

PERENCANAAN LAYOUT PELABUHAN PETI KEMAS ERETAN DI KABUPATEN INDRAMAYU, JAWA BARAT

Planning of Eretan Container Port Layout in Indramayu District, Jawa Barat

Afina Wulandari¹ Paramashanti² dan Eddy Rachman Gandanegara³

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132

¹afinawulandari@students.itb.ac.id ²paramashanti@ocean.itb.ac.id dan

³eddy@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Peningkatan arus masuk dan keluarnya peti kemas ini juga memicu kenaikan kapasitas pelabuhan sehingga dibutuhkan perluasan wilayah pelabuhan dalam membantu aktivitas pelabuhan utama. Salah satu pelabuhan yang membutuhkan perluasan wilayah adalah Pelabuhan Tanjung Priok. Pelabuhan ini membutuhkan pembangunan pelabuhan baru dalam membantu kinerja Pelabuhan Tanjung Priok, yaitu Pelabuhan Cilamaya. Namun seiring keberjalanannya, pembangunan pelabuhan ini dibatalkan karena beberapa alasan. Sebagai pengganti Pelabuhan Cilamaya, telah diusungkan enam lokasi dan salah satunya adalah Eretan di Kabupaten Indramayu. Pada pengerjaan tugas akhir ini, akan dilakukan analisis pemilihan orientasi Pelabuhan Eretan, dimana analisis yang dilakukan didasari oleh aspek keselamatan pelayaran kapal, keselamatan kegiatan bongkar muat kapal, serta biaya. Aspek-aspek ini ditinjau dari kondisi hidrodinamika, yaitu gelombang dan arus yang diolah menggunakan *software* SMS 8.1, kemudahan akses alur pelayaran, dan perhitungan biaya investasinya. Setelah dipilih orientasi terbaik, *layout* pelabuhan peti kemas dapat disusun.

Kata kunci: pelabuhan, peti kemas, SMS 8.1, layout, Eretan.

Abstract: Along with economic growth, the number of ports' traffic, especially containers, is also increasing. This phenomenon creates the needs to increase the port's capacity and area in order to keep up on receiving and transporting these goods. One example to illustrate this case is Tanjung Priok Port. Thus, in order to solve this problem, the Government attempted to build a new port, which is called Cilamaya Port. Unfortunately, this plan is then cancelled for various reasons. As a replacement, the Government is considering six new locations to build a new port, one of which is Eretan District in Indramayu. In this study, an analysis on the aspects regarding Eretan Port, such as Port's orientation and traffic safety, safety in loading and unloading activity, and its cost, will take place. These aspects will be analysed based on hydrodynamic conditions such as wave and current that will be processed using SMS 8.1 software, easiest channel's access, and its investment cost calculation. After the best orientation has been chosen, a layout for a port capable of accomodating containers can then be designed.

Key words: port, container, SMS 8.1, layout, Eretan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan 16.056 pulau, wilayah laut yang mencapai dua pertiga luas wilayah keseluruhannya, serta negara kedua terpanjang di dunia dengan pantai sepanjang 99.093 kilometer. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki tantangan tersendiri, salah satunya adalah pendistribusian logistik yang belum merata, sehingga terjadi disparitas harga barang antar daerah dan menimbulkan kesenjangan ekonomi antar daerah. Dalam memenuhi laju pergerakan logistik antar daerah maupun antar negara, Indonesia dituntut untuk lebih memperhatikan fasilitas pendukung kegiatan transportasi barang dari dan ke berbagai wilayah atau negara, salah satunya adalah fasilitas pelabuhan.

Pelabuhan adalah sebuah fasilitas di ujung samudera, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Salah satu pelabuhan besar di Indonesia adalah Tanjung Priok di Jakarta Utara. Dikarenakan laju pergerakan logistik peti kemas di Pelabuhan Tanjung Priok terlalu padat, dwelling time yang dibutuhkan tergolong tinggi, sehingga diperlukan perencanaan pembangunan pelabuhan baru dalam membantu penyebaran barang di Pelabuhan Tanjung Priok. Perencanaan pembangunan pelabuhan baru awalnya akan dilaksanakan di Pelabuhan Cilamaya, namun dikarenakan satu dan lain hal, perencanaan ini dibatalkan sehingga diperlukan lokasi baru dalam menggantikan Pelabuhan Cilamaya.

Terdapat beberapa lokasi alternatif dalam menggantikan Pelabuhan Cilamaya, yaitu : Tarumanegara di Kabupaten Bekasi, Pusakajaya di Kabupaten Karawang, Patimban di Kabupaten Subang, Pantai Eretan di Kabupaten Indramayu, Bolongan di Kabupaten Indramayu, dan Pelabuhan Cirebon di Kabupaten Cirebon. Dari ke-enam lokasi alternatif tersebut, akan dibahas lebih lanjut mengenai *layout* pelabuhan di lokasi Pantai Eretan.

