

## **ANALISIS REFRAKSI GELOMBANG LAUT BERDASARKAN MODEL CMS-Wave DI PANTAI KELING KABUPATEN JEPARA**

**Diyan Muhamad Ramdani. Dwi Haryo Ismunarti. Sugeng Widada**  
**diyanramdani@gmail.com**

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Telp/Fax (024) 7474698 Semarang – 50276

### *Abstrak*

*Gelombang merupakan salah satu parameter oseanografi yang sangat mempengaruhi kondisi pantai. Proses penjalaran gelombang menuju pantai akan mengalami deformasi berupa refraksi gelombang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses refraksi gelombang di Pantai Keling, Kabupaten Jepara dengan menggunakan software SMS (Surface Water Modelling System) Modul CMS-Wave. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16-19 Oktober 2013 di Pantai Keling, Kabupaten Jepara. Data primer yang digunakan adalah data gelombang sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data angin dan data batimetri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif. Peramalan gelombang diperoleh dari data angin dengan menggunakan metode SMB, sedangkan model penjalaran gelombang disimulasikan menggunakan software CMS-Wave. Dari hasil pengamatan gelombang diketahui gelombang di Pantai Keling yang terjadi pada tanggal 16 sampai 19 Oktober 2013, tinggi gelombang maksimum sebesar 0,95 meter dengan periode sebesar 6.8 detik. Tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) sebesar 0.7 meter dengan periode ( $T_s$ ) sebesar 5,69 detik. Tinggi gelombang minimum 0,18 meter dengan periode sebesar 2,30. Dari hasil pemodelan bahwa daerah barat dan timur tanjung keling merupakan daerah yang berpotensi mengalami kerusakan oleh gelombang.*

**Kata kunci :** *Gelombang, Refraksi, Pantai Keling*

### *Abstract*

*Wave is one of oceanographic parameters that affect the condition of the beach. The wave propagation process to the beach would be deformation. in the form of wave refraction. The purpose of this research is to know the wave deformation process, the process is diffraction on the Keling Beach This research was conducted on October 16th until 19th 2013 in Keling Beach, Jepara. The primary data used wave data, while the secondary data wind and bathymetric data. The method of this research is used descriptive. The wave forecasting was obtained from the wind data by using SMB method, while the wave propagation model was simulated by software CMS-Wave. The maximum wave height was 0.95 meters with a period 6.8 seconds. The Significant wave height ( $H_s$ ) was 0.7 meters with a period ( $T_s$ ) 5.69 seconds. The minimum wave height was 0.18 meters with a period 2.30 seconds. From the results of modeling that the western and eastern headlands keling, is an area that is potentially damaged by the waves.*

**Keyword :** *Wave, Refraction, Keling Beach*

## **Pendahuluan**

Pantai Keling terletak di Kecamatan Keling Kabupaten Jepara. Pantai Keling merupakan pantai yang terdapat beberapa aktifitas, diantaranya wisata bahari dan nelayan. Wisata bahari merupakan salah satu tujuan yang terkenal di Pantai Keling ini, yaitu terdapat situs Benteng Portugis yang terletak di ujung tanjung Pantai Keling.

Permasalahan yang dihadapi di Pantai Keling adalah kerusakan yang ditimbulkan oleh gelombang. Menurut Parasian (2014) bahwa di Pantai Keling mengalami abrasi seluas 223.212,72 m<sup>2</sup> dengan laju rata-rata perubahan sebesar 20.292,07 m<sup>2</sup>/tahun. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus pantai maupun memanjang pantai, sehingga gelombang dapat menyebabkan perubahan di wilayah pantai, maka penelitian tentang analisis refraksi gelombang sangat diperlukan mengingat proses refraksi dan difraksi memiliki potensi yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999). Hal ini penting kaitannya dalam memahami proses dinamis pantai.

Prinsip terjadinya pembangkitan gelombang oleh angin adalah perpindahan energi dari angin ke air lewat permukaan air (Holthuijsen, 2007). Untuk mengatasi keterbatasan data gelombang di Pantai Keling, dalam penelitian ini dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan data angin yang diperoleh dari data yang tersedia di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Gelombang akibat angin ini merupakan hal yang paling penting di dalam ilmu teknik pantai (Herbich, 2000). Untuk keperluan peramalan gelombang diperlukan data angin: arah angin, kecepatan angin pada arah tersebut (U), lama hembus angin (td) dan panjang fetch (F) (Sorensen, 2006; Yuwono & Kodoatie, 2004). Data gelombang peramalan selanjutnya menjadi inputan dalam pemodelan penjalaran gelombang. Penelitian ini menggunakan model numeris dengan perangkat lunak (*software*) *Surface Water Modelling* (SMS).

