55	0,34	0,25

Tabel 2. Hasil Pengolahan Angin Tinggi dan Periode Gelombang per Musim

Pemodelan Spektrum Gelombang

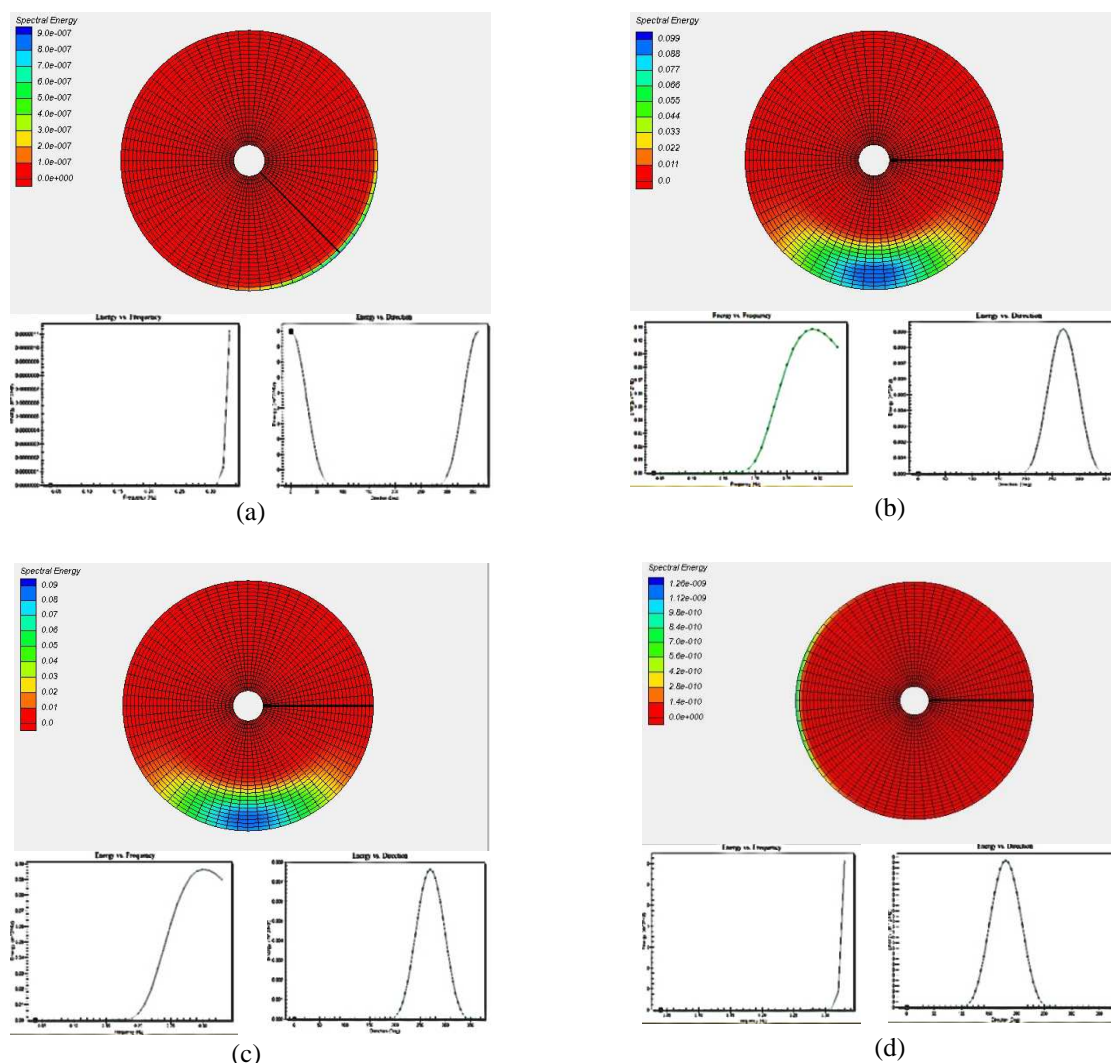
Pemodelan gelombang menggunakan *software* DHI MIKE 21 modul SW (*Spectral Wave*). Dalam pemodelan gelombang menggunakan inputan berbeda yang berdasarkan pembagian musim, yaitu musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II. Hasil pemodelan ini diambil yang besarnya dominan agar dapat mewakili karakteristik daerah tersebut. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penjalaran Gelombang (a) Musim Barat (b) Musim Peralihan I (c) Musim Timur (d) Musim Peralihan II

Spektrum gelombang digambarkan pada grafik spektrum polar 2D, dimana pada grafik tersebut dapat menjelaskan kondisi estimasi penjalaran gelombang. Grafik spektrum polar ini ditentukan dari nilai spektrum energinya, serta hubungannya antara arah serta frekuensi gelombang. Parameter yang ditinjau pada grafik spektrum polar 2D ini yaitu, frekuensi spektrum gelombang dan arah penjalaran energi

gelombang. Grafik ini mempresentasikan kondisi penjalaran gelombang setiap musim pada daerah penelitian yang dapat diketahui pengaruhnya pada daerah tersebut. Grafik spektrum polar per musim dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Plot 2D Spektrum Gelombang (a) Musim Barat (b) Musim Peralihan I (c) Musim Timur (d) Musim Peralihan II

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran gelombang lapangan pada tanggal 22 Mei – 27 Mei 2016 yang dilakukan bersama Tim Penelitian Hibah Dikti, diketahui bahwa tinggi gelombang di perairan Karimunjawa berada pada kisaran 0,09 – 1,22 meter dengan periode gelombang antara 4,30 – 7,30 detik, sedangkan tinggi gelombang signifikan (H_s) adalah 0,64 meter dengan periode gelombang signifikan (T_s) adalah 5,66 detik. Tinggi gelombang maksimum di lapangan adalah 1,22 meter, hal ini terjadi karena pengukuran dilakukan pada bulan Mei yang termasuk kedalam musim peralihan I. Kecepatan angin pada musim ini umumnya lebih kecil bila dibandingkan musim barat atau musim timur.

Gelombang yang terbentuk pada lokasi penelitian dapat dikategorikan sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh angin dengan pernyataan pendukung dari Triatmodjo (1999) yang menyatakan bahwa gelombang yang dibangkitkan oleh angin mempunyai periode gelombang antara 1-15 detik, sedangkan berdasarkan kedalaman relatif gelombang (d/L) perairan Karimunjawa termasuk kedalam gelombang laut transisi, dimana nilai kedalaman relatif gelombang (d/L) sebesar 0,27. Menurut Triatmodjo (1999), menyatakan bahwa berdasarkan kedalaman relatif gelombang dimana perbandingan antara kedalaman perairan (d) dan panjang gelombang (L) dengan nilai $0,05 < d/L < 0,5$ dikategorikan dalam gelombang

laut transisi. Berdasarkan hasil data lapangan nilai kecepatan gelombang pada perairan dalam ialah 8,84 m/s, ketika memasuki perairan menengah di titik lokasi pengukuran maka kecepatan gelombang akan berkurang menjadi 8,30 m/s. Panjang gelombang pada perairan dalam ialah 50,09 m yang ketika memasuki perairan transisi akan berkurang nilainya menjadi 47,07 m. Nilai panjang gelombang ini akan berkurang seiring dengan merambatnya gelombang menuju pantai (Triatmojo, 1999). Pada gambar 3 memperlihatkan mawar angin hasil pengolahan data angin dari *website Ogimet* selama 10 tahun (2006 – 2016) musim barat. Menunjukkan bahwa arah angin dominan berasal dari arah barat laut yang memiliki kecepatan angin dominan berkisar antara 4-6 m/s. Pada gambar 8, 9 dan 10 secara berurutan menunjukkan mawar angin pada kondisi musim peralihan I, timur dan peralihan II. Pada musim peralihan I arah dominan angin berasal dari arah utara dengan kecepatan dominan angin berkisar antara 2-4 m/s. Pada musim timur arah dominan angin berasal dari arah utara yang memiliki kecepatan dominan angin berkisar antara 4-6 m/s, dan pada musim peralihan II arah dominan angin berasal dari arah timur dengan kecepatan dominan angin berkisar antara 2-4 m/s. Berdasarkan hasil mawar angin terlihat bahwa pada setiap musim arah angin dominan berasal dari arah barat laut, utara dan timur, sehingga gelombang yang terbentuk berasal dari arah-arah tersebut. Hal ini dikarenakan lokasi kajian berada diantara pulau Jawa dan Kalimantan yang dikelilingi oleh laut Jawa.

Hasil dari peramalan gelombang didapatkan dengan Metode SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider). Data angin tersebut dikonversi menjadi data tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai dan periode gelombang representatif yang dikelompokkan berdasarkan musim. Tinggi gelombang signifikan (H_s) tertinggi adalah pada musim peralihan I yaitu 0,59 meter, sedangkan terendah pada musim peralihan II yaitu 0,2 meter, dan periode gelombang signifikan (T_s) tertinggi pada musim peralihan I yaitu 3,43 detik dan yang terendah pada musim peralihan II yaitu 0,34 detik. Tinggi gelombang maksimum (H_{max}) tertinggi pada musim peralihan I yaitu 1,13 meter dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) antara 0,007 meter pada musim peralihan II. Periode gelombang maksimum (T_{max}) tertinggi pada musim peralihan I yaitu 5,60 detik dan periode gelombang minimum (T_{min}) berkisar antara 0,25 detik pada musim peralihan II.

Peramalan gelombang menggunakan metode SMB dipilih untuk meramalkan kondisi gelombang di perairan transisi dan dalam. Karakteristik metode SMB itu sendiri biasanya digunakan untuk meramalkan gelombang pada perairan transisi dan dalam yang mengabaikan adanya efek pendangkalan, sehingga apabila peramalan ini digunakan pada lokasi kajian akan menghasilkan kesalahan yang relatif kecil karena pada daerah pantai efek pendangkalan sangat mempengaruhi kondisi gelombang maupun angin yang akan membangkitkan gelombang. Dengan demikian metode SMB lebih sesuai untuk digunakan dalam melakukan peramalan gelombang di perairan Karimunjawa karena perairan tersebut termasuk dalam klasifikasi perairan transisi. Hasil peramalan gelombang dengan metode SMB selanjutnya digunakan sebagai nilai masukan untuk memodelkan penalaran spektrum gelombang dengan *software* DHI MIKE 21 modul *Spectral Wave*.

Berdasarkan hasil pemodelan spektrum gelombang dapat diketahui bahwa arah datang gelombang dominan Gambar 4 pada musim barat, musim peralihan I dan musim timur, dan musim peralihan II secara berurutan adalah barat laut, utara dan timur. Pada hasil tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa tinggi gelombang berbanding lurus dengan kecepatan angin, semakin kencang angin bertiup maka semakin besar pula gelombang yang terbentuk dan memiliki kecepatan dan panjang gelombang yang besar (Azis, 2006).

Hasil pemodelan dari musim barat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa gelombang yang menjalar sesuai arahnya dengan data arah angin yang digunakan. Dalam penjarannya gelombang akan berbelok dan menjadi tegak lurus pantai yang disebabkan oleh perubahan kedalaman (Triatmojo, 1999). Hasil pemodelan di musim peralihan I, timur dan peralihan II pun menunjukkan penalaran gelombang sesuai dengan data arah angin dominan yang digunakan, karena salah satu parameter pembentuk gelombang adalah arah angin (Triatmojo, 1999).

Pada hasil polar spektrum menunjukkan bahwa energi yang terbentuk berada pada arah gelombang tersebut akan menjalar. Energi terbesar dari gelombang pada Perairan Karimunjawa terjadi pada musim peralihan I. Hal ini disebabkan karena arah datangnya angin tidak terhalang oleh suatu hambatan pada area pembentuk gelombang sehingga nilai fetch pun akan lebih besar, yang menjadikan gelombang yang dihasilkan pun akan lebih besar dibanding musim lainnya. Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat diketahui bahwa tinggi gelombang dan energi gelombang laut memiliki hubungan, yaitu semakin tinggi gelombang terbentuk maka akan semakin pula energi yang dihasilkan gelombang tersebut, pernyataan ini diperkuat dengan pernyataan Wahyudi *et al.* (2005) yang mengatakan bahwa semakin besar tinggi gelombang, maka nilai energi gelombang akan semakin besar dan begitu sebaliknya.

KESIMPULAN

Gelombang di perairan Karimunjawa termasuk dalam gelombang perairan transisi yang memiliki nilai tinggi gelombang signifikan (H_s), periode signifikan (T_s), dan arah gelombang pada musim barat yaitu 0,20 m, 1,53 detik, barat laut; musim peralihan I yaitu 0,59 m, 3,43 detik, utara; musim timur yaitu 0,57 m, 3,33 detik, utara; dan musim peralihan II yaitu 0,02 m, 0,34 detik, timur.

Spektrum gelombang berarah di perairan Karimunjawa memiliki nilai distribusi energi gelombang antara $1,26 \times 10^{-9}$ hingga $0,099 \text{ Nm/m}^2$ yang tersebar di empat musim yaitu musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II. Nilai spektrum gelombang terendah berada pada musim peralihan II dan nilai spektrum gelombang tertinggi berada pada musim peralihan I, dimana nilai spektrum gelombang ini berbanding lurus dengan nilai tinggi gelombang pada perairan Karimunjawa.

DAFTAR PUSTAKA

Aziz, M.F. 2006. Gerak Air di Laut. Jurnal Oseana., 31 (4) : 9-12.

Departemen Kehutanan, Balai Taman Nasional Karimunjawa. 2004. Penataan Zonasi Taman Nasional Karimunjawa Kabupaten Jepara Provinsi Jawa Tengah

Hutabarat, S. dan S.M. Evans. 1984. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. CV Alfabeta, Bandung.

Wahyudi, Solihin dan Ferry S. 2005. Pengaruh Spektrum Gelombang Terhadap Stabilitas Batu Pecah pada Permukaan Cellular Cofferdam Akibat Gelombang Overtopping. Jurnal Teknologi Kelautan. Vol. 9(1) : 9-17.

Triatmodjo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.