

## DINAMIKA TRANSFORMASI GELOMBANG MENGGUNAKAN MODEL CMS-WAVE (COASTAL MODELLING SYSTEM - WAVE) DI PANTAI BOOM TUBAN, JAWA TIMUR

Rohma Desi Thirtasari, Azis Rifai, Warsito Atmodjo\*)

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Jl. Prof. Sudarto, S.H Tembalang, Telp/Fax. (024)7474698 Semarang 50275  
Email : rohmadesithirtasari@gmail.com

### **Abstrak**

*Gelombang merupakan salah satu parameter oseanografi yang mempengaruhi dinamika pantai. Gelombang laut menjalar menuju pantai akan mengalami transformasi yang berpengaruh terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji dinamika transformasi gelombang di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur, dengan menggunakan software CMS – Wave (Coastal Modelling System – Wave).*

*Penelitian dilaksanakan pada tanggal 27 – 29 Juni 2014 di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur. Data primer berupa pengukuran gelombang laut menggunakan palem gelombang sedangkan data sekunder berupa data angin 5 tahun (2009-2013) dan peta Lingkungan Pantai Indonesia wilayah Tuban tahun 2005. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif. Peramalan gelombang laut menggunakan metode SMB (Sverdrup Munk Bretchneider) dengan inputan data angin. Penjalaran gelombang menuju pantai disimulasikan dengan model CMS – Wave (Coastal Modelling System – Wave).*

*Berdasarkan hasil perhitungan data gelombang laut lapangan diketahui bahwa gelombang di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur, merupakan gelombang laut transisi dengan  $H_s$  sebesar 0,33 meter dan  $T_s$  sebesar 6,23 detik. Berdasarkan hasil peramalan gelombang laut, pada musim barat didapatkan  $H_s$  0,21 meter dan  $T_s$  1,96 detik, pada musim peralihan I didapatkan  $H_s$  0,17 meter dan  $T_s$  1,95 detik, pada musim timur didapatkan  $H_s$  0,20 meter dan  $T_s$  2,22 detik, lalu pada musim peralihan II didapatkan  $H_s$  0,19 meter dan  $T_s$  2,16 detik. Transformasi gelombang laut yaitu refraksi dan difraksi dapat dilihat berdasarkan peta tinggi gelombang tiap musim dari hasil pemodelan.*

**Kata Kunci :** CMS - Wave, Difraksi, Pantai Boom Tuban, Refraksi, SMB.

### **Abstract**

*Wave is one of the oceanography parameters that affect the dynamics of coastal. Ocean wave propagates toward the coast will experience a transformation that affects the height and direction of waves as well as the distribution of wave energy along the coast. The purpose of this study is to examine the dynamics of wave transformation in Tuban Boom Beach, East Java, using the CMS – Wave (Coastal Modelling System - Wave) software.*

*This study was conducted on 27<sup>th</sup> – 29<sup>th</sup> June 2014 Tuban Boom Beach, East Java. The primary data was field measurements of ocean waves using wave palm. While the secondary data were winds data for 5 years (2009-2013) and the Indonesian Coastal Environment maps Tuban year 2005. The method used in this study was quantitative method. Ocean wave forecasting using SMB (Sverdrup Munk Bretchneider) method with wind data as the input data. Wave propagation towards the coast have been simulated with CMS model - Wave (Coastal Modelling System - Wave).*

*Based on the calculations of field data measurements of can be determined that Tuban Boom Beach, East Java, was the transition of ocean waves with 0,33 meters of Hs and 6,23 seconds of Ts. Based on the results of forecasting ocean waves, in the west season have 0.21 meters of Hs and 1.96 seconds of Ts, in the first transitional season have 0.17 meters of Hs and 1.95 seconds of Ts, in the east season have 0,20 meters of Hs and 2,22 seconds of Ts, then the second transitional season 0,19 meters of Hs and 2,16 seconds of Ts. The transformation pattern of the ocean waves were refraction and diffraction, can be determined based on wave height maps in any season as the modeling results.*