TEORI DAN METODOLOGI

Penyusunan *layout* pelabuhan memerlukan analisis fasilitas darat dan fasilitas

laut. Dalam perencanaan analisis fasilitas darat dibutuhkan data jumlah tambatan kapal dalam mengetahui dimensi dermaga yang dibutuhkan. Berikut adalah persamaan-persamaan yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan untuk mendapatkan jumlah kapal yang bertambat di dermaga menurut Thoresen (2003).

$$C_{BOX} = \frac{C_{TEU} \times P}{W_W \times R_{BT}} \quad (1)$$

Keterangan:

C_{BOX} : Jumlah peti kemas yang dilayani per minggu

C_{TEU} : Kapasitas daya tampung pelabuhan per minggu

P : *Peak factor* per minggu, berkisar antara 1.1 – 1.3

W_W : Total minggu kerja per tahun, dianjurkan 50 minggu kerja per tahun

R_{BT} : Perbandingan antara jumlah box peti kemas dengan jumlah TEUs peti kemas, berkisar antara 1.4 – 1.7

$$S_{CS} = \frac{C_{BOX}}{S_{BCS}} \quad (2)$$

Keterangan:

S_{CS} : Jumlah kapal yang bertambat per minggu

C_{BOX} : Jumlah peti kemas yang dilayani per minggu

S_{BCS} : Jumlah peti kemas yang dapat ditangani oleh suatu kapal peti kemas

$$B_{OR} = \frac{T_{WTC} \times 100}{B_N \times \frac{W_D \times W_H}{S_{CS}}} \quad (3)$$

Dari persamaan (3), maka didapatkan persamaan dalam mendapatkan nilai jumlah tambatan kapal adalah sebagai berikut.

$$B_N = \frac{T_{WTC} \times 100}{B_{OR} \times \frac{W_D \times W_H}{S_{CS}}} \quad (4)$$

Keterangan:

B_N : Jumlah total tambatan

T_{WTC} : Total waktu yang diperlukan oleh kapal yang bertambat untuk melakukan proses bongkar muat dalam satuan jam

B_{OR} : *Berth Occupancy Ratio*

W_D : Hari kerja per minggu

W_H : Jam kerja per hari

S_{CS} : Jumlah kapal per minggu yang bertambat

Dalam menentukan luas total fasilitas darat, berikut adalah persamaan yang digunakan menurut Thoresen (2003)

$$A_T = A_{PY} + A_{CFS} + A_{EC} + A_{ROP} \quad (4)$$

Keterangan:

A_T = Luas lapangan keseluruhan pelabuhan peti kemas

A_{PY} = Luas lapangan primer, yaitu antara 50 – 70% dari luas keseluruhan

A_{CFS} = Luas *container freight station*, yaitu antara 10 – 30% dari luas keseluruhan

A_{ROP} = Luas fasilitas pendukung seperti jalan, bangunan kantor, lapangan parkir, dan sebagainya, umumnya antara 5-15% dari luas total.

A_{EC} = Luas lapangan peti kemas kosong, yaitu antara 10 – 20% dari luas keseluruhan.

Analisis fasilitas laut terdiri dari alur pelayaran, kolam pelabuhan, dan dermaga, dimana akan menggunakan *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI)*, 2009 sebagai referensinya.

Setelah analisis fasilitas darat dan laut sudah dilakukan, selanjutnya gelombang dan arus (hidrodinamika) dapat dimodelkan. Pemodelan gelombang akan dimulai dengan pemodelan tanpa struktur pelabuhan dalam mengetahui hasil dari transformasi gelombang di titik tinjauan, selanjutnya dapat ditentukan perlu atau tidaknya struktur pemecah gelombang (*breakwater*). Dalam menentukan elevasi ketinggian *breakwater* diperlukan perhitungan dengan persamaan menurut SPM 1984.

$$\text{Elevasi Puncak} = HWS + R_u + F_B \quad (5)$$

Keterangan:

HWS : Highest Water Spring

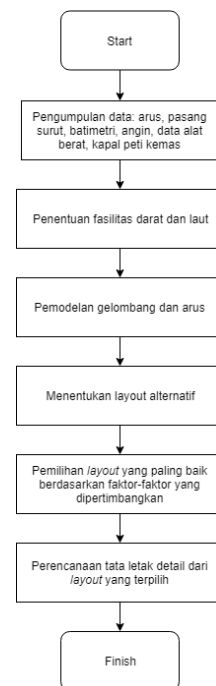
R_u : Run-up

F_B : Freeboard

Selanjutnya, akan dilakukan pemodelan gelombang dengan menggunakan struktur untuk mengetahui apakah ketinggian gelombang di kolam pelabuhan sudah memenuhi kriteria atau belum. Setelah itu pemodelan arus dapat dilakukan untuk mengetahui kecepatan

maksimum di tinjauan lokasi.

Metodologi pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada **Gambar 1**. Proses diawali dengan pengumpulan data lingkungan di lokasi tinjauan kemudian penentuan fasilitas darat dan laut yang diperlukan pelabuhan, kemudian dilakukan pemodelan gelombang dan arus, lalu menentukan beberapa *layout* alternatif serta pemilihan *layout* yang paling baik berdasarkan faktor keselamatan alur pelayaran, keselamatan kegiatan bongkar muat kapal di pelabuhan, dan biaya investasinya.



Gambar 1 Diagram alir metodologi penulisan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah lokasi tinjauan pengolahan data lingkungan di Eretan, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Tinjauan lokasi pengolahan data lingkungan

Dari pengumpulan dan pengolahan data lingkungan, maka didapatkan nilai konstituen pasang surut pada bulan Oktober, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Konstituen Pasang Surut

Konstituen	Amplitudo (cm)	Beda Fasa
M2	10.37	-20.33
S2	4.86	-49.74
N2	2.77	-16.19
K2	1.84	-70.82
K1	13.91	-77.95
O1	9.44	-26.68
P1	5.55	171.56
M4	0.02	153.75
MS4	0.02	-31.59
SO	0.74	

Sehingga dapat diperhitungkan *Formzahl Number* sebagai berikut.

$$F = \frac{9.44 + 13.91}{10.37 + 4.86} = \mathbf{1.533}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai *Formzahl Number* sebesar 1.533, sehingga dapat dikategorikan sebagai tipe pasang surut *mixed mainly diurnal*, yang artinya pada lokasi yang ditinjau dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi terkadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

