

---

**Analisis Refraksi dan Efek Pendangkalan (*Shoaling*) Gelombang terhadap penambahan Panjang Pemecah Gelombang pada Mulut Pelabuhan Tanjung Adikarta Glagah Yogyakarta**

**Tezar Rafandi, Sugeng Widada, Warsito Atmodjo\***

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698  
Email : tezar\_r@yahoo.co.id

**Abstrak**

Dalam pembangunan pelabuhan harus memperhatikan aspek fisika perairan atau aspek oseanografi yang meliputi pasang surut, arus dan gelombang. Gelombang merupakan salah satu aspek oseanografi yang penting dalam pembangunan. Proses penjalaran gelombang di sekitar pantai akan mengalami beberapa transformasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses refraksi dan efek pendangkalan (*shoaling*) gelombang dan kondisi gelombang ketika menuju mulut pelabuhan pada lokasi penelitian. Penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu pengambilan data primer/lapangan (gelombang) dan pengolahan data sekunder (angin) yang hasilnya digunakan untuk verifikasi dengan data primer gelombang. Pengambilan data primer gelombang dilakukan pada tanggal 22 sampai 24 Februari 2012. Metode yang digunakan untuk analisis hasil penelitian adalah metode kuantitatif dengan bantuan *software* SMS (*Surface Water Modeling System*). Dari hasil pengamatan gelombang diketahui gelombang di perairan pelabuhan Tanjung Adikarta, D.I Yogyakarta yang terjadi pada tanggal 22 sampai 24 Februari 2012, tinggi gelombang maksimum sebesar 1,475 meter dengan periode sebesar 15,8 detik. Tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) sebesar 1,021 meter dengan periode ( $T_s$ ) sebesar 12,8 detik. Tinggi gelombang minimum 0,84 meter dengan periode sebesar 10,3 detik. Sedangkan hasil peramalan gelombang dengan metode SMB didapatkan untuk musim barat tinggi gelombang signifikan sebesar 0,978 meter dengan periode 8,276 detik, pada musim peralihan tinggi gelombang signifikan sebesar 0,9 meter dengan periode 7,936 detik dan pada musim timur tinggi gelombang signifikan sebesar 0,826 meter dengan periode 7,654 detik. Dari hasil model didapatkan tinggi gelombang dimulut pelabuhan sampai daerah terlindung pemecah gelombang pada musim barat sebesar 1,43 meter sampai 0,52 meter, musim peralihan sebesar 1,96 meter sampai 0,46 meter, musim timur sebesar 1,54 meter sampai 0,37 meter, skenario 1 sebesar 1,3 meter sampai 0,26 meter dan skenario 2 sebesar 1,24 meter sampai 0,26 meter.

**Kata Kunci** : Refraksi, efek pendangkalan, SMS, Pemecah Gelombang, Pelabuhan Tanjung Adikarta, D.I Yogyakarta

**Abstract**

*In building harbour, water physics or oceanography aspect must be noticed such as tide, water current and wave. Wave is one of oceanography aspect which is important for the construction. Wave crawling process around the beach will be transformed. Those processes must be known in order to build harbour and other shore construction. The purpose of the research is to find out wave refraction and Shoaling effect and wave condition when to mouth of harbor in research area. The research was conducted in two steps. The first was to take primary/field data (wave) and secondary data processing (wind) which is important as verification for wave primary data. Wave data was taken on February 22th, 2012 up to February 24nd, 2012. The kuantitative method was being used by means of SMS (Surface Water Modeling System) software. From the wave observation it can be known that wave in the seawater in Tanjung Adikarta harbour, D.I Yogyakarta on February 22th, 2012, up to February 24th, 2012, the maximum wave height 1,475 meters with a maximum wave period of 15.8 seconds. Significant wave height ( $H_s$ ) was 1.021 meters and significant wave period ( $T_s$ ) was 12.8 seconds. Minimum wave height was 0.84 meters and minimum wave period was 10.3 seconds. While the results of wave forecasting with SMB method showed that in the western season, the significant wave height was 0.978 meters and significant wave periode was 8.276 seconds, in transitional season significant wave height is 0.9 meters and with a 7.936 seconds period and in eastern season, significant wave height was 0.826 meters with a 7,654 seconds period. From the model results obtained wave height at the mouth of the harbor to the breakwater protected areas on the western season of 1.43 meters to 0.52 meters, transition season wave height is 1.96 meters to 0.46 meters,*

eastern season wave height is 1.54 meters to 0.37 meter, in scenario 1 wave height is 1.3 meters to 0.26 meters and in scenario 2 wave height is 1.24 meters to 0.26 meters.