**Key Words :** *CMS - Wave, Diffraction, Tuban Boom Beach, Refraction, SMB.*

## **1. Pendahuluan**

Kota Tuban mempunyai banyak pantai wisata, salah satunya adalah Pantai Boom yang secara geografis terletak beberapa ratus meter sebelah utara alun-alun Tuban. Secara harfiah arti kata “Boom” adalah ‘Haven’ dalam bahasa Belanda atau ‘Pelabuhan’ dalam bahasa Indonesia. Wujud fisik Boom, berupa tanah urugan yang menjorok ke laut dengan lebar  $\pm 200$  M dipangkalnya dan mengecil menjadi 50 M di ujungnya, panjangnya  $\pm 300$  M menjorok ke laut, sehingga dari kejauhan terlihat seperti sebuah semenanjung. Pada abad ke 15, Kota Tuban menjadi salah satu pelabuhan penting kerajaan Majapahit. Tapi, pada abad ke 17, Kota Tuban mengalami keterpurukan akibat pelabuhannya mengalami pendangkalan serta invansi Kerajaan Mataram (Hartanto dan Handinoto, 2005). Lalu sekitar tahun 2010, Pemerintah Kabupaten Tuban merenovasi Boom dan menjadikannya sebagai pantai wisata.

Banyaknya bangunan pantai di sepanjang wilayah pesisir Kabupaten Tuban, seperti Boom, dermaga PLTU dan beberapa pelabuhan khusus milik industri-industri yang berada di pesisir Kabupaten Tuban, membuat garis pantai Kabupaten Tuban mengalami perubahan dari tahun ke tahun (Bek, 2012). Menurut Munoz-Perez *et al.* (2001) dalam Azhar (2012) terjadinya perubahan garis pantai juga dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi pada daerah sekitar

pantai (*nearshore process*), dimana pantai selalu beradaptasi dengan berbagai kondisi yang terjadi.

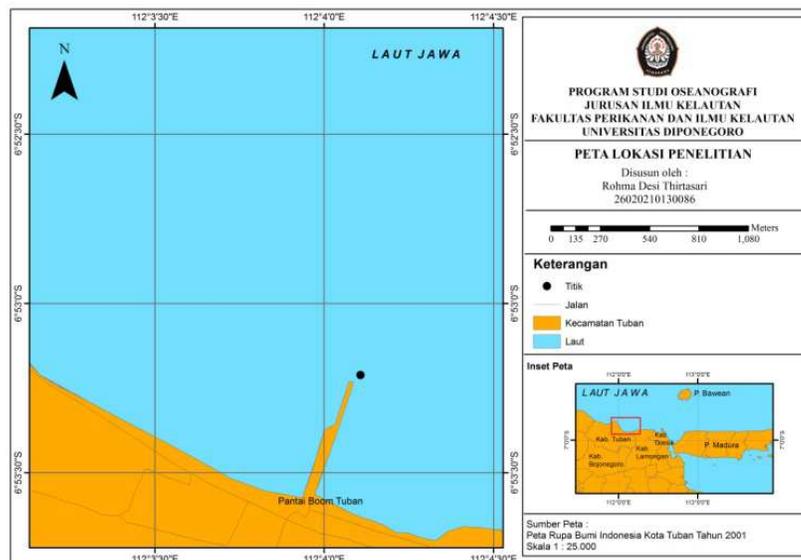
Penelitian ini menggunakan pendekatan model CMS – *Wave (Coastal Modelling System – Wave)* yang merupakan salah satu modul dalam *software SMS (Surface-water Modelling System)*. Model ini dapat mensimulasikan gelombang berdasarkan data hasil peramalan gelombang laut dengan metode SMB (*Svedrup, Munk dan Bretschneider*). *Output* yang dihasilkan dari model ini adalah parameter tinggi gelombang dan vektor penjalaran gelombang yang dapat digunakan untuk menjelaskan dinamika transformasi gelombang laut yang terjadi di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji dinamika transformasi gelombang laut di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur, berdasarkan simulasi model gelombang laut menggunakan CMS – *Wave (Coastal Modelling System – Wave)*. Penelitian ini memberikan pendekatan secara numerik terhadap transformasi gelombang yang terjadi di Pantai Boom, Tuban, Jawa Timur. Informasi tentang transformasi gelombang tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pengembangan potensi dan pelestarian lingkungan wisata Pantai Boom Tuban, Jawa Timur.