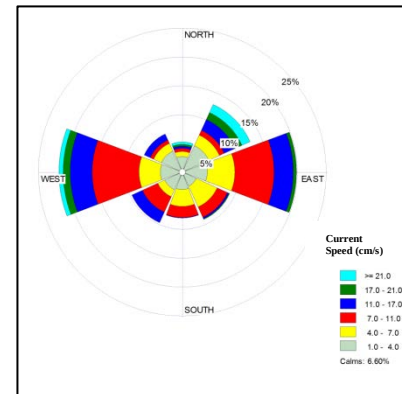
Setelah mendapatkan nilai-nilai dari amplitudo dan beda fasa dari sembilan komponen pasang surut, dilakukan peramalan terhadap perubahan elevasi muka air akibat pasang surut selama 18.6 tahun. Berikut adalah nilai elevasi-elevasi yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Elevasi Penting di Eretan

Elevasi Acuan	Elevasi (cm)
Highest Water Spring (HWS)	84.73
Mean High Water Spring (MHWS)	75.44
Mean High Water Level (MHWL)	58.35
Mean Sea Level (MSL)	42.98
Mean Low Water Level (MLWL)	27.74
Mean Low Water Spring (MLWS)	10.47
Lowest Water Spring (LWS)	0
Tunggang Pasang	84.73

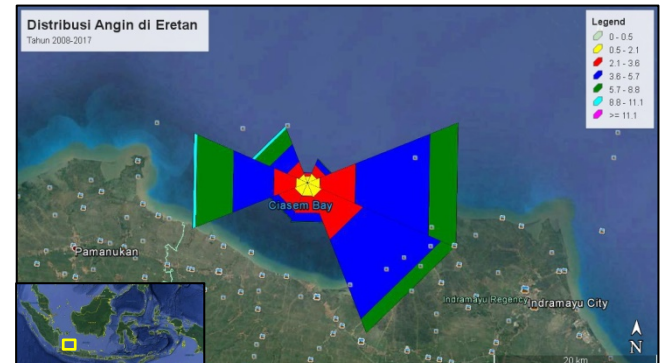
Data arus didapatkan dari PT Raya

Suverindo pada Bulan Oktober tahun 2012. Berikut adalah *current rose* yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



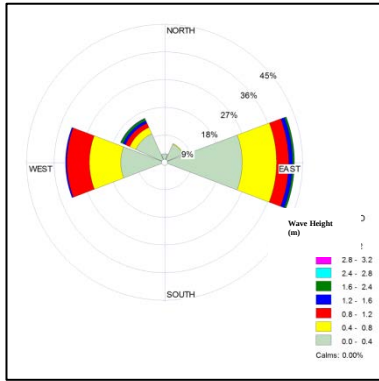
Gambar 3. Currentrose di Eretan

Data angin yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang (*hindcasting*) di lokasi yang ditinjau, yaitu Eretan, merupakan data angin per jam selama 10 tahun (2008-2017) yang diperoleh dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Berikut adalah *windrose* selama 10 tahun, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



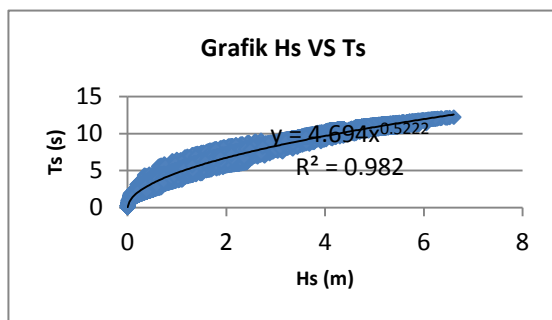
Gambar 4. Windrose selama 10 tahun di Eretan

Selanjutnya data angin akan diolah dalam proses *hindcasting* untuk mendapatkan data gelombang. Berikut adalah *waverose* yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Waverose selama 10 tahun di Eretan

Setelah memperoleh data tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) dari proses *hindcasting*, dapat diperoleh tinggi dan periode gelombang signifikan per arah per tahun, dimana data ini dapat digunakan untuk melakukan analisis nilai ekstrim, sehingga dapat diprediksi tinggi gelombang pada tahun mendatang. Berikut adalah grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang signifikan dari proses *hindcasting*, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang signifikan di Eretan

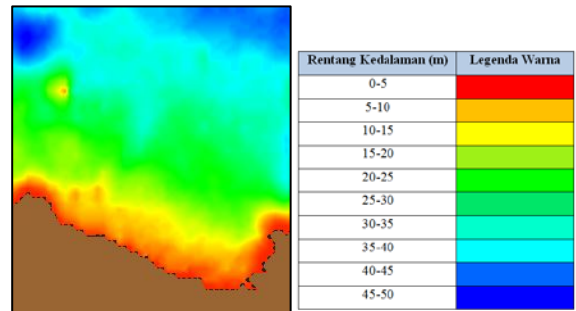
Sehingga didapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan rencana 50 tahun, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Tinggi dan periode gelombang signifikan rencana 50 tahun

Arah	H (m)	T (s)
Utara	0.71	4.15
Timur Laut	0.70	4.12
Timur	2.95	8.73
Tenggara	0.00	0.00
Selatan	0.00	0.00
Barat Daya	0.00	0.00
Barat	1.52	6.18
Barat Laut	4.16	9.88

Untuk data batimetri, didapatkan dengan menggunakan Gebco. Berikut adalah peta

batimetri setelah diolah menggunakan *software* SMS 8.1 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Peta batimetri di Eretan

Setelah diketahui data-data lingkungan di lokasi tinjauan, selanjutnya dapat dilakukan analisis fasilitas darat dan laut.