## **Materi dan Metode**

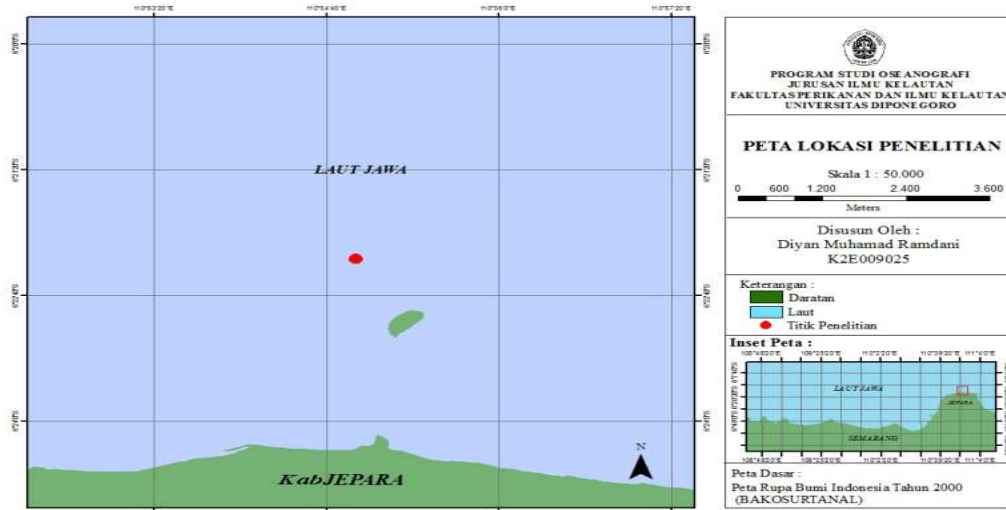
### **a. Materi**

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari data hasil pengukuran gelombang meliputi tinggi gelombang, periode dan arah gelombang selama 4 hari dengan menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah Peta Lingkungan Pantai Kabupaten Jepara yang dipublikasikan oleh BAKOSURTANAL tahun 2000 dengan skala 1: 50.000, Peta Rupa Bumi Indonesia yang dipublikasikan oleh BAKOSURTANAL tahun 2000 dengan skala 1: 25.000 dan data angin per jam selama 10 tahun (2003-2013) di peroleh dari stasiun BMKG Semarang.

### **b. Metode**

Metode pengukuran gelombang di lapangan yaitu dengan menggunakan *Acoustic Doppler Current meter Profiler* (ADCP). Profiler untuk mendapatkan parameter tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T). Prinsip kerja alat ini yaitu gelombang akustik dipancarkan melalui transduser dan merambat disepanjang kolom air. Pada suatu lapisan air yang diukur, gelombang dipantulkan kembali menuju transduser oleh partikel sedimen dan plankton (yang bergerak dengan kecepatan sama dengan kecepatan gerak air). Karena adanya gerak relatif pemantulan gelombang terhadap alat ukur gelombang akustik, maka gelombang yang diterima akan mengalami efek doppler atau berubah frekuensinya.

Metode pemodelan penjalaran gelombang menggunakan salah satu software yaitu SMS (*Surface Water Modelling*) dengan modul CMS-Wave (*Coastal Modelling System*). Model ini dapat mensimulasikan berbagai parameter gelombang dengan menggunakan imputan berupa data angin yang dikonversi menjadi data gelombang dengan metode Sverdrup, Munk dan Bretschneider (SMB) yaitu dapat menggambarkan proses perjalanan gelombang di sekitar pantai.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

**Hasil dan Pembahasan**

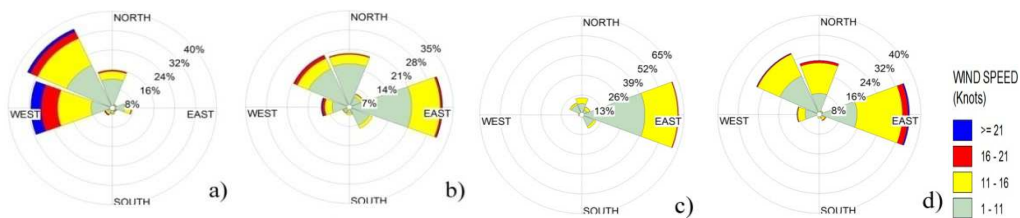
Pengukuran gelombang dilapangan menghasilkan data tinggi dan periode gelombang, yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi Gelombang Harian di Perairan Pantai Keling

Tanggal	Tinggi Gelombang			Periode Gelombang		
	Hmax (m)	Hs (m)	Hmin (m)	Tmax (s)	Ts (s)	Tmin (s)
16-Okt-13	0.657	0.52075	0.183	5.3	4.489286	2.3
17-Okt-13	0.959	0.771702	0.468	6.8	5.651064	3.2
18-Okt-13	0.841	0.661957	0.424	0.841	5.817021	3.4
19-Okt-13	0.577	0.522455	0.277	0.577	5.681818	4

(Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)

Data angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin selama 10 tahun (2003 – 2013), yang di peroleh dari BMKG Semarang. Data angin diklasifikasikan berdasarkan musim, pada Musim Barat (Gambar 2a) menunjukkan angin datang dari arah Barat dan Barat laut, Musim Peralihan I & II (Gambar 2b dan Gambar 2d) menunjukkan arah datang dominan angin dari Timur sedangkan pada Musim Timur (Gambar 2c) arah datang angin dominan berasal dari Timur.



Gambar 2. Mawar Angin pada a) Musim Barat, b) Musim Peralihan I, c) Musim Timur, d) Musim Peralihan II. (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)

Pegolahan data angin menjadi data gelombang menggunakan metode SVERDRUP MUNK BRETSCHNEIDER (SMB), diperoleh hasil peramalan gelombang representatif dari data angin yang di kelompokkan berdasarkan pembagian musim dan disajikan pada Tabel 2.

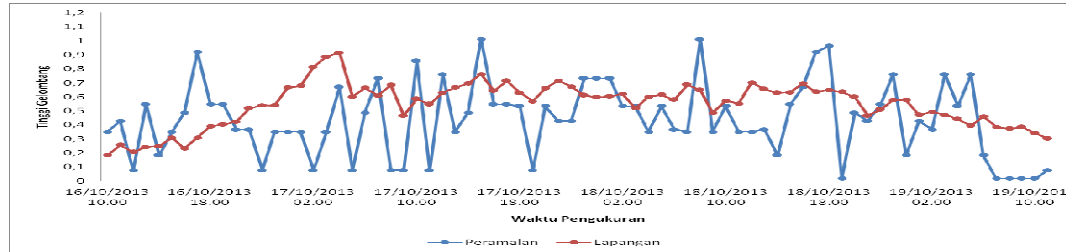
Tabel 2. Tinggi dan Periode Gelombang Per Musim (2003-2013)

Musim	Tinggi Gelombang			Periode Gelombang		
	Hmax (m)	Hs (m)	Hmin (m)	Tmax (s)	Ts (s)	Tmin (s)
Barat	1.24	0.73	0.35	5.31	3.36	2.51
Peralihan I	0.74	0.39	0.21	3.85	2.12	1.78
Timur	1.05	0.49	0.36	3.67	2.71	2.40

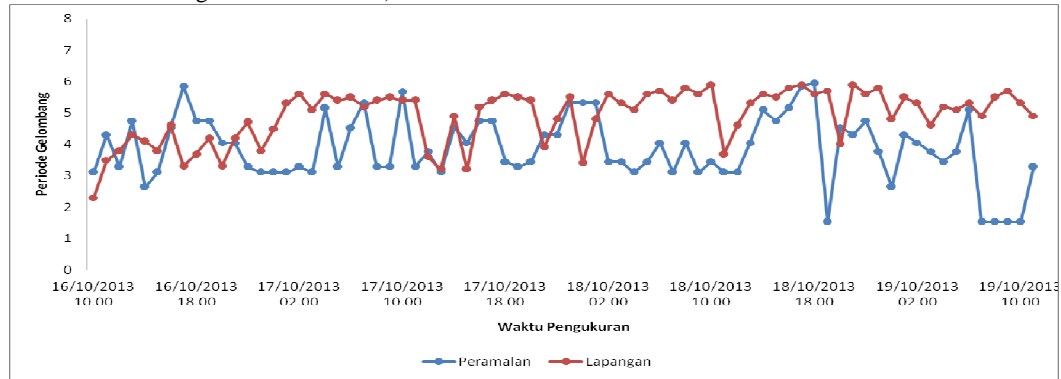
Peralihan II	1.21	0.63	0.45	2.91	2.28	1.96
--------------	------	------	------	------	------	------

(Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)

Verifikasi gelombang hasil peramalan terhadap gelombang hasil pengukuran lapangan pada tanggal 16 – 19 oktober diperoleh pada Gambar 3 dan Gambar 4, dengan hasil MRE (*Mean Relative Error*) sebesar 15.2% untuk tinggi gelombang dan sebesar 18.3% untuk periode gelombang.



Gambar 3. Verifikasi Tinggi Gelombang Peramalan dengan Pengukuran Lapangan (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)



Gambar 4. Verifikasi Periode Gelombang Peramalan dengan Pengukuran Lapangan (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)

Pemodelan gelombang menggunakan software SMS 10.00 modul CMS-Wave (Costal Modelling System-Wave), dilakukan dengan skenario penjalaran gelombang berdasarkan pembagian musim yaitu Musim Barat, Musim Peralihan I, Musim Peralihan II, dan Musim Timur. Dalam penulisan ini inputannya tinggi, periode dan arah datang gelombang dari hasil peramalan berdasarkan data angin.

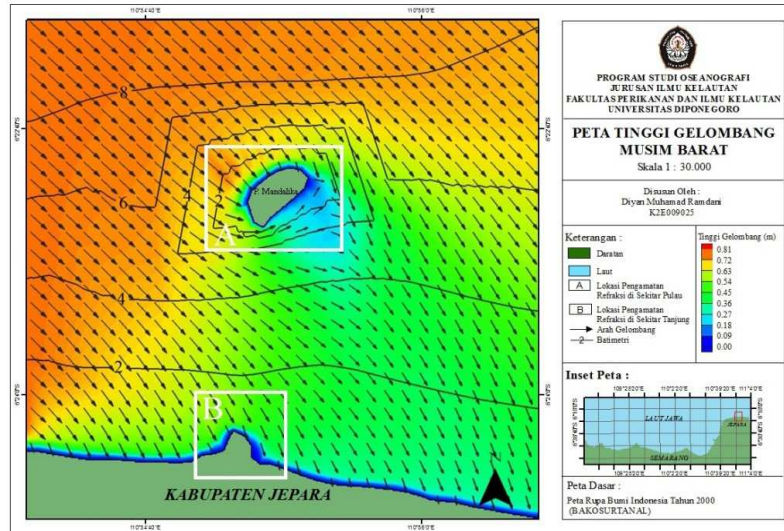
Verifikasi hasil pemodelan dengan peramalan gelombang dari data angin, Pada musim Peralihan II dengan output tinggi dan periode gelombang hasil simulasi sehingga di peroleh nilai Mean Relatif Error untuk tinggi gelombang dan periode gelombang, yang di sajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Verifikasi Tinggi ( $H_s$ ) dan Periode ( $T_s$ ) Gelombang Signifikan antara Gelombang Pemodelan dan Peramalan

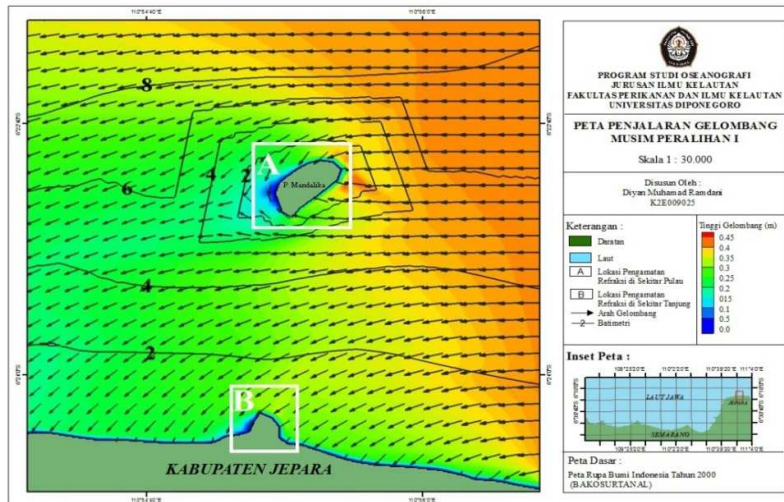
Gelombang	Tinggi Gelombang Signifikan ( $H_s$ )	Periode Gelombang Signifikan ( $T_s$ )
Pemodel	0.72	3.17
Peramalan	0.53	3.67
MRE (%)	26.4	15.6

(Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)

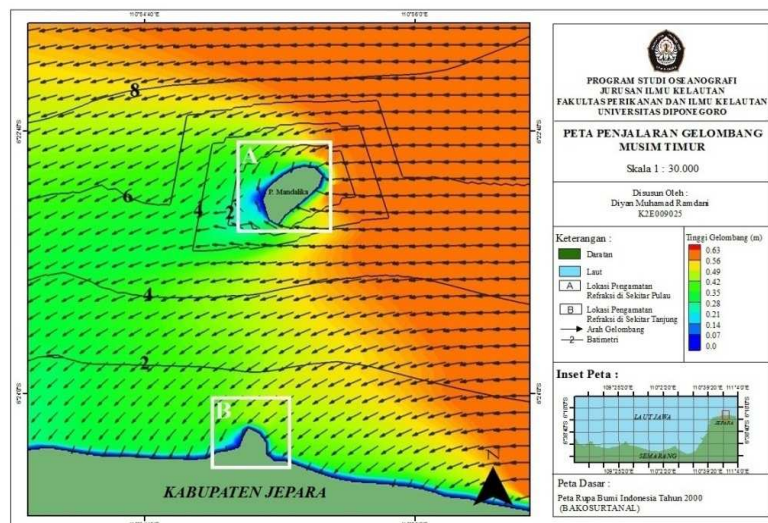
Gambaran pola penjalaran gelombang digambarkan dalam bentuk vektor sehingga dapat dilihat dinamika penjalaran gelombang yang mengalami proses refraksi gelombang di Pantai Keling. untuk keseluruhan skema disajikan dalam Gambar 5-8.



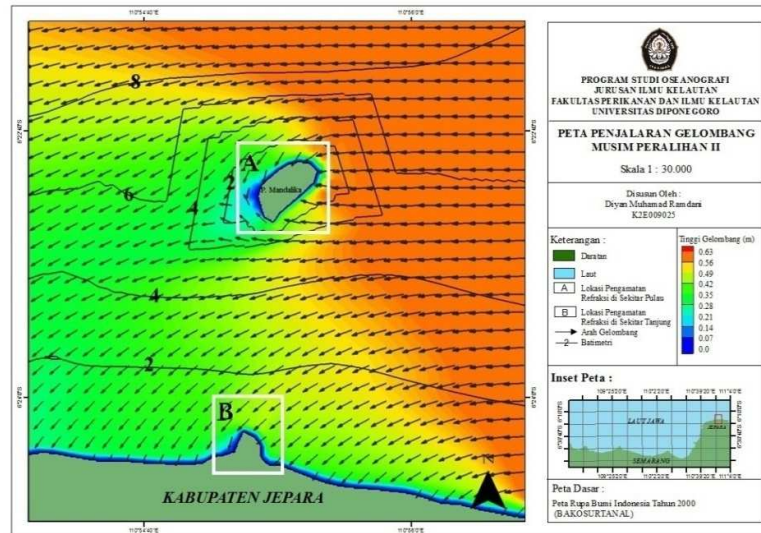
Gambar 5. Peta Penjalaran Gelombang Musim Barat (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)



Gambar 6. Peta Penjalaran Gelombang Musim Peralihan I (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)



Gambar 7. Peta Penjalaran Gelombang Musim Timur (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)



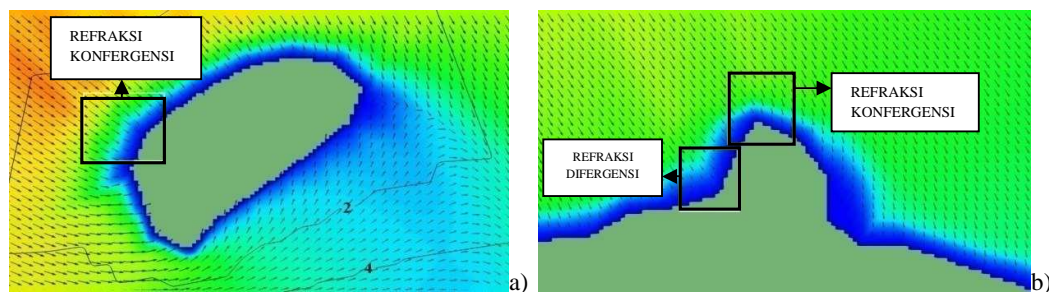
Gambar 8. Peta Penjalaran Gelombang Musim Peralihan II (Sumber: hasil Pengolahan Data 2014)

Keberadaan pulau dan perubahan kedalaman mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah penjalaran gelombang. Hasil simulasi model penjalaran gelombang menjalar dari perairan menengah menuju perairan dangkal, pada saat gelombang membentur Pulau Mandalika terjadi proses refraksi berbelok arahnya ketika gelombang mendekati pantai karena pengaruh dari perubahan kedalaman. Gambar 5 - 8 menunjukkan proses refraksi gelombang, gelombang menjalar ke pantai akan mengalami pembelokan arah penjalaran akibat perubahan kedalaman sehingga arah penjalaran gelombang tegak lurus pantai.

Pada musim barat gelombang datang dari arah barat laut menuju tenggara (Gambar 5). Penjalarannya tersebut akan dibelokkan karena adanya perubahan kedalaman, sehingga memiliki arah tegak lurus dengan garis pantai dan terjadi pembelokan arah pada saat gelombang membentur ujung pulau.

Tinjauan kejadian pada musim barat (Gambar 5). Pada mulanya gelombang datang dari laut dalam dengan arah gelombang  $N315^{\circ}E$ , pada saat kedalaman 5 m arah gelombang belum mengalami pembelokan, pada saat kedalaman 4 m arah gelombang mengalami pembelokan menjadi  $N313^{\circ}E$ , pada saat kedalaman 3 m arah gelombang menjadi  $N309^{\circ}E$  pada saat kedalaman 2 m arah gelombang menjadi  $N293^{\circ}E$ , pada saat kedalaman 1 m arah gelombang menjadi  $N 278^{\circ}E$ , dan terus berbelok sampai memiliki arah tegak lurus pantai.

Pada Gambar 5 gelombang yang menjalar disekitar bagian barat pulau mengalami refraksi konvergensi (penguncupan), sehingga tinggi gelombang di bagian atas pulau menjadi tinggi, dikarenakan adanya pemusatan energi pada daerah tersebut, secara detail digambarkan pada Gambar 9a.



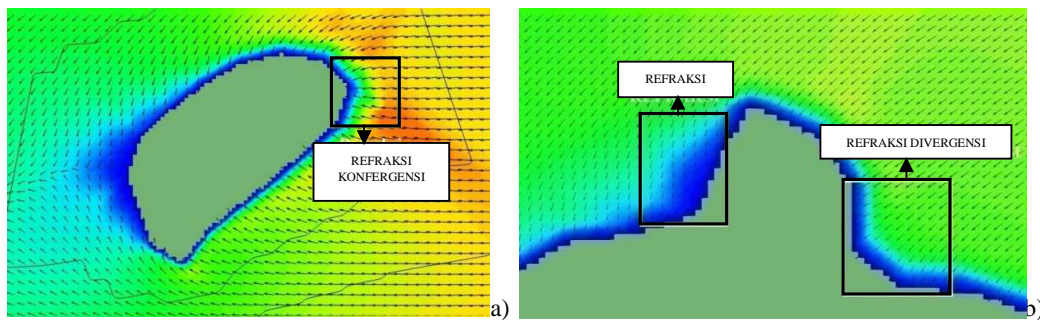
Gambar 9. Arah Penjalaran Gelombang untuk Daerah A, B pada Musim Barat a). Proses Refraksi Konfergensi b). Proses Refraksi Konfergensi dan Refraksi Difergensi (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2014).

Dilihat pada Gambar 5 gelombang mengalami proses refraksi konvergensi (penguncupan) pada saat gelombang menuju daerah utara tanjung, sehingga terjadi pemusatan energi pada daerah tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saat terjadi gelombang besar. Akibat adanya penyebaran

energi gelombang, maka di daerah teluk gelombang mengalami proses refraksi divergensi (penyebaran) yang secara detail digambarkan pada Gambar 9b.

Tinjauan kejadian pada musim peralihan I (Gambar 6). Terlihat gelombang menjalar dari arah timur menuju barat daya. Gelombang mulai mengalami pembelokan pada kedalaman 4 m dengan arah gelombang N190°E, pada saat kedalaman 3 m arah gelombang menjadi N199°E, pada saat kedalaman 2 m arah gelombang menjadi N211°E, pada saat kedalaman 1 m arah gelombang N233°E, dan terus berbelok sampai memiliki arah tegak lurus pantai.

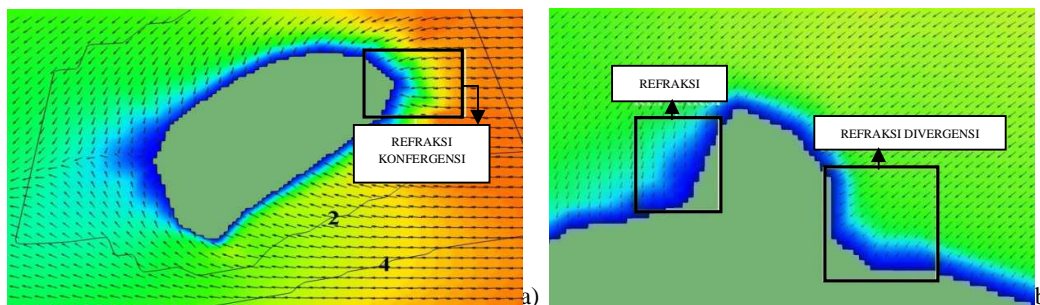
Pada Gambar 6 gelombang mengalami proses refraksi konvergensi (penguncupan) pada saat gelombang menuju daerah utara pulau. sehingga terjadi pemusatan energi pada daerah tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saat terjadi gelombang besar. Secara detail digambarkan pada Gambar 10a. Gelombang mengalami proses refraksi divergensi (penyebaran) pada saat gelombang berada di daerah teluk yaitu terjadi penyebaran sinar gelombang, dan pengurangan energi karena tinggi gelombang berkurang. Secara detail digambarkan pada Gambar 10b.



Gambar 10. Arah Penjalaran Gelombang untuk Daerah A, B pada Musim Peralihan I a). Proses Refraksi Konfergensi b). Proses Refraksi dan Refraksi Difergensi (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2014).

Tinjauan kejadian pada musim timur (Gambar 7). Terlihat gelombang menjalar dari arah timur menuju barat daya. Gelombang mulai mengalami pembelokan pada kedalaman 4 m dengan arah gelombang N188°E, pada saat kedalaman 3 m arah gelombang berbelok menjadi N202°E, pada saat kedalaman 2 m arah gelombang menjadi N217°E, pada saat kedalam 1 m arah gelombang berbelok menjadi N238°E, dan arah gelombang terus mengalami pembelokan sampai memiliki arah tegak lurus pantai.

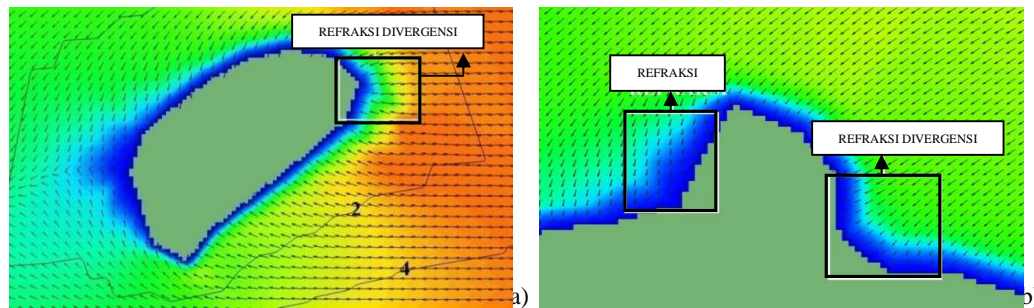
Pada Gambar 7 gelombang mengalami proses refraksi konvergensi (penguncupan) pada saat gelombang menuju daerah utara pulau. sehingga terjadi pemusatan energi pada daerah tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saat terjadi gelombang besar. Secara detail digambarkan pada Gambar 11a. Gelombang mengalami proses refraksi divergensi (penyebaran) pada saat gelombang berada di daerah teluk yaitu terjadi penyebaran sinar gelombang, dan pengurangan energi karena tinggi gelombang berkurang. Secara detail digambarkan pada Gambar 11b.



Gambar 11. Arah Penjalaran Gelombang untuk Daerah A, B pada Musim Timur a). Proses Refraksi Konfergensi b). Proses Refraksi dan Refraksi Difergensi (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2014).

Tinjauan kejadian pada musim peralihan II (Gambar 10). Terlihat gelombang menjalar dari arah timur menuju barat daya. Gelombang mulai mengalami pembelokan pada kedalaman 4 m dengan arah gelombang N187°E, pada saat kedalaman 3 m arah gelombang berbelok menjadi N196°E, pada saat kedalaman 2 m arah gelombang menjadi N218°E, pada saat kedalaman 1 m arah gelombang menjadi N233°E, dan terus berbelok sampai memiliki arah tegak lurus pantai.

Pada Gambar 10 gelombang mengalami proses refraksi konvergensi (penguncupan) pada saat gelombang menuju daerah timur pulau. sehingga terjadi pemusatan energi pada daerah tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saat terjadi gelombang besar. Secara detail digambarkan pada Gambar 12a. Daerah teluk gelombang mengalami proses refraksi divergensi (penyebaran). Gelombang mengalami proses refraksi divergensi (penyebaran) pada saat gelombang berada di daerah timur teluk terjadi penyebaran sinar gelombang, dan pengurangan energi karena tinggi gelombang berkurang. Secara detail digambarkan pada Gambar 12b.



Gambar 12. Arah Penjalaran Gelombang untuk Daerah A, B pada Musim Peralihan II a). Proses Refraksi Konvergensi b). Proses Refraksi dan Refraksi Divergensi (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2014).

Pernyataan tersebut sesuai dengan Triatmojo (1999) dimana refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah laut dalam gelombang menjalar tanpa dipengaruhi oleh dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Di daerah ini apabila ditinjau satu garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di dalam air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil dari pada di bagian air yang lebih dalam, akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

### Kesimpulan

Dari hasil peramalan berdasarkan arah dan kecepatan angin selama 10 tahun (2003-2004), didapatkan pada Musim Barat gelombang menjalar dari arah Barat menuju Timur dengan tinggi gelombang berkisar antara 0.35-1.24 meter, pada Musim Timur tinggi gelombang berkisar antara 0.36-1.05 meter dan arah penjarannya berasal dari Timur, sedangkan pada Musim Peralihan I dan Peralihan II gelombang menjalar dari arah Timur menuju Barat dengan tinggi gelombang masing-masing adalah 0.21-0.74 meter dan 0.45-1.21 meter.

Dari hasil simulasi model terlihat bahwa arah penjalaran gelombang menuju pantai akan mengalami proses refraksi. Proses refraksi gelombang dapat dilihat pada skenario Musim Barat proses refraksi dimulai pada kedalaman 8 m, Pada Skenario Musim Peralihan I proses refraksi dimulai pada kedalaman 4 m, Pada Skenario Musim Timur proses refraksi dimulai pada kedalaman 4 m, Pada Skenario Musim Peralihan I proses refraksi dimulai pada kedalaman 4 m, terus berbelok hingga tegak lurus dengan pantai.

Dari hasil pemodelan dapat disimpulkan bahwa pada skenario Musim Barat daerah yang berpotensi mengalami kerusakan akibat gelombang adalah di sekitar teluk sebelah barat Tanjung Keling, karena pada daerah tersebut mengalami proses refraksi difergensi. Pada skenario Musim Peralihan I daerah yang berpotensi mengalami kerusakan akibat gelombang adalah di sekitar teluk sebelah timur Tanjung Keling, karena pada daerah tersebut mengalami proses refraksi difergensi. Pada skenario Musim Timur daerah yang berpotensi mengalami kerusakan akibat gelombang adalah di sekitar teluk sebelah timur Tanjung Keling, karena pada daerah tersebut mengalami proses refraksi difergensi. Pada skenario Musim Peralihan II daerah yang berpotensi mengalami kerusakan akibat gelombang adalah di sekitar teluk sebelah timur Tanjung Keling, karena pada daerah tersebut mengalami proses refraksi difergensi.



**Daftar Pustaka**

- Herbich, J. B. 2000. Handbook of Coastal Engineering. McGRAW-HILL Companies, Inc.
- Holthuijsen, L. H. 2007. Waves In Oceanic And Coastal Waters. Cambridge University Press., Cambridge CB2 8RU, UK. 405p.
- Parasian, N. S. 2014. Studi Perubahan Garis Pantai di Perairan Keling Kabupaten Jepara. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP Semarang
- Soronsen. 2006. Basic Coastal Engineering. 3rd edition. Department of Civil and Environmental Engineering Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania. 330p
- Triatmodjo, B. 1999. Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Yuwono, Nur & Kodoatie, R.J. 2004. Pengembangan Reklamasi Pantai dan Perencanaan bangunan Pengamannya (Pedoman). Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. 473 hal.