## 2. Materi dan Metode Penelitian

### A. Materi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 27-29 Juni 2014 pada musim timur di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur (Gambar 1). Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer pengukuran gelombang laut, berupa tinggi dan periode, sedangkan data sekunder yang digunakan adalah Peta Lingkungan Pantai Indonesia yang dipublikasikan oleh BAKOSURTANAL tahun 2005 dengan skala 1 : 50.000, Peta Rupa Bumi Indonesia yang dipublikasikan BAKOSURTANAL tahun 2001 dengan skala 1 : 25.000 dan data angin selama 5 tahun (2009-2013) diperoleh dari BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## B. Metode Penelitian

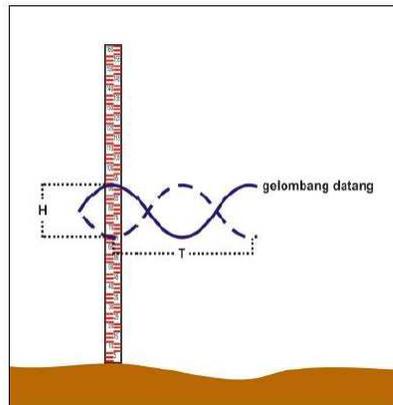
Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi kasus dengan metode pengolahan data kuantitatif. Menurut Sugiyono (2009), metode kuantitatif merupakan metode yang menggunakan data berupa angka dan bersifat sistematis karena data *input* dan *outputnya* berupa angka. Sedangkan metode *survey* digunakan pada tempat penelitian untuk mendapatkan data dari tempat penelitian yang bersifat alamiah (bukan buatan). Menurut Fathoni (2006), metode *survey* digunakan untuk mengadakan pengukuran-pengukuran terhadap gejala empirik yang diperiksa.

### Metode Penentuan Titik Lokasi Pengamatan Gelombang Laut

Pengamatan gelombang ini dilakukan pada satu titik stasiun pengamatan yang secara geografis terletak pada koordinat 112°4'4,98" BT dan 6°53'12,53" LS. Penentuan lokasi pengamatan gelombang dilakukan berdasarkan kondisi yang dapat mewakili kondisi secara keseluruhan daerah (Suryabrata, 1983). Titik pemasangan palem gelombang ditentukan dengan pertimbangan bebas gangguan dari aktifitas kapal nelayan maupun bangunan pantai sehingga gelombang yang terbentuk akibat angin tidak terhalang kondisinya

### Metode Pengukuran Gelombang Laut

Metode pengumpulan data gelombang laut dilakukan selama 3 hari dengan teknik pengamatan langsung (*visual observation*) menggunakan palem gelombang yaitu sebuah papan berskala untuk menghitung tinggi gelombang laut dengan pencatatan setiap 1 jam 10 kali pengambilan data dimana pengukuran tinggi gelombang laut dengan mengamati puncak dan lembah sedangkan perhitungan periode gelombang laut dengan menghitung waktu gerakan gelombang melewati titik tertentu (Gambar 2) (WMO, 1998).



Gambar 2. Pengamatan Gelombang Menggunakan Palem Gelombang (Ariani, (2012) dalam Hidayat *et al.* (2013)).

### Metode Pengolahan Data Gelombang Laut

Data karakteristik gelombang laut yang didapat seperti tinggi dan periode, dianalisis dengan menggunakan penentuan gelombang representatif menurut Triatmodjo (1999) sebagai berikut :

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

$$\text{-----} \quad (2)$$

$$\text{-----} \quad (3)$$

### Metode Pengolahan Data Angin

Peramalan gelombang dari data angin dimaksudkan untuk mendapatkan informasi kondisi gelombang dominan pada daerah penelitian. Metode peramalan gelombang menggunakan metode SMB (*Sverdrup Munk Bretchneider*) (CERC, 1984). Langkah-langkah dalam peramalan gelombang metode SMB (*Sverdrup Munk Bretchneider*) adalah sebagai berikut :

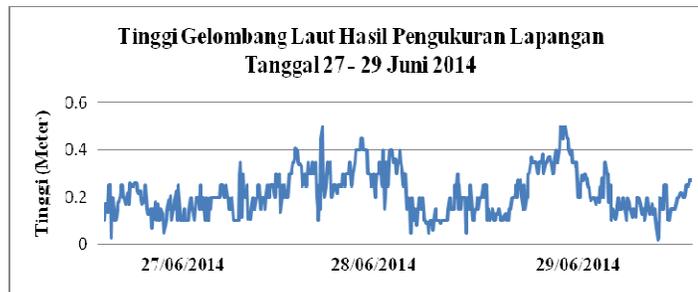
1. Menghitung panjang *fetch* dengan menggunakan *software* ArcGis 10
2. Menghitung nilai kecepatan angin pada ketinggian 10 m ( $U_{10}$ ), kecepatan angin di laut ( $U_w$ ) dan menghitung koefisien gesek ( $U_A$ )
3. Menghitung durasi kecepatan angin ( $t$ )
4. Menghitung *fetch* maksimum dan *fetch* minimum
5. Menghitung nilai  $H_s$  dan  $T_s$

## 3. Hasil dan Pembahasan

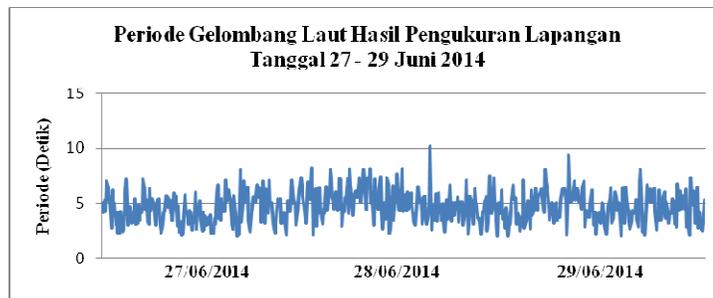
### A. Hasil

#### Hasil Pengukuran Gelombang Laut Lapangan

Hasil pengukuran gelombang laut lapangan disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 3-4).



Gambar 3. Tinggi Hasil Pengukuran Gelombang Laut Lapangan



Gambar 4. Periode Hasil Pengukuran Gelombang Laut Lapangan

Hasil pengolahan data pengukuran gelombang laut lapangan, didapatkan tinggi dan periode gelombang laut yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi dan Periode Pengukuran Gelombang Laut Lapangan

| Keterangan | H (meter) | T (detik) |
|------------|-----------|-----------|
| Maksimum   | 0,50      | 9,35      |
| Signifikan | 0,33      | 6,23      |
| Minimum    | 0,25      | 5,26      |
| Rerata     | 0,22      | 4,65      |

#### Hasil Gelombang Laut Peramalan

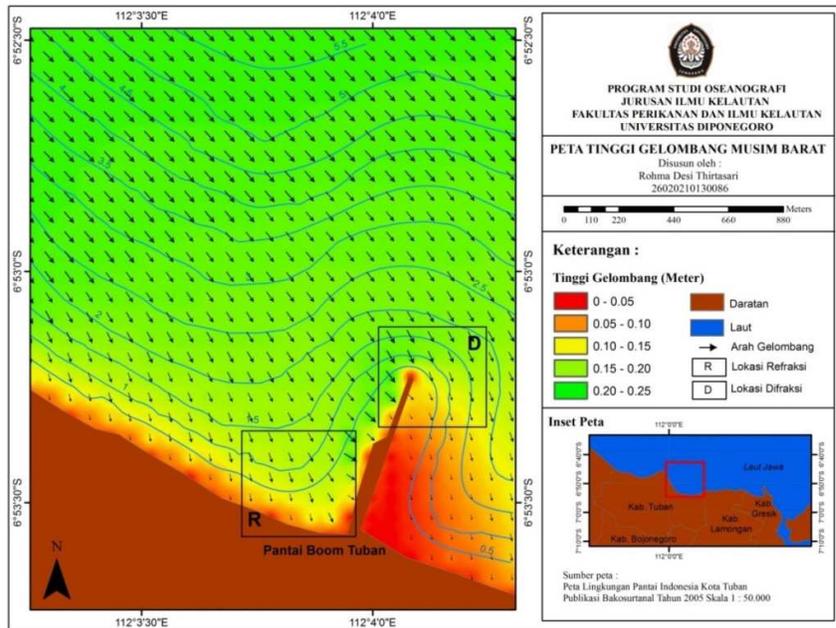
Hasil peramalan gelombang laut menggunakan metode SMB (*Sverdrup Munk Bretchneider*), didapatkan tinggi dan periode gelombang laut yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tinggi dan Periode Gelombang Laut Peramalan Permusim

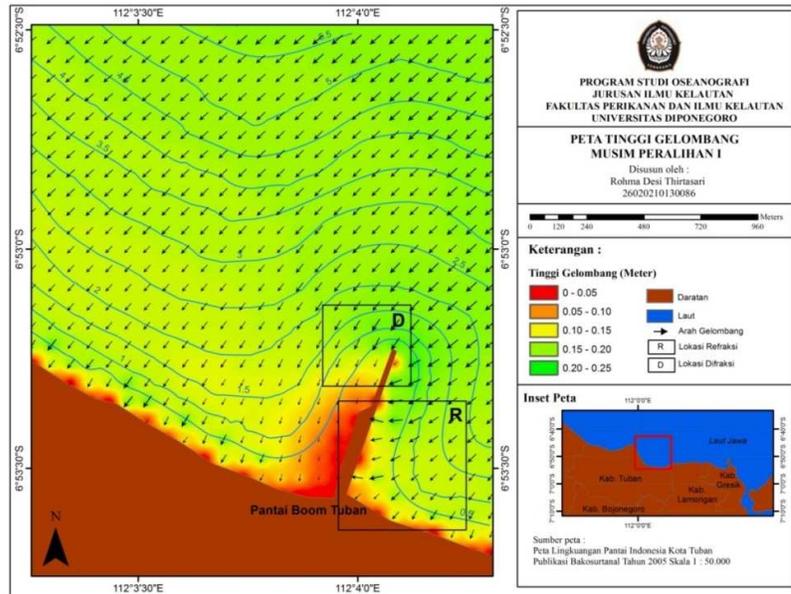
| Musim        | Hmax<br>(Meter) | Hs<br>(Meter) | Hmin<br>(Meter) | Tmax<br>(Meter) | Ts<br>(Meter) | Tmin<br>(Meter) |
|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Barat        | 0,67            | 0,21          | 0,14            | 4,29            | 1,96          | 1,50            |
| Peralihan I  | 0,67            | 0,17          | 0,07            | 4,29            | 1,95          | 1,43            |
| Timur        | 0,32            | 0,20          | 0,11            | 3,98            | 2,22          | 1,43            |
| Peralihan II | 0,48            | 0,19          | 0,07            | 3,63            | 2,16          | 1,43            |

#### Hasil Gelombang Laut Pemodelan

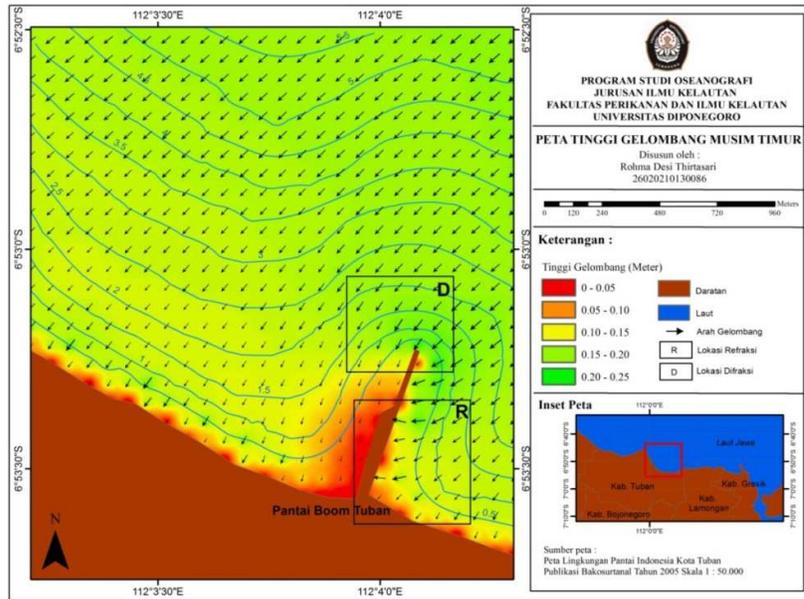
Simulasi model menggunakan *software* SMS 10 modul CMS – *Wave (Coastal Modelling System – Wave)* dengan inputan hasil gelombang laut peramalan permusim sehingga didapatkan hasil *output* berupa parameter tinggi gelombang dan vektor penjaran gelombang yang divisualisasikan dalam peta tinggi gelombang permusim (Gambar 5-8).



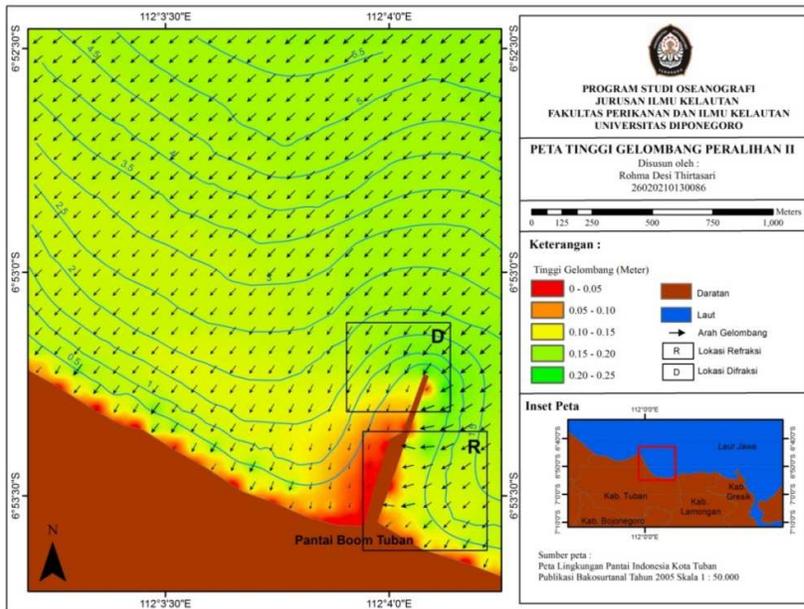
Gambar 5. Peta Tinggi Gelombang Laut Musim Barat



Gambar 6. Peta Tinggi Gelombang Laut Musim Peralihan I



Gambar 7. Peta Tinggi Gelombang Laut Musim Timur



Gambar 8. Peta Tinggi Gelombang Laut Musim Peralihan II

## B. Pembahasan

### Pengukuran Gelombang Laut Lapangan

Berdasarkan hasil pengukuran gelombang laut lapangan, gelombang yang terbentuk di Pantai Boom Tuban Jawa Timur dengan periode signifikan sebesar 6,23 detik termasuk gelombang yang dibangkitkan oleh angin karena berdasarkan Munk *dalam* Sugianto (2010) menyatakan bahwa klasifikasi gelombang dengan

periode antara 1 - 10 detik termasuk gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Lalu berdasarkan tinggi dan periodenya, gelombang laut di Pantai Boom Tuban Jawa Timur termasuk tipe gelombang laut dangkal dengan nilai  $d/L$  sebesar 0,08. Hal ini sesuai dengan Triatmodjo (1999) yang menyatakan bahwa berdasarkan kedalaman relatif yaitu perbandingan antara kedalaman perairan ( $d$ ) dan panjang gelombang ( $L$ ), dengan nilai  $d/L < 0,05$  dikategorikan dalam gelombang laut dangkal.

#### **Gelombang Laut Peramalan**

Berdasarkan hasil peramalan gelombang laut menggunakan metode SMB (*Sverdrup Munk Bretchneider*) dapat diketahui bahwa gelombang laut yang terjadi pada musim barat dan peralihan I lebih besar daripada gelombang laut yang terjadi pada musim timur dan peralihan II, dimana tinggi dan periode signifikan pada musim barat sebesar 0,21 meter dan 1,96 detik serta tinggi dan periode signifikan pada musim peralihan I sebesar 0,17 meter dan 1,95 detik. Sedangkan tinggi dan periode signifikan pada musim timur sebesar 0,20 meter dan 2,22 detik serta tinggi dan periode signifikan pada musim peralihan II sebesar 0,19 meter dan 2,16 detik. Hal ini sesuai dengan Bayong dalam Hidayat *et al.*, (2013), yang menyatakan bahwa kecepatan angin yang bertiup pada musim barat lebih kuat dibandingkan dengan musim timur.

#### **Difraksi dan Refraksi Gelombang Laut Hasil Pemodelan**

Pada musim barat (Gambar 5) gelombang menjalar dari perairan laut dalam menuju ke pantai dengan arah datang gelombang dominan dari barat laut. Pada perjalanannya terjadi refraksi dimana gelombang mengalami perubahan tinggi akibat adanya variasi kedalaman sehingga menyebabkan perubahan arah penjalaran terhadap sudut datang yang membuat arahnya semakin tegak lurus pantai yang ditunjukkan pada lokasi R disebelah kiri Pantai Boom Tuban. Pada musim peralihan I, timur dan peralihan II terjadi proses yang sama, hanya saja arah datang gelombangnya dari timur laut.

Refraksi hanya terjadi pada laut transisi dan dangkal karena pada laut dalam gelombang laut tidak mengalami gesekan dengan dasar perairan. Dalam peta tinggi gelombang laut permusim, dapat dilihat bahwa pembelokan vektor gelombang tidak terlalu terlihat dikarenakan kontur kedalaman yang *continue* dan rapat. Selain itu karena kebanyakan sudut datang gelombang yang hampir tegak lurus dengan kontur maka praktis efek refraksi kecil dan tidak terlalu tampak terjadi pembelokan lintasan (Akhir dan Mas, 2011).

Selain itu, pada musim barat terjadi difraksi yang ditunjukkan pada lokasi D, dimana gelombang yang datang dari arah barat laut terhalang daratan Pantai Boom Tuban yang menjorok ke laut, sehingga membelok di sekitar ujung daratan ke belakang area terlindung, menyebabkan tinggi gelombang laut berkurang lalu akan terjadi transfer energi ke daerah terlindung membuat terbentuknya gelombang laut yang tidak sebesar di luar daerah terlindung, hal ini ditunjukkan oleh garis panah di sisi kanan Pantai Boom Tuban yang lebih kecil daripada di sebelah kiri serta warna laut yang berbeda. Pada musim peralihan I, timur dan peralihan II terjadi proses yang sama, hanya saja arah datang gelombangnya dari timur laut.

Refraksi dan difraksi gelombang laut yang terjadi merupakan proses-proses di daerah sekitar pantai yang berpengaruh secara langsung terhadap perubahan garis pantai, dimana refraksi berperan dalam perubahan topografi dasar laut dari pengaruh erosi dan sedimentasi, sedangkan difraksi berperan dalam peredaman energi gelombang laut dari laut dalam yang terhalang oleh penghalang atau rintangan di laut.

Kondisi Pantai Boom Tuban, Jawa Timur, berdasarkan peta tinggi gelombang laut, pada musim barat daerah kiri Pantai Boom Tuban sangat rentan terhadap adanya perubahan garis pantai dibandingkan daerah kanannya. Hal ini dikarenakan arah datang gelombang dominan dari barat laut, sehingga daerah kanan Pantai Boom Tuban yang merupakan daerah terlindung dimana energi gelombang akan direduksi oleh Pantai Boom Tuban sebelum sampai pada daerah kanannya. Sedangkan pada musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II, dimana arah datang gelombang dominan dari timur laut, maka daerah terlindungnya akan berubah menjadi disebelah kiri Pantai Boom Tuban. Sebenarnya daerah kanan dan kiri Pantai Boom Tuban sama-sama rentan terhadap perubahan garis pantai tergantung musimnya. Hal ini didukung oleh Azhar *et. al.* (2012), pada tahun 2005 – 2010 secara spasial pada arah sejajar pantai (*longshore*), garis pantai Tuban, Jawa Timur, mengalami akresi. Pada tahun 2010 – 2011, garis pantai Tuban mengalami erosi yang sangat kecil pada akhir 2011. Tapi secara keseluruhan garis pantai Tuban, Jawa Timur cenderung stabil.

#### **4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil simulasi model gelombang laut menggunakan CMS – *Wave (Coastal Modelling System – Wave)* berupa *output* peta tinggi gelombang tiap musim, dapat divisualisasikan secara sederhana proses dinamika transformasi gelombang laut di Pantai Boom Tuban, Jawa Timur.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang, Pemerintah Kabupaten Tuban dan BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya.

#### **Daftar Pustaka**

- Akhir, B. dan Mas M. 2011. *Lintasan Gelombang Laut Menuju Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu*. Jurnal Rekayasa Sipil vol. 7 no. 2, Oktober 2011: 47-59 hlm, ISSN: 1858 – 2133.
- Azhar, M. R., Suntoyo, dan Mahmud M. 2012. *Analisa Perubahan Garis Pantai Tuban, Jawa Timur dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF)*. Jurnal Teknik ITS vol. 1, No 1 (September 2012) ISSN : 2301 – 9271.
- Bek. 2012. *Pembangunan Pelabuhan Holcim Kembali Disoal*. [www.kabartuban.com](http://www.kabartuban.com) . Diunduh pada tanggal 26 Mei 2013
- CERC (*Coastal Engineering Research Center*). 1984. *Shore Protection Manual Volume I*. Department of The Army, US Army Corps of Engineers. Washington, DC.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Tuban. 2012. *Perencanaan Zonasi Wilayah Pesisir Dan Laut Kabupaten Tuban*. Pemerintah Kabupaten Tuban. 1-3 hlm.

- Fathoni, Abdurrahmat. 2006. *Metodelogi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Hartono, Samuel dan Handinoto. 2005. Alun-Alun dan Revitalisasi Identitas Kota Tuban. *Dimensi Teknik Arsitektur* Vol. 33, No 1, Desember 2005 : 131 – 142 hlm. <http://puslit.petra.ac.id/~puslit/journals/>.
- Hidayat, J. J., Yusuf, M., dan Indrayanti, E. 2013. *Dinamika Penjalaran Gelombang Menggunakan Model CMS – Wave di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa*. *E-Jurnal Oseanografi* Vol. 2, nomor 3: 255 – 264 hlm. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>.
- Sugianto, D. N. 2010. *Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemandaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur*. *Ilmu Kelautan* September 2010. Vol 15 (3) 143-152.
- Sugiyono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta, 380 hlm.
- Suryabrata, S. 1983. *Metodologi Penelitian*. Manajemen PT Rajagrafindo Persada, Jakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- World Meteorological Organization (WMO). 1998. *Guide to Wave Analysis And Forecasting*. WMO, Jenewa.