Pada pengerjaan tugas akhir ini, perhitungan luas lapangan penumpukan menggunakan *New Priok Container Terminal 1* (NPCT1) sebagai referensinya. Berdasarkan nilai kapasitas rencananya dimana kapasitas rencana pelabuhan pengganti Pelabuhan Cilamaya sebesar 7 juta TEUs, dan kapasitas NPCT1 sebesar 1.5 juta TEUs, maka didapatkan nilai perbandingan keduanya yaitu 1 : 4.67, sehingga didapatkan perhitungan luas lapangan penumpukan di Pelabuhan Eretan adalah sebagai berikut.

$$A_{rencana} = 4.67 \times A_{referensi}$$

$$A_{rencana} = 4.67 \times 32 \text{ ha}$$

$$A_{rencana} \approx 150 \text{ ha}$$

Setelah mengetahui luas lapangan penumpukan rencana, luas total fasilitas darat dapat ditentukan, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rincian Kebutuhan Luas Fasilitas Darat

Jenis Lapangan	Persentase (%)	Luas Lapangan (Ha)
Lapangan penumpukan	60	150
Container Freight Station	15	37.5
Lapangan peti kemas kosong	15	37.5
Fasilitas lainnya	10	25
Luas total terminal peti kemas	100	250

Selanjutnya akan dilakukan analisis fasilitas laut. Berdasarkan OCDI, berikut adalah hasil

perhitungan yang didapatkan.

1. Alur Pelayaran

Dengan asumsi panjang alur relatif pendek dengan kondisi pelayarannya yaitu kapal sering bersimpangan, lebar alur sebesar 597 meter, dengan jari-jari belokan sebesar 1600 meter, lebar belokan alur sebesar 995 meter, dan kedalaman alur sedalam 18 meter dari LWS.

2. Kolam Pelabuhan

Dengan asumsi kondisi labuh kapal dengan menggunakan *tug boat*, didapatkan diameter kolam putar sebesar 796 meter dengan luas kolam sebesar 49.76 hektar, kedalaman kolam putar sedalam 18 meter dari LWS, dan dari data kapal rencana terbesar yaitu memiliki kapasitas 15000 DWT, maka didapatkan tinggi gelombang maksimal di kolam pelabuhan memiliki rentang 0.7 - 1.5 meter. Pada pengerjaan tugas akhir ini akan menggunakan ketinggian 1.1 meter.

3. Dermaga

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kapal yang bertambat di pelabuhan, didapatkan sebanyak 5 kapal, sehingga dapat diperhitungkan panjang dan lebar dermaga sesuai dengan persamaan pada Thoresen (2003), seperti perhitungan berikut.

Perhitungan panjang dermaga:

$$L_{Dermaga} = (n \times L_{OA}) + (2 \times 25 \text{ meter}) + ((n - 1) \times 15 \text{ meter})$$

$$L_{Dermaga} = \mathbf{2100 \text{ meter}}$$

Perhitungan lebar dermaga:

$$W_B = W + C + T$$

$$W = \mathbf{53.6 \text{ meter}}$$

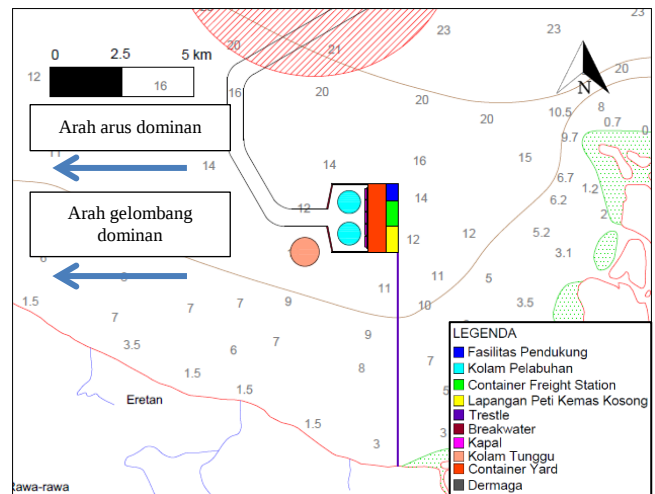
Elevasi dermaga didapatkan melalui perhitungan berikut.

$$H_B = 0.8382 + 0.5(1.1) + 1$$

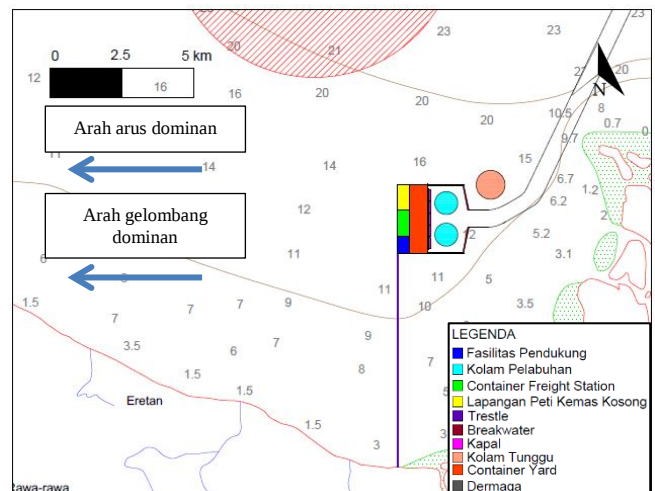
$$H_B = \mathbf{2.39 \text{ meter}}$$

Telah diketahui bahwa arah arus dominan bergerak ke arah Barat dan gelombang dominan bergerak ke arah Barat, untuk menghindari arah gelombang dan arus yang tegak lurus dengan dermaga, maka *layout* alternatif yang dipilih yaitu orientasi dermaga menghadap ke arah Barat, Timur, Timur Laut, dan Utara, seperti yang

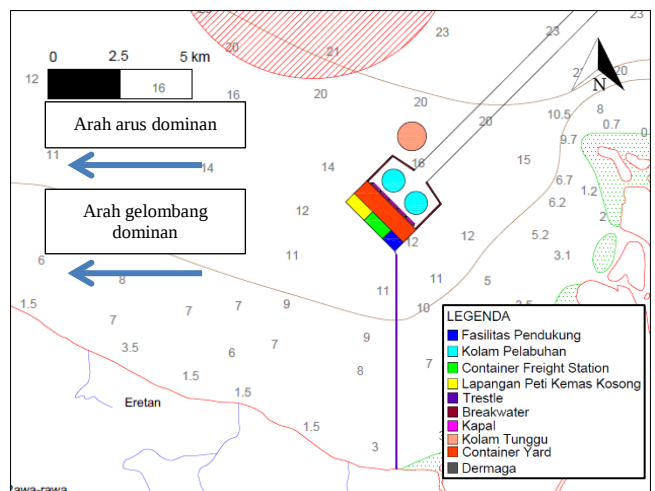
ditunjukkan pada **Gambar 7** sampai dengan **Gambar 10**.



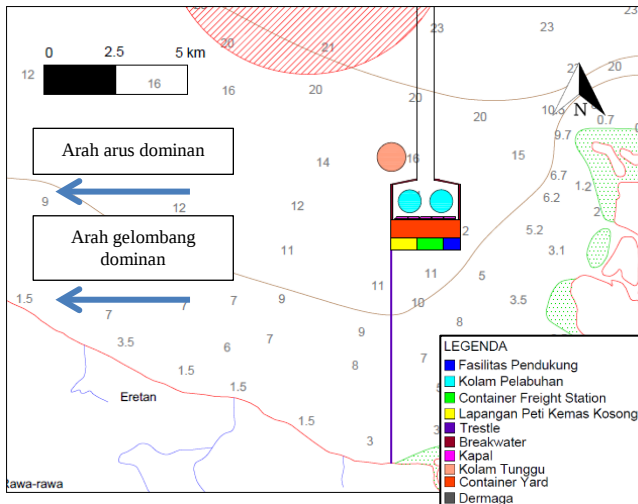
Gambar 7. Orientasi pelabuhan arah Barat



Gambar 8. Orientasi pelabuhan arah Timur



Gambar 9. Orientasi pelabuhan arah Timur Laut

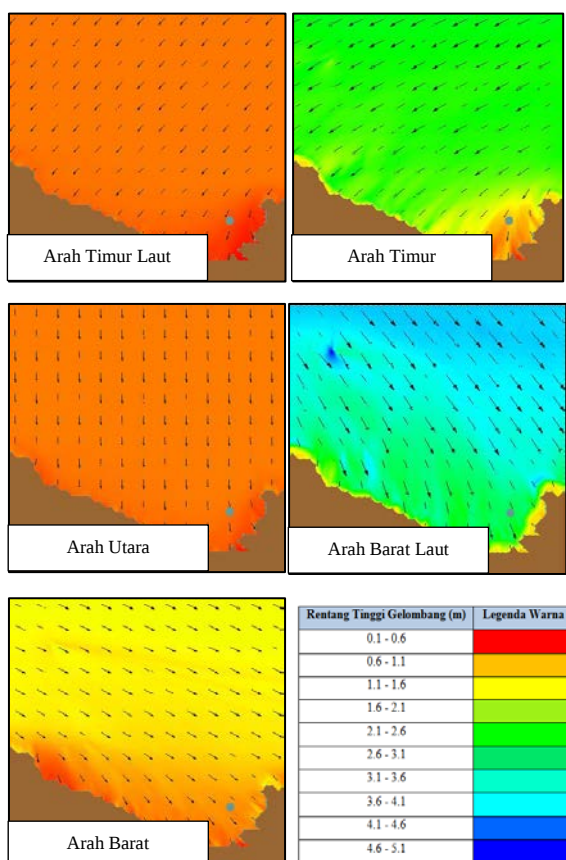


Gambar 10. Orientasi pelabuhan arah Utara

Selanjutnya pemodelan hidrodinamika dapat dilakukan. Pemodelan hidrodinamika terbagi menjadi 2, diantaranya:

1. Pemodelan Gelombang

Berikut adalah hasil pemodelan gelombang tanpa menggunakan struktur pelabuhan, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Pemodelan gelombang tanpa menggunakan struktur pelabuhan

Maka didapatkan ketinggian gelombang setiap arah di lokasi tinjauan seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tinggi Gelombang Setiap Arah di Lokasi Tinjauan

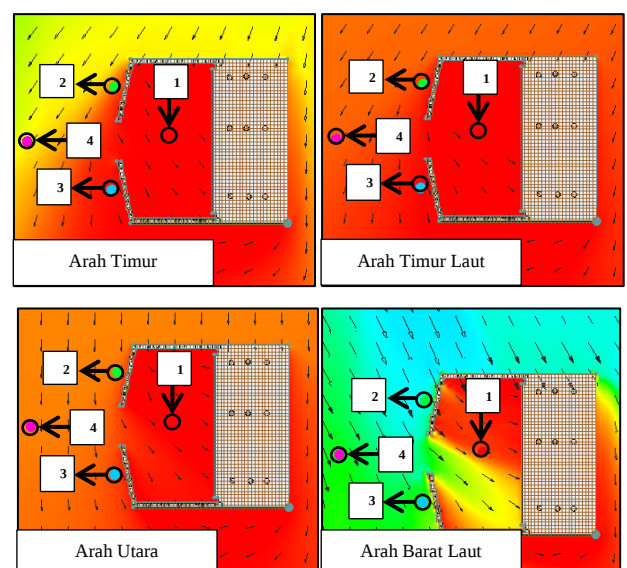
Arah	Tinggi Gelombang Sebelum (m)	Tinggi Gelombang Sesudah (m)
Timur Laut	0.7	0.48
Timur	2.95	1.04
Utara	0.71	0.66
Barat Laut	4.16	2.91
Barat	1.52	0.81

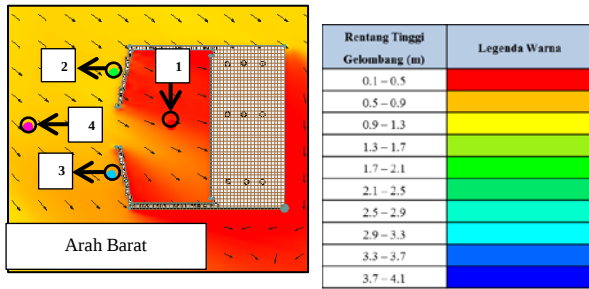
Berdasarkan **Tabel 5**, dapat disimpulkan bahwa pelabuhan membutuhkan *breakwater*. Berikut adalah perhitungan dalam menentukan elevasi puncak *breakwater*.

$$\text{Elevasi puncak} = 0.4175 + 2.33 + 0.5 \approx 3.25 \text{ m}$$

Selanjutnya pemodelan dengan menggunakan struktur pelabuhan serta *breakwater* dilakukan dan akan dicek nilai ketinggian gelombang di berbagai titik. Pada pengerjaan tugas akhir ini, pengecekan ketinggian gelombang akan dilakukan di 4 titik yaitu di kolam pelabuhan (1), depan struktruk *breakwater* sebelah kanan dan kiri (2 dan 3), serta di alur pelayaran (4)

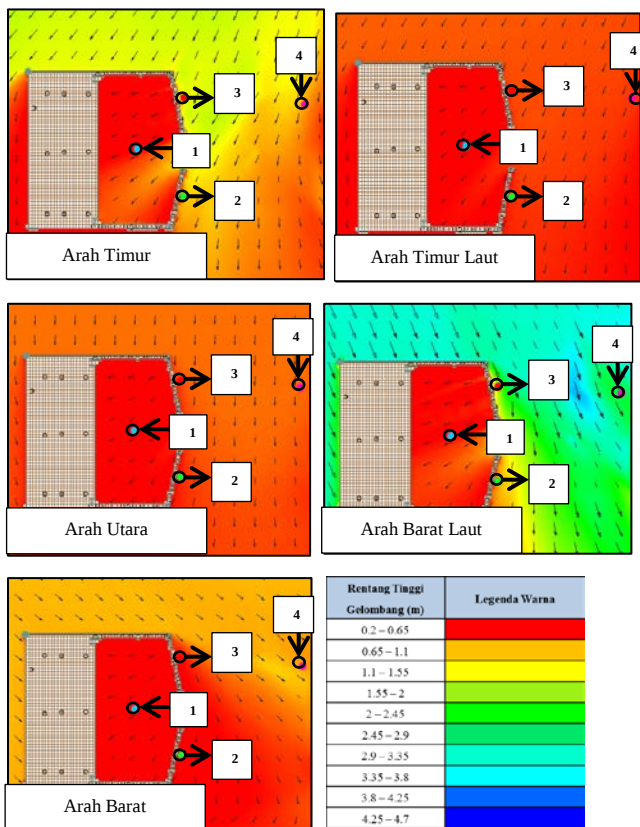
Berikut adalah hasil pemodelan gelombang dengan menggunakan struktur pelabuhan untuk orientasi arah Barat, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 12**.





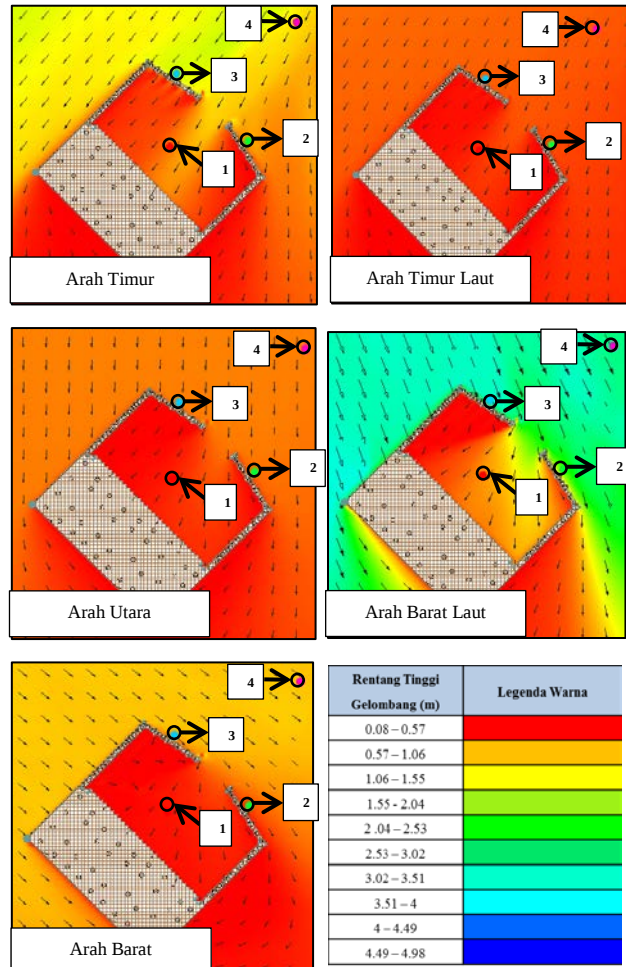
Gambar 12. Pemodelan gelombang orientasi pelabuhan arah Barat

Hasil pemodelan gelombang dengan menggunakan struktur pelabuhan untuk orientasi arah Timur, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 13**.



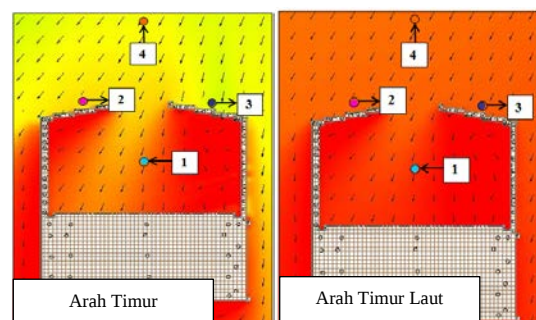
Gambar 13. Pemodelan gelombang orientasi pelabuhan arah Timur

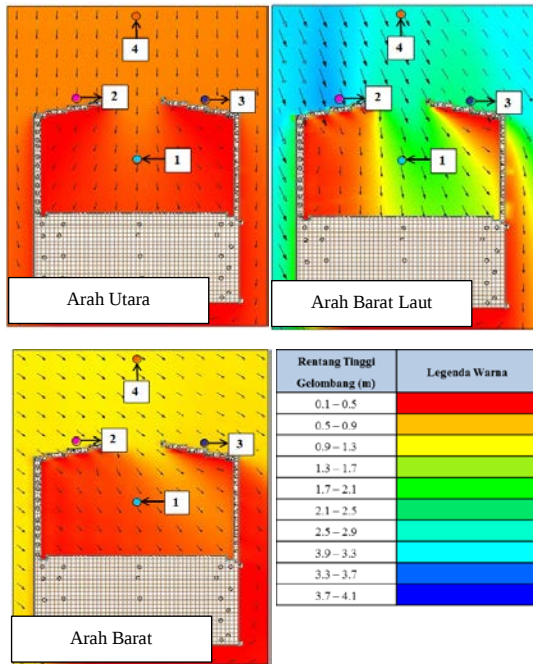
Hasil pemodelan gelombang dengan menggunakan struktur pelabuhan untuk orientasi arah Timur Laut, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Pemodelan gelombang orientasi pelabuhan arah Timur Laut

Hasil pemodelan gelombang dengan menggunakan struktur pelabuhan untuk orientasi arah Utara, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 15**.





Gambar 15 Pemodelan gelombang orientasi pelabuhan arah Utara

Berikut adalah hasil rangkuman ketinggian gelombang, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 6**

Tabel 6. Rangkuman Ketinggian Gelombang

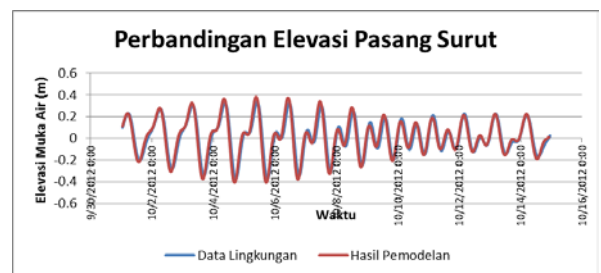
Orientasi	Arah	H Kolam Pelabuhan (m)	H Depan Breakwater (kanan) (m)	H Depan Breakwater (kiri) (m)	H Alur Pelayaran (m)
Barat	Timur	0.04	0.53	0.15	1.08
	Timur Laut	0.01	0.31	0.12	0.47
	Utara	0.05	0.54	0.37	0.61
	Barat Laut	0.38	2.99	2.01	2.16
	Barat	0.36	0.93	0.75	0.90
Timur	Timur	0.19	0.89	1.37	0.94
	Timur Laut	0.07	0.34	0.52	0.45
	Utara	0.05	0.32	0.54	0.68
	Barat Laut	0.22	0.79	1.82	2.72
Timur Laut	Barat	0.03	0.07	0.26	0.93
	Timur	0.66	0.83	1.47	1.17
	Timur Laut	0.30	0.43	0.54	0.51
	Utara	0.24	0.59	0.69	0.69
Utara	Barat Laut	0.78	2.14	3.17	3.06
	Barat	0.17	0.44	0.90	1.04
	Timur	0.57	1.25	0.98	1.13
	Timur Laut	0.29	0.46	0.5	0.52
	Utara	0.47	0.6	0.62	0.64
	Barat Laut	1.74	2.61	3.17	2.98
	Barat	0.41	0.95	1.03	1.05

Dari hasil pemodelan gelombang diatas, dapat diketahui bahwa *breakwater* tidak terjadi *overtopping* karena dari setiap orientasi gelombang, nilai ketinggian gelombang di depan *breakwater* tidak ada yang melebihi elevasi puncak *breakwater* yaitu 3.25 meter. Untuk pengecekan ketinggian gelombang di kolam pelabuhan, dapat dilihat bahwa untuk orientasi pelabuhan arah Utara tidak memenuhi karena

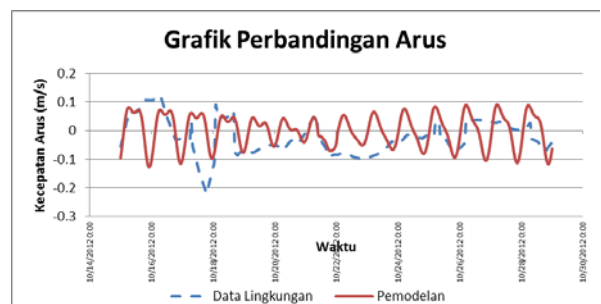
memiliki ketinggian gelombang diatas kriteria ketenangan gelombang yaitu 1.1 meter, dimana ketinggian gelombang tersebut sebesar 1.74 meter.

2. Pemodelan Arus

Sebelum melakukan pemodelan arus, akan dilakukan validasi hasil pemodelan dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan terhadap 2 parameter, yaitu elevasi muka air dan kecepatan arus. Hasil perbandingan hasil pemodelan ditunjukkan pada **Gambar 16** dan **Gambar 17**.

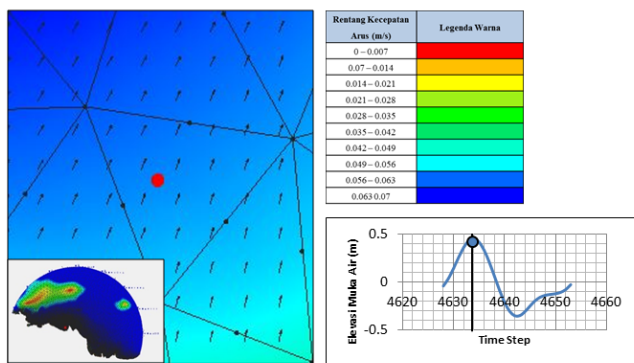


Gambar 16. Grafik perbandingan elevasi pasang surut

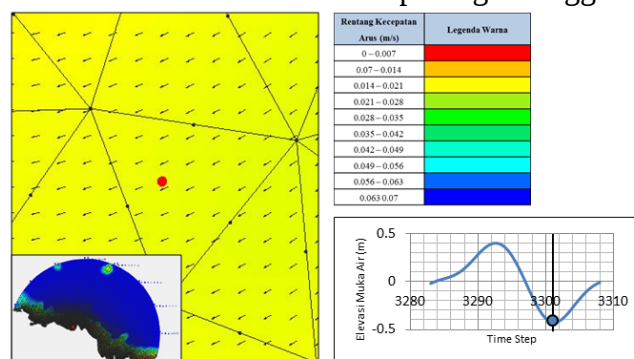


Gambar 17. Grafik perbandingan arus

Pada grafik elevasi pasang surut didapatkan nilai eror sebesar 2.8% sehingga perbandingan dapat diterima. Pada grafik perbandingan arus didapatkan nilai eror sebesar 16%. Meskipun nilai eror yang dihasilkan melebihi 10%, namun pola perubahan nilai kecepatan arus yang hampir sama sehingga hasil pemodelan arus dapat diterima. Berikut adalah hasil pemodelan arus saat pasang tertinggi dan surut terendah, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 18** dan **Gambar 19**.



Gambar 18. Pola arus saat pasang tertinggi



Gambar 19. Pola arus saat surut terendah

Dari pemodelan arus, dapat diketahui pula bahwa kecepatan arus tertinggi sebesar 0.06 m/s ke arah Barat.

Setelah pemodelan hidrodinamika sudah dilakukan, selanjutnya melakukan pemilihan *layout* alternatif terbaik dari ketiga alternatif. Pemilihan ini didasari oleh faktor lingkungan dan biaya investasi. Berikut adalah penjelasannya.

1. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang dipertimbangkan adalah gelombang dan arus.

a. Gelombang

Gelombang merupakan salah satu faktor yang memiliki bobot yang relatif lebih besar dibandingkan lainnya karena merupakan faktor penting untuk keselamatan alur pelayaran kapal dan ketika kapal bersandar di dermaga atau mempengaruhi kegiatan bongkar muat kapal di pelabuhan. Semakin kecil nilai ketinggian gelombang maka akan semakin aman. Berikut adalah rangkuman nilai ketinggian gelombang maksimum di kolam pelabuhan dan alur pelayaran, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Nilai Ketinggian Gelombang Rata-rata dan Maksimum

Orientasi Pelabuhan	Ketinggian Gelombang Maksimum Kolam Pelabuhan (m)	Ketinggian Gelombang Maksimum Alur Pelayaran (m)
Barat	0.38	2.16
Timur	0.22	2.72
Timur Laut	0.78	3.06
Utara	1.74	2.98

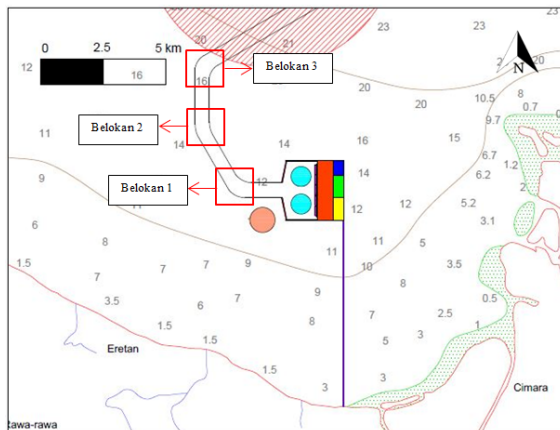
Dapat diketahui bahwa orientasi arah Timur memiliki ketinggian gelombang maksimum terkecil dan orientasi arah Utara memiliki ketinggian gelombang maