

## STUDI REFRAKSI DAN DIFRAKSI GELOMBANG PADA RENCANA BANGUNAN PELABUHAN DI TANJUNG BONANG, KABUPATENREMBANG

Radhina Amalia, Warsito Atmodjo, Purwanto\*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698  
Email : radhinaamalia@yahoo.co.id

### Abstrak

Gelombang merupakan salah satu parameter oseanografi yang sangat penting dalam merencanakan suatu bangunan pantai, penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan. Penjalaran gelombang seperti refraksi dan difraksi perlu diketahui, khususnya dalam melakukan perencanaan bangunan pelabuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses refraksi dan difraksi gelombang pada rencana bangunan pelabuhan di Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang dengan menggunakan *software* SMS 10.0 modul *CMS-Wave*. Penelitian dilaksanakan pada tanggal, 12-15 April 2014 di Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang. Data yang digunakan berupa data gelombang, data angin, batimetri, dan peta rupa bumi Indonesia Rembang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang di Tanjung Bonang memiliki tinggi signifikan ( $H_s$ ) 0,139 meter dan periode signifikan ( $T_s$ ) sebesar 4,286 detik. Peramalan data gelombang menggunakan metode SMB. Hasil permodelan gelombang menunjukkan bahwa refraksi gelombang terjadi karena adanya perbedaan kontur kedalaman dan menyebabkan terjadinya pembelokan arah gelombang, sedangkan difraksi terjadi pada saat gelombang mengalami pembelokan di daerah sekitar bangunan pelabuhan.

**Kata kunci :** Gelombang, Refraksi, Difraksi, CMS-Wave, Tanjung Bonang

### Abstract

*Wave is one of an important oceanographic parameters on making plan for coastal building, determining harbor layout. Propagation wave like refraction and diffraction is necessary to be known, especially in making plan for protecting harbor areas. The purpose of this research is to knowing the process of refraction and diffraction of wave on the plan of knapping wave building in Tanjung Bonang, Rembang region with SMS 10.0 software module CMS-Wave. The research was held on 12<sup>th</sup>-15<sup>th</sup> of April 2014 in Tanjung Bonang, Rembang region. The data used were wave data, wind data, bathymetric data and map of earth Indonesia Rembang shape. The methods used in this research was study case method. Based on the result of the research shows that the wave is significant ( $H_s$ ) 0,139 meters and significant period ( $T_s$ ) is 4,286 second. The forecast of wave data using SMB method. The result of wave models shows that the wave refraction occurs because there is the different of depth contour and caused the turning wave direction, while diffraction occured when wave turns at the edge in the area around the port building.*

**Keywords :** Wave, Refraction, Diffraction, CMS-Wave, Tanjung Bonang

### 1. Pendahuluan

Kabupaten Rembang merupakan daerah yang sebagian besar wilayahnya adalah pantai, terletak di pantai utara Jawa yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Kabupaten Rembang berbatasan dengan Kabupaten Blora di sebelah selatan, Provinsi Jawa Timur (Kabupaten Tuban) di sebelah timur, dan Kabupaten Pati di sebelah barat (Bappeda Kabupaten Rembang, 2008). Daerah Kabupaten Rembang sebagian besar wilayahnya berupa pantai oleh karena itu, banyak dilakukan aktivitas seperti melakukan perkembangan wilayah pesisir di sekitarnya.

Di Tanjung Bonang saat ini masih dilakukan tahapan awal dalam mereklamasi lahan untuk membangun suatu pelabuhan. Dalam melakukan perencanaan pembangunan pelabuhan nantinya akan berpengaruh terhadap proses hidrodinamika perairan seperti perubahan karakteristik gelombang laut

ataupun perubahan bentuk dari arah penjalaran gelombang itu sendiri. Dalam penelitian ini hanya meninjau proses refraksi dan difraksi di mana memiliki pengaruh yang besar dalam perencanaan pelabuhan dan bangunan pantai (Triatmodjo, 1999).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses refraksi dan difraksi gelombang pada pelabuhan Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang dengan menggunakan *software* SMS 10.0 modul *CMS-Wave*. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi dan gambaran mengenai kondisi gelombang yang ada di pelabuhan Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang.

## 2. Materi dan Metode

### A. Materi

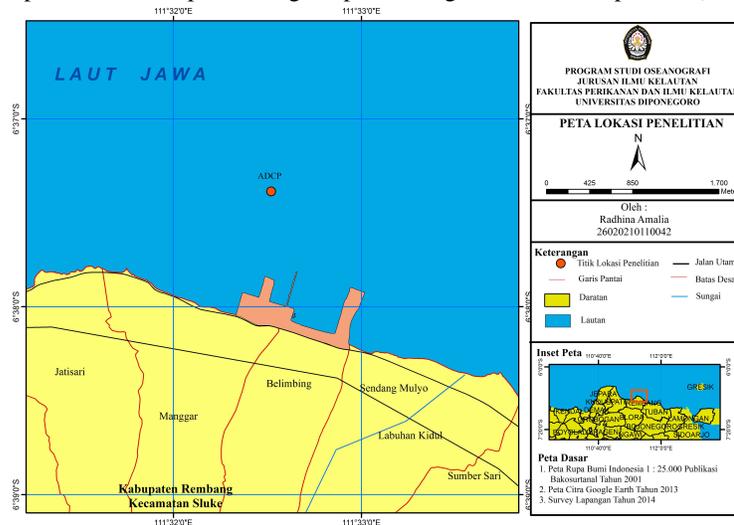
Penelitian dilaksanakan pada tanggal 12-15 April 2014 di pelabuhan Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang. Materi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data utama yaitu gelombang laut meliputi data tinggi dan periode, sedangkan data pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 2001 skala 1:25:000 dari BAKOSURTANAL, data batimetri pelabuhan Tanjung Bonang (Tim Rembang, 2014) dan data angin per jam selama 5 tahun (2010-2014) diperoleh dari BMKG Maritim Tanjung Mas Semarang.

### B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus, di mana merupakan penelitian yang terpusat pada suatu permasalahan secara intensif dan mendetail yang umumnya dapat menghasilkan gambaran yaitu pengumpulan dan analisis data dalam suatu jangka waktu (Subana, 2001). Analisa data dilakukan dengan pendekatan metode kuantitatif (Sugiyono, 2009) merupakan metode penelitian yang menggunakan data berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik atau model.

#### Metode penentuan titik pengukuran gelombang

Penelitian gelombang dilakukan pada satu titik yang terletak pada titik koordinat  $111^{\circ} 32' 43,5''E$  dan  $06^{\circ} 37' 25,8''S$  dengan posisi kedalaman 8,1 meter (Gambar 1). Penentuan titik penempatan lokasi pengukuran dilakukan dengan metode *purposive sampling method* di mana mengambil titik lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan– pertimbangan tertentu dari peneliti (Sudjana, 1992).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

#### Metode Pengukuran Gelombang

Pengukuran gelombang menggunakan *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) Sontek Argonaut-XR* yang secara langsung sensor tekanan akan merekam tinggi dan periode gelombang dengan memanfaatkan gelombang akustik. Pengukuran gelombang laut dilakukan selama 3x24 jam dengan interval perekaman 10 menit.

#### Metode Pengolahan Data

Pada pengolahan data ini ada beberapa data yang diolah seperti data gelombang dan data angin, sehingga adapun metode pengolahan data dapat diuraikan sebagai berikut:

##### Pengolahan data gelombang

Dalam pengolahan data gelombang didapatkan parameter gelombang yaitu tinggi gelombang ( $H$ ) dan periode gelombang ( $T$ ) kemudian dianalisis dengan menggunakan penentuan gelombang representatif menurut Triatmodjo (1999) sebagai berikut:

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

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

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

Keterangan:

- Hs : Tinggi Gelombang Signifikan (m)
- Ts : Periode Gelombang Signifikan (dt)
- H<sub>1...n</sub> : Tinggi Gelombang ke 1,2,...,n (m)
- T<sub>1...n</sub> : Periode Gelombang ke 1,2,...,n (dt)

Nilai  $H_s$  dihitung dari 33,3% tinggi gelombang tertinggi dan  $T_s$  dihitung dari 33,3% periode gelombang besar.

**Pengolahan peramalan gelombang dari data angin**

Peramalan data gelombang dari data angin diolah menggunakan metode *Sverdrup-Munk-Bretchneider* (SMB) (CERC, 1984). Adapun langkah-langkah dalam peramalan gelombang metode SMB seabagai berikut:

1. Panjang fetch dihitung dengan menggunakan *software* ArcGIS 10. Perhitungan panjang *fetch* efektif dilakukan dengan bantuan peta lokasi dengan skala yang cukup besar.
2. Menghitung nilai kecepatan angin, kecepatan angin di laut ( $U_w$ ), dan menghitung koefisien gesek ( $U_A$ ).
3. Menghitung durasi kecepatan angin ( $t$ )
4. Menghitung *fetch* maksimum dan *fetch* minimum
5. Menghitung nilai  $H_s$  dan  $T_s$

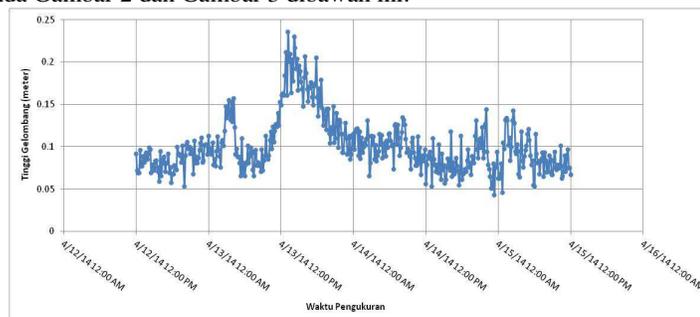
**Model gelombang**

Permodelan penjalaran gelombang menggunakan *software* *Sea water Modelling System* (SMS) 10.0 dengan menggunakan modul *CMS-Wave*. Simulasi model gelombang dilakukan pada 4 musim yaitu pada saat musim barat, peralihan I, musim timur, dan musim peralihan II. Hasil dari permodelan tersebut adalah arah penjalaran gelombang dan ketinggian gelombang.

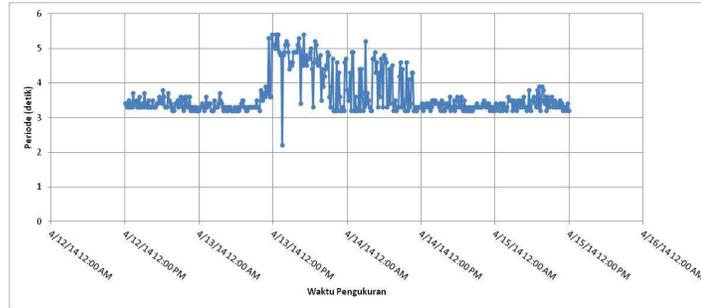
**3. Hasil dan Pembahasan**

**Hasil pengukuran gelombang lapangan**

Hasil pengukuran gelombang lapangan didapatkan hasil data tinggi dan periode gelombang, seperti yang disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 2. Tinggi Gelombang ( $H$ ) Pengukuran Lapangan.



Gambar 3. Periode Gelombang ( $T$ ) Pengukuran Lapangan.

Berdasarkan analisis kondisi karakteristik tinggi gelombang ( $H$ ) dan periode gelombang ( $T$ ) selama penelitian didapatkan hasil bahwa  $H$  maksimum yang terjadi selama tiga hari adalah 0,236 meter sedangkan untuk  $H$  minimum adalah 0,043 meter, sedangkan periode maksimum mencapai 5,4 detik dan periode minimum mencapai 2,2 detik dan untuk  $H$  rata-rata adalah 0,102 meter. Untuk melihat data lengkap tinggi dan periode gelombang selama penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Tinggi dan Periode Gelombang Hasil Pengukuran Lapangan

Tanggal	Hmax (m)	Hs (m)	Hmin (m)	Hrerata (m)	Tmax (detik)	Ts (detik)	Tmin (detik)	Trerata (detik)
12–15 April 2014	0,236	0,139	0,043	0,102	5,4	4,286	2,2	3,63

#### Hasil peramalan gelombang

Hasil pengolahan data angin dengan menggunakan metode *Sverdrup–Munk–Bretchneider* (SMB), dapat disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 2. Tinggi Gelombang Peramalan per Musim (2010-2014)

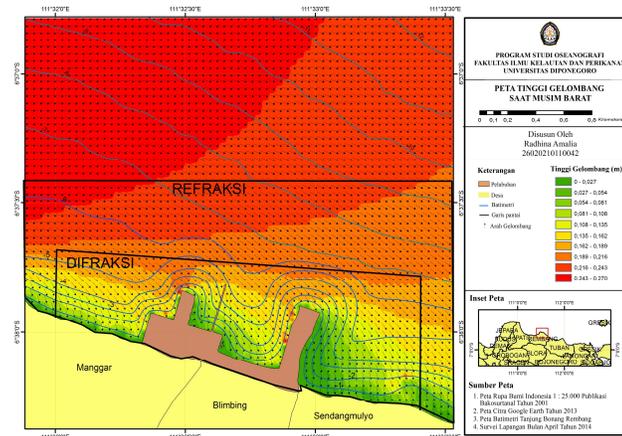
Musim	Signifikan	Rerata	Maksimum	Minimum
Barat	0,290	0,160	0,590	0,210
Peralihan I	0,240	0,130	0,580	0,190
Timur	0,220	0,117	0,450	0,160
Peralihan II	0,240	0,131	0,540	0,170

Tabel 2. Periode Gelombang Peramalan per Musim (2010-2014)

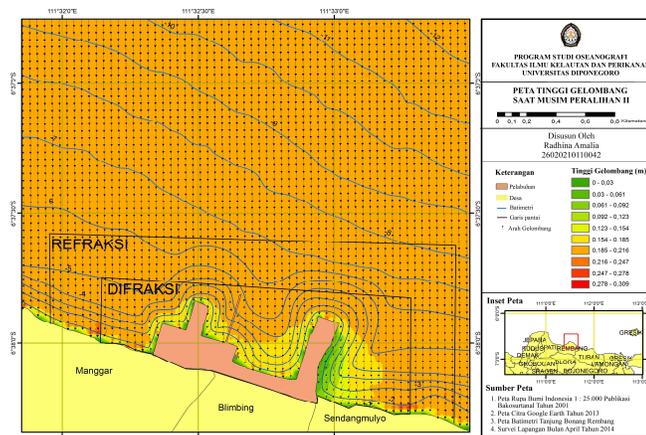
Musim	Signifikan	Rerata	Maksimum	Minimum
Barat	4,740	2,905	6,050	3,740
Peralihan I	4,510	2,866	6,050	3,640
Timur	4,280	2,785	5,500	2,990
Peralihan II	4,400	2,896	6,050	3,640

#### Hasil model refraksi dan difraksi gelombang

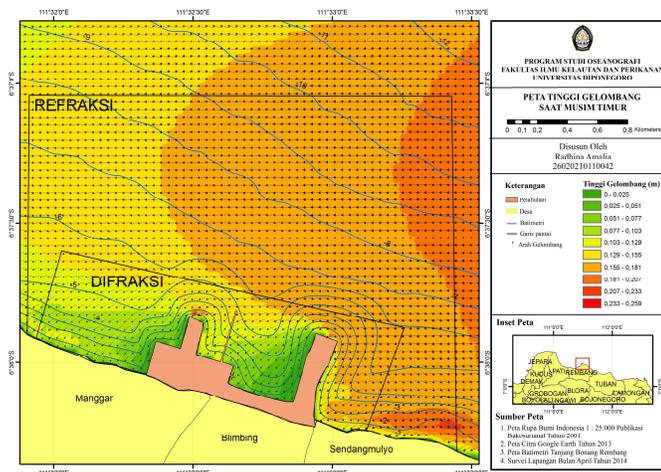
Hasil simulasi permodelan gelombang menggunakan software *Sea water Modelling System* (SMS) 10.0 dengan menggunakan modul *CMS-Wave*. Simulasi model gelombang pada (Gambar 4) menunjukkan arah penjalaran gelombang berasal dari arah barat di mana pada saat musim barat. Pada musim peralihan I (Gambar 5) arah gelombang berasal dari barat laut, musim timur (Gambar 6) gelombang berasal dari arah timur, sedangkan pada musim peralihan II (Gambar 7) arah gelombang berasal dari arah utara. Arah penjalaran gelombang digambarkan dengan dalam bentuk vektor dan warna menunjukkan ketinggian gelombang di mana semakin gelap warnanya (hijau) ketinggian gelombang semakin kecil. Arah penjalaran gelombang mengalami proses refraksi dan difraksi pada daerah sekitar pelabuhan disajikan dalam Gambar 4-7.



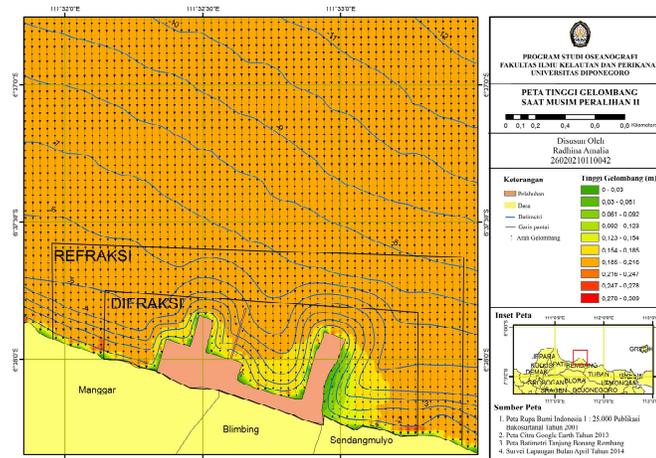
Gambar 4. Peta Tinggi Gelombang Pada Saat Musim Barat.



Gambar 5. Peta Tinggi Gelombang Pada Saat Musim Peralihan I.



Gambar 6. Peta Tinggi Gelombang Pada Saat Musim Timur.



Gambar 7. Peta Tinggi Gelombang Pada Saat Musim Peralihan II.

## Pembahasan

### Gelombang Pengukuran Lapangan

Berdasarkan hasil dari pengukuran gelombang yang dilakukan pada 12– 15 April 2014, diketahui bahwa tinggi gelombang di Tanjung Bonang antara 0,11 meter – 0,23 meter dengan periode antara 3,8 detik–5,4 detik. Hasil dari periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) lapangan adalah 4,28 detik. Dilihat dari hasil periode yang kurang dari 10 detik menunjukkan bahwa gelombang di Tanjung Bonang dikategorikan sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh angin, sehingga karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh kondisi angin yang terjadi di perairan tersebut. Hal ini didukung oleh Munk (1951) dalam Houlthuijsen (2007) yang menjelaskan gelombang yang dibangkitkan oleh angin memiliki periode antara 1-10 detik.

Dari hasil gelombang lapangan yang memiliki periode kurang dari 10 detik dan tinggi gelombang maksimum selama pengukuran hanya mencapai 0,23 meter. Hal ini dikarenakan pengukuran dilakukan pada musim peralihan sehingga gelombang yang terbentuk relatif kecil seperti halnya dijelaskan oleh Sugianto (2010), bahwa pada musim peralihan angin yang berhembus di laut Jawa relatif kecil jika dibandingkan pada saat musim barat dan timur, peralihan angin yang berhembus relatif lebih lemah.

Berdasarkan kedalaman relatif gelombang yang terbentuk termasuk dalam kategori gelombang laut transisi, dimana nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) lebih dari 0,05 dan kurang dari 0,5. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Triatmodjo (2008) bahwa berdasarkan kedalaman relatif, perbandingan antara kedalaman perairan  $d$  dan panjang gelombang  $L$  gelombang dengan nilai  $0,05 < d/L < 0,5$  dikategorikan dalam gelombang laut transisi.

### Peramalan Gelombang

Dari hasil perhitungan dari peramalan gelombang pada musim barat tinggi gelombang maksimum mencapai 0,59 meter dengan periode 6,05 detik dan gelombang minimumnya 0,21 meter dan 3,74 detik, sedangkan tinggi gelombang signifikan 0,29 meter dengan periode 4,74 detik. Pada musim peralihan I tinggi gelombang 0,58 meter dengan periode 6,05 detik dan gelombang terendah sebesar 0,19 dengan periode 3,64 detik, sementara gelombang signifikan 0,24 meter dengan periode 4,51 detik.

Pada gelombang musim timur, tinggi gelombang maksimum mencapai 0,45 meter dengan periode 5,5 detik dan saat gelombang minimum sebesar 0,16 meter dengan periode 2,99 detik serta besarnya gelombang signifikan mencapai 0,22 meter dan periodenya 4,28 detik. Saat musim peralihan II gelombang signifikan sebesar 0,24 meter dan periodenya 4,40 detik, sedangkan gelombang maksimum mencapai 0,54 meter dengan periode 6,05 detik, sementara gelombang minimumnya mencapai 0,17 meter dan periodenya 3,64 detik.

Berdasarkan hasil peramalan gelombang diatas menunjukkan bahwa gelombang yang terjadi pada musim barat tinggi gelombang yang terbentuk lebih besar dari pada tinggi gelombang saat musim peralihan I, musim timur, dan musim peralihan II yaitu berkisar pada 0,59 meter – 0,21 meter. Hal ini juga diperkuat oleh pernyataan Bayong (2006), bahwa kecepatan angin yang bertiup pada musim barat lebih kuat dibandingkan pada musim timur atau musim peralihan.

### Model Refraksi dan Difraksi Gelombang

Pada model yang dilakukan disini menggunakan *layout* lokasi pelabuhan saat penelitian berlangsung. Berdasarkan permodelan gelombang hasil permodelan pada musim barat (Gambar 4) ketinggian

gelombang mencapai 0,03 meter – 0,27 meter. Pada musim timur (Gambar 6) ketinggian gelombang mencapai 0,02 meter – 0,18 meter, sedangkan pada musim peralihan II (Gambar 7) arah ketinggian gelombang mencapai 0,03 meter – 0,19 meter.

Berdasarkan hasil permodelan penjalaran gelombang musim peralihan I (Gambar 5) penjalaran gelombang berasal dari arah barat laut. Dilihat dari hasil ketinggian gelombang bahwa ketinggian gelombang mengalami penurunan sesuai dengan kedalamannya, sehingga semakin dangkal kedalaman perairan maka kecepatan gelombang akan semakin kecil. Hal ini sesuai pernyataan Triatmodjo (2008), bahwa kecepatan rambat gelombang bergantung pada kedalaman air di mana gelombang menjalar, sehingga apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Oleh karena itu, saat gelombang menjalar dari laut dalam gelombang akan membelok dan berusaha tegak lurus terhadap kontur dasar laut, ketika memasuki perairan dangkal (Sorensen, 2006).

Pada hasil permodelan gelombang, gelombang mengalami difraksi di area pelabuhan pada musim penelitian di lapangan ketinggian gelombang berkisar antara 0,02 meter – 0,10 meter. Pada musim barat ketinggian gelombang 0,03 meter – 0,21 meter. Pada musim peralihan I ketinggian gelombang mencapai 0,03 meter – 0,18 meter. Pada musim timur ketinggian gelombang 0,02 meter – 0,13 meter dan pada musim peralihan II ketinggian gelombang 0,03 meter – 0,17 meter.

Berdasarkan hasil pemodelan diatas bahwa saat tinggi gelombang mengalami difraksi disekitar pelabuhan (Gambar 4, 5,6, dan 8) sehingga terjadi pembelokan gelombang yang ditunjukkan pada vektor arah gelombang disekitar pelabuhan. Oleh karenanya ketinggian gelombang menjadi lebih kecil. Hal ini didukung oleh CHL (2008), bahwa difraksi mampu mengurangi efek konsentrasi energi di daerah konvergensi akibat refraksi. Menurut Agustino (2014) proses difraksi terjadi dalam arah tegak lurus penjalaran menuju daerah yang terlindung yang menyebabkan perbedaan energi yang tajam di sepanjang puncak gelombang.

#### **4. Kesimpulan**

Dari hasil simulasi model penjalaran gelombang terlihat gelombang mengalami refraksi yang menjalar dari perairan dalam menuju perairan dangkal, sehingga ketinggian gelombang pada musim barat berkisar antara 0,03-0,27 meter, pada musim peralihan I ketinggian gelombang antara 0,027 meter – 0,18 meter, sedangkan pada musim timur dan peralihan II ketinggian gelombang berkisar antara 0,02 meter – 0,20 meter dan 0,03 meter-0,18 meter.

Dari hasil permodelan gelombang, gelombang mengalami difraksi di area pelabuhan sehingga terjadi pembelokan. Pada musim barat ketinggian gelombang 0,03 meter – 0,21 meter. Pada musim peralihan I ketinggian gelombang mencapai 0,03 meter – 0,18 meter. Pada musim timur ketinggian gelombang 0,02 meter – 0,13 meter dan pada musim peralihan II ketinggian gelombang 0,03 meter – 0,17 meter.

#### **Daftar Pustaka**

- Agustino, O. 2014. Kajian Penjalaran dan Transformasi Gelombang di Perairan Tanjung Kelian Kabupaten Bangka Barat. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Semarang, 45 hlm (Tidak dipublikasikan).
- Bayong, T. H. K., 2006. Meteorologi Indonesia Volume 1. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Coastal and Hydraulic Laboratory (CHL). 2008. Coastal Engineering manual. U.S. Army Corps of Engineer, Washington.
- Holthuijsen, L. H. 2007. Waves In Oceanic and Coastal Waters. Cambridge University Press., Cambridge CB2 8RU, UK.
- Sorensen, R. M. 2006. Basic Coastal Engineering. John Willey and Son, New York, p. 225.
- Subana, M. 2001. Dasar-dasar Penelitian Ilmiah. Pustaka Setia, Bandung, 30 hlm.
- Sudjana, M. M. 1992. Metode Statistika. Tarsito, Bandung.
- Sugianto. D. N. 2010. Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur. Jurnal Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Semarang, Vol 15 (3), 43-152 hlm.
- Sugiyono. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D. CV. Alfabeta, Bandung, 380 hlm.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.