**Keywords:** refraction, shoaling effect, SMS, Breakwater, Tanjung Adikarta harbor, D.I Yogyakarta,

## 1. Pendahuluan

Pantai Glagah yang terletak di Propinsi D.I Yogyakarta, merupakan pantai yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pelabuhan perikanan. Pada Pantai Glagah ini bermuara sebuah sungai yang dimanfaatkan sebagai alur pelayaran, yaitu Sungai Serang. Lokasi Pelabuhan Tanjung Adikarta terletak di Muara Sungai Serang, Pelabuhan Tanjung Adikarta memiliki gelombang yang sangat besar sehingga dapat mengganggu alur pelayaran dan aktivitas pelabuhan di kolam pelabuhan. Untuk menjamin ketenangan di alur pelayaran dan kolam pelabuhan diperlukan pemecah gelombang di muara sungai pada sisi barat dan timur Muara Sungai Serang, Pemecah gelombang disebelah timur dibuat lebih panjang dengan membelok ke arah barat sehingga gelombang dominan dari arah tenggara dan selatan tidak masuk ke alur pelayaran. Pemecah gelombang di pelabuhan Tanjung Adikarta berfungsi meredam tinggi gelombang di dalam kolam pelabuhan agar tidak mengganggu alur pelayaran, Pemecah gelombang akan menyebabkan perubahan karakteristik gelombang yaitu arah penjalaran dan tinggi gelombang, pemecah gelombang juga menyebabkan terjadinya proses refraksi dan difraksi gelombang, sehingga berpengaruh terhadap ketenangan gelombang yang ada pada kolam pelabuhan. Kajian untuk mengetahui refraksi dan efek shoaling gelombang di mulut pelabuhan dapat didekati dengan menggunakan kajian model gelombang.

## 2. Materi dan Metode Penelitian

### A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder . Data primer berupa data gelombang, peta batimetri, Sedangkan data sekunder berupa peta Pantai Glagah (dengan skala 1:100.000, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Digital Yogyakarta dengan skala 1:50.000, data angin selama 10 tahun (1999- 2009).

### B. Lokasi Sampling

Lokasi pengukuran parameter oseanografi dalam penelitian ini di pantai Glagah Kalurahan Sidorejo, Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DI Yogyakarta di lokasi pembangunan Pelabuhan Tanjung Adikarta. Koordinat lokasi ini adalah  $7^{\circ} 54' 57,1''$  LS dan  $110^{\circ} 04' 46,8''$ BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### C. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Hal ini karena data penelitian didapatkan dengan menggunakan instrumen dan hasilnya berupa angka. Selanjutnya untuk analisis gelombang menggunakan metode matematik dengan menggunakan suatu model numerik. Software yang digunakan untuk membuat model gelombang adalah SMS 10 modul BOUSS-2D dimana akan diketahui dari suatu bangunan pantai (fathoni, 2005)

### Metode Penentuan Lokasi Gelombang

Metode penentuan lokasi menggunakan *purposive sampling method*. Pertimbangan penentuan lokasi pengukuran gelombang diantaranya sebagai berikut :

- Secara teknis, ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) ARGONAUT-XR ditanam pada kedalaman 17 meter karena kedalaman tersebut dianggap cukup efektif dalam pengukuran gelombang

**Metode Pengukuran Data**

**Pengukuran Data Gelombang**

Pengukuran gelombang menggunakan alat ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) Argonout SonTek XR ditanam pada koordinat  $7^{\circ} 54' 57,1''$  LS dan  $110^{\circ} 04' 46,8''$ BT. 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 Analisis Data**

**Analisis Data Angin**

Data angin yang digunakan adalah data angin selama 10 tahun (1999-2009) yang diperoleh dari Stasiun BMKG D.I Yogyakarta. Peramalan gelombang dari data angin ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi gelombang yang dominan pada daerah penelitian.

**Analisis Data Gelombang**

Data gelombang yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan penentuan gelombang representatif  $H_s$  dan periode gelombang representatif  $T_s$  (Triatmodjo, 2007)

**Pemodelan Gelombang**

Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan 3 skenario pada domain model, yaitu :



Gambar 2. Peta Skenario 1 tanpa pemanjangan Pemecah Gelombang



Gambar 3. Peta Skenario 2 pemanjangan pemecah gelombang sisi timur



Gambar 4. Peta Skenario 3 pemanjangan pemecah gelombang sisi barat.

**3. Hasil dan Pembahasan**

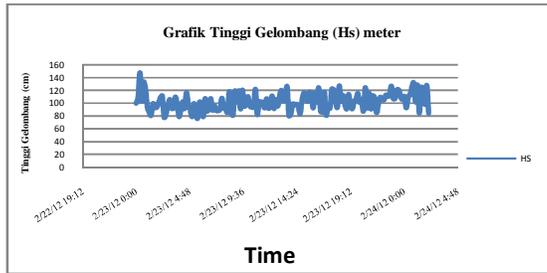
**Hasil Pengukuran Gelombang Lapangan**

Pengamatan tinggi dan periode gelombang yang dilakukan pada Perairan Pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo relatif tinggi, Gelombang tertinggi sebesar 147,5 cm dengan Periode 15,8 detik, sedangkan tinggi gelombang minimum sebesar 84,8 cm dengan Periode 10,3 detik. Hasil secara lengkap tersaji pada Tabel dan gambar berikut.

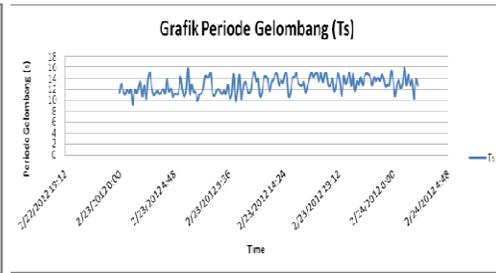
Tabel 1. Tinggi dan Periode Gelombang Pantai Glagah pada kedalaman 17 meter

No	Keterangan	Minimum	Signifikan	Maksimum
1	H(m)	0,84	1,021	1,475

2	T(detik)	10,3	12,8	15,8
---	----------	------	------	------



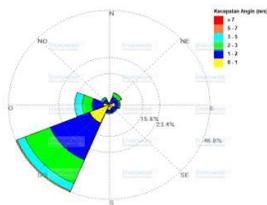
Gambar 5. Grafik tinggi gelombang di stasiun Pengamatan



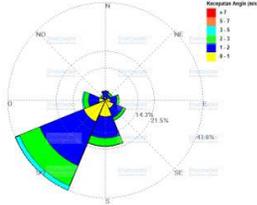
Gambar 6. Grafik periode gelombang di stasiun Pengamatan

**Konversi data Angin ke Gelombang**

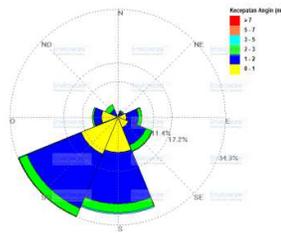
Peramalan gelombang didasarkan pada pengolahan data angin selama 10 tahun yang didapat dari stasiun BMG Adisucipto Yogyakarta. Data angin yang diolah mulai tahun 1999 hingga 2009. Mawar angin berdasarkan data sekunder yang di dapat:



Gambar 7. Mawar Angin pada musim barat tahun 1999-2009



Gambar 8. Mawar Angin pada musim peralihan tahun 1999-2009



Gambar 9. Mawar Angin pada musim timur tahun 1999-2009

Hasil pengelompokan gelombang hasil konversi (Tahun 1999 – 2009) berdasarkan musim dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tinggi Gelombang Representatif per Musim (1999 – 2009).

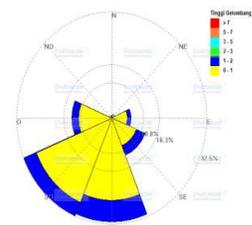
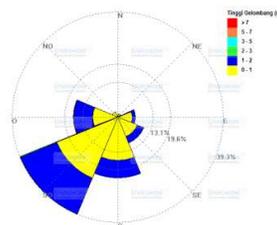
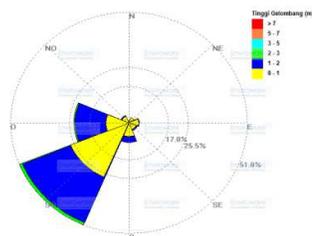
Musim	Hmax(m)	Hs(m)	Hmin(m)
Barat	2.571	0.978	0.091
Peralihan	2.44	0.9	0.0907
Timur	1.727	0.826	0.103

Hasil pengelompokan gelombang hasil konversi (Tahun 1999 – 2009) berdasarkan musim dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Periode Gelombang Representatif per Musim (1999 – 2009).

Musim	Tmax(detik)	Ts(detik)	Tmin(m)
Barat	12,078	8,276	5,522
Peralihan	11,838	7,936	4,962
Timur	10,302	7,654	5,522

Mawar gelombang pengolahan data disajikan pada gambar 10– 13.



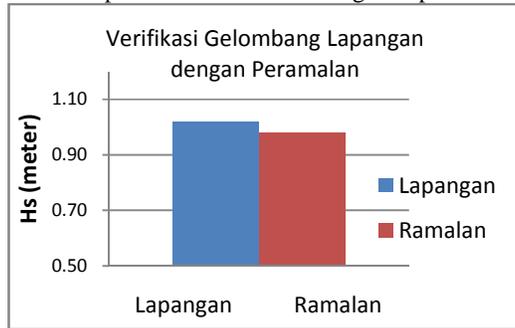
Gambar 10. Mawar Gelombang pada musim barat tahun 1999-2009

Gambar 11. Mawar Gelombang pada musim peralihan tahun 1999-2009

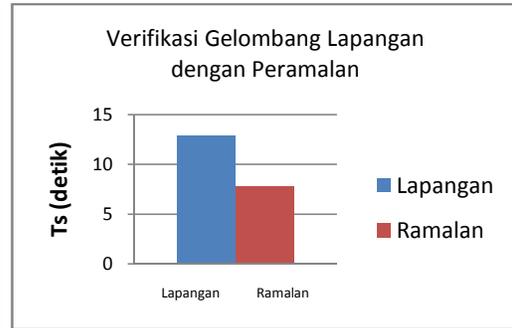
Gambar 12. Mawar Gelombang pada musim timur tahun 1999-2009

**Verifikasi data Lapangan dengan Ramalan**

Verifikasi dilakukan dengan menggunakan data lapangan dan hasil konversi angin ke gelombang. Tinggi gelombang signifikan hasil pengukuran lapangan (Hs) adalah 1.02 meter dan periode signifikan (Ts) adalah 6.5 detik. Tinggi gelombang signifikan hasil Konversi gelombang (Hs) adalah 0.98 meter dan periode signifikan (Ts) adalah 3.9 detik. Hasil perhitungan tinggi gelombang antara data lapangan dengan peramalan dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 37 dan 38.



Gambar 13. Verifikasi Tinggi Gelombang Lapangan dengan Peramalan



Gambar 14 Verifikasi Periode Gelomban Lapangan dengan Peramalan.

Relative Error (RE) yang diperoleh dari hasil perhitungan antara tinggi gelombang signifikan ramalan dan lapangan 3.92 % dan 39,17 % untuk periode gelombang signifikan. Verifikasi data gelombang signifikan yang merupakan hasil peramalan data angin (1999–2009) menunjukkan bahwa data gelombang ramalan mendekati data gelombang lapangan. Dengan demikian data gelombang ramalan dapat digunakan sebagai inputan gelombang dalam model.

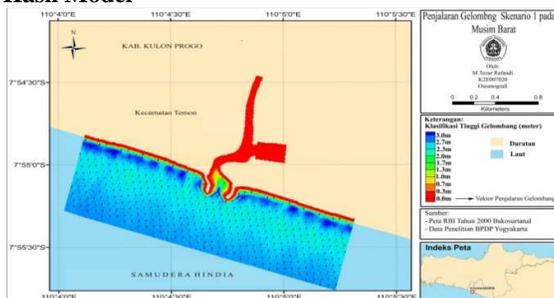
Tabel 4. Verifikasi Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan antara Hasil Gelombang Lapangan dengan Peramalan

Gelombang	Hs(meter)	Ts(detik)
Pengukuran Lapangan	1,02	12,823
Peramalan (Konversi Angin)	0,98	7,8
<b>MRE(Mean Relative Error)</b>	<b>3,92%</b>	<b>39,17%</b>

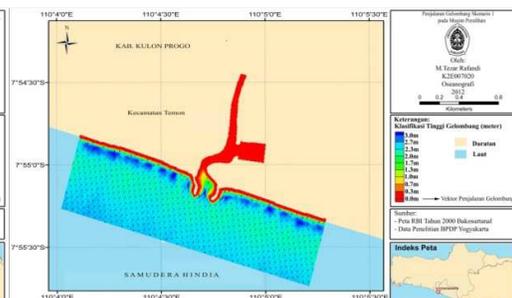
**Pemodelan Gelombang**

Studi pemodelan gelombang yang dilakukan meliputi pola refraksi dan difraksi yang terjadi akibat adanya bangunan pantai dan mengetahui ketinggian gelombang pada mulut pelabuhan. Area yang dimodelkan meliputi perairan pelabuhan Tanjung Adikarta Pantai Glagah Yogyakarta. Inputan model adalah peramalan gelombang dari data angin selama 10 tahun dari tahun 1999 hingga 2009 dan batimetri. Gambaran pola refraksi dan difraksi untuk keseluruhan skema digambarkan dalam bentuk vektor seperti yang terlihat dalam gambar dibawah ini.

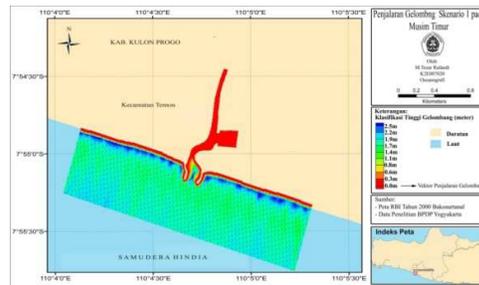
**Hasil Model**



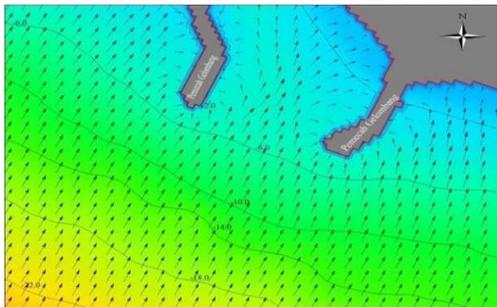
Gambar 15. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Barat Skenario 1



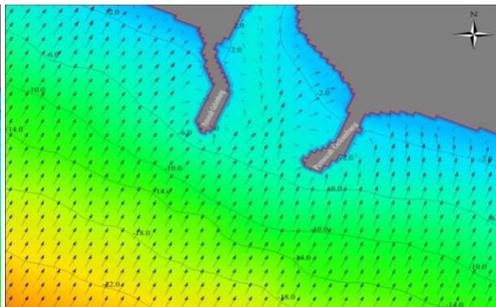
Gambar 16. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikartapada Musim Peralihan Skenario 1



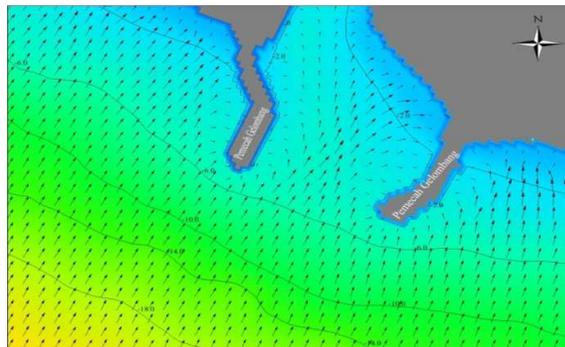
Gambar 17. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Timur Skenario 1



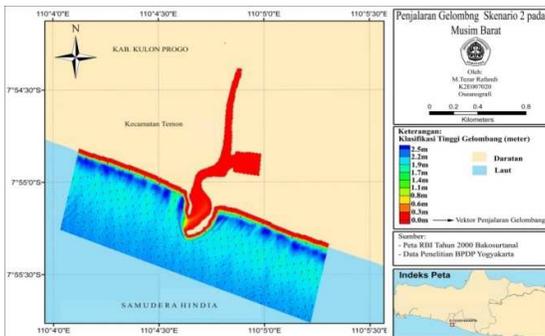
Gambar 18. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Barat



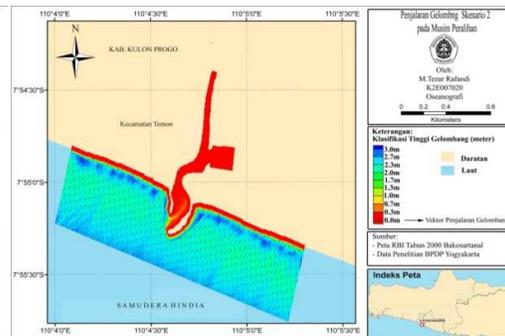
Gambar 19. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Peralihan



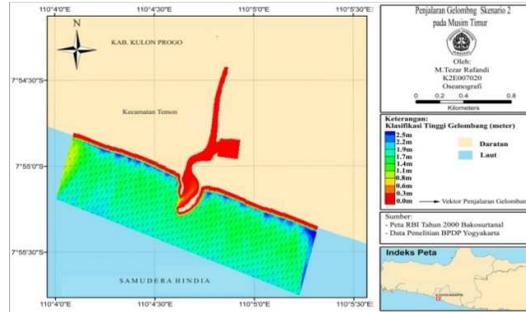
Gambar 20. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Timur



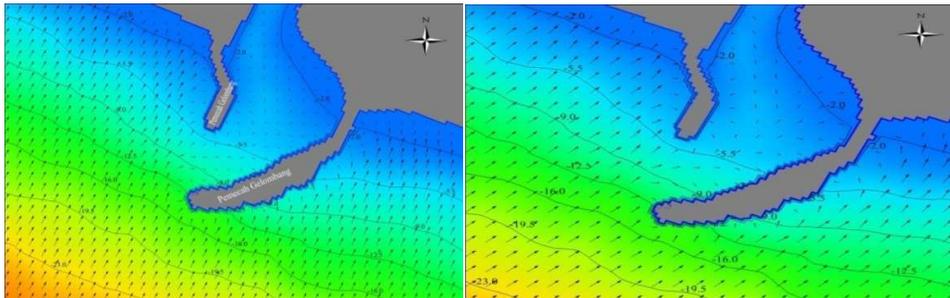
Gambar 21. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Barat Skenario 2



Gambar 22. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Peralihan Skenario 2

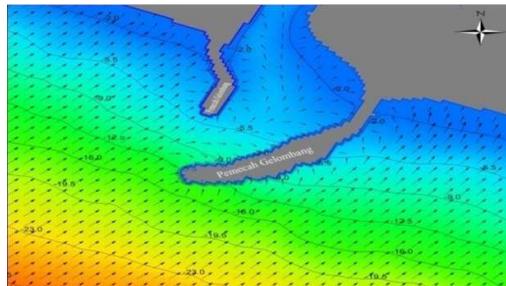


Gambar 23. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Timur Skenario 2

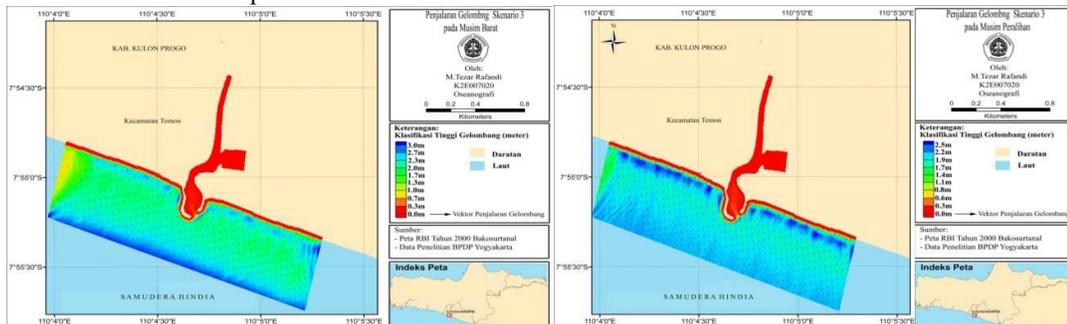


Gambar 24. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Barat

Gambar 25. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Peralihan

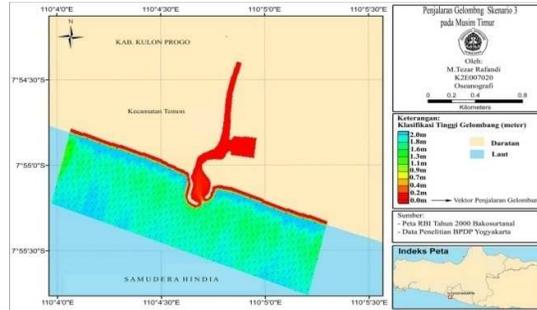


Gambar 26. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Timur

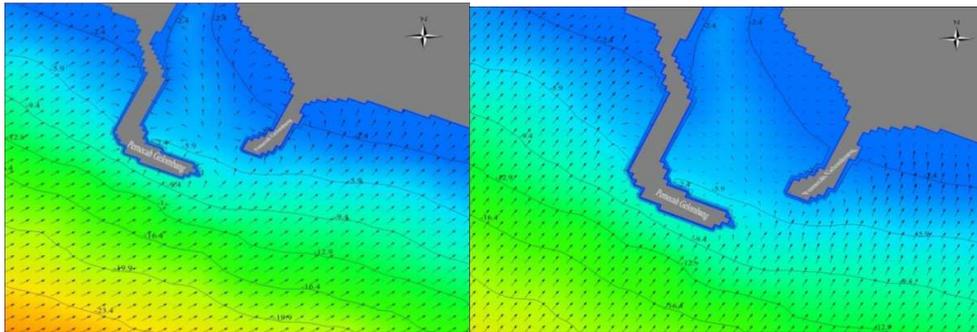


Gambar 27. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Barat Skenario 3

Gambar 28. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Peralihan Skenario 3

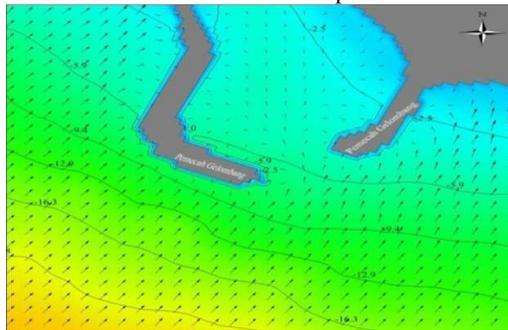


Gambar 29. Arah Penjalaran Gelombang di Pelabuhan Tanjung Adikarta pada Musim Timur Skenario 3



Gambar 30. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Barat

Gambar 31. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Peralihan



Gambar 32. Penjalaran Gelombang di Mulut Pelabuhan pada Musim Timur

Perbandingan tinggi gelombang di mulut pelabuhan disetiap musimnya adalah sebagai berikut:  
Tabel 5. Ketinggian Gelombang pada Mulut Pelabuhan

Skema	ketinggian gelombang (meter)		
	Hmin	Hsignifikan	Hmaks
Senario 1			
Musim Barat	0,21	1,71	2,32
Musim Peralihan	0,11	1,51	2,29
Musim Timur	0,01	1,26	2,26
Skenario 2			
Musim Barat	0,09	0,8	2,25
Musim Peralihan	0,01	0,66	2,17
Musim Timur	0,06	0,17	1,08
Skenario 3			
Musim Barat	0,04	0,2	1,28
Musim Peralihan	0,007	0,11	0,5
Musim Timur	0,004	0,09	0,47

## Pembahasan

### Refraksi dan Efek Pendangkalan (*Shoaling*) Gelombang

Pada skenario 1 gelombang mengalami refraksi dikarenakan oleh perubahan kedalaman dengan adanya refraksi tinggi gelombang akan mengalami pengurangan energi gelombang. tinggi gelombang mengalami penurunan yang signifikan ketika gelombang memasuki mulut pelabuhan hal ini dikarenakan adanya pemecah gelombang yang melindungi, gelombang yang akan memasuki mulut pelabuhan terlebih dahulu akan membentur pemecah gelombang sehingga terjadi penurunan tinggi gelombang. Efek pendangkalan atau *shoaling* adalah proses berubahnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman, pada skenario 1 efek pendangkalan sangat terlihat jelas pada gambar, efek pendangkalan terjadi pada kedalaman 5-2 meter.

Skenario 2 adalah perpanjangan pemecah gelombang pada sisi timur, dari hasil simulasi model terlihat jelas adanya refraksi gelombang ketika menuju perairan yang dangkal. refraksi mengakibatkan berkurangnya tinggi gelombang antara skenario 1 dan 2, skenario 2 lebih efektif meredam energi gelombang di mulut pelabuhan dibandingkan dengan skenario 1 hal ini disebabkan oleh adanya perpanjangan pemecah gelombang disisi timur sehingga gelombang yang ada didalam mulut pelabuhan terlindung oleh pemecah gelombang. Efek Pendangkalan juga terjadi pada skenario 2 disetiap musimnya dapat kita lihat pada gambar skenario 2 kontur tinggi gelombang, ketika gelombang menuju daratan gelombang mengalami perubahan tinggi gelombang, gelombang akan menjadi lebih tinggi ketika akan menuju daratan dan kemudian akan mengalami penurunan kembali ketika gelombang sampai pada daratan proses tingginya gelombang ini disebut juga dengan gelombang pecah.

Skenario 3 adalah perpanjangan pemecah gelombang sisi barat skenario 3 lebih efektif meredam energi gelombang dibanding dengan skenario 1 dan 2 hal ini disebabkan oleh gelombang datang dominan yang berasal dari barat daya akan terlebih dulu menabrak pemecah gelombang yang mengalami perpanjangan disisi barat. Gelombang mengalami perubahan tinggi di dalam mulut pelabuhan hal ini dikarenakan oleh adanya proses refraksi yang menuju perairan yang lebih dangkal sehingga tinggi gelombang semakin berkurang. Tinggi gelombang dimulut pelabuhan pada skenario 3 lebih rendah dibanding dengan skenario 1 dan 2 tinggi gelombang dapat dilihat pada tabel 5. *Shoaling* atau pendangkalan gelombang juga terlihat dalam simulasi model disetiap musimnya, efek pendangkalan terjadi di kedalaman 5- 2 meter.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil simulasi model skenario 1 musim barat memiliki gelombang signifikan yang lebih tinggi dimulut pelabuhan yaitu 1,71 meter, sedangkan musim peralihan 1,51 meter dan musim timur 1,26 meter.
2. Dari hasil simulasi model skenario 2 musim barat memiliki gelombang signifikan yang lebih tinggi dimulut pelabuhan yaitu 0,8 meter, sedangkan musim peralihan 0,66 meter dan musim timur 0,17 meter.
3. Dari hasil simulasi model skenario 1 musim barat memiliki gelombang signifikan yang lebih tinggi dimulut pelabuhan yaitu 0,2 meter, sedangkan musim peralihan 0,11 meter dan musim timur 0,09 meter.
4. Dari hasil simulasi model pada mulut pelabuhan terjadi refraksi ketika arah perjalanan gelombang menuju pantai.
5. Dari hasil simulasi model pada pendangkalan (*shoaling*) terjadi di kedalaman 5-2 meter saat menuju pantai.

## Daftar Pustaka

- CERC. 1984. Shore Protection Manual. Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.  
Fathoni, Abdurrahmat. 2005. *Metode Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. P.T. Rineka Cipta, Jakarta  
Pratikto, W.A., Haryo Dwi Armono, Suntoyo. 1997. Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut, BPFE - Yogyakarta.  
Triatmodjo, B. 1999. Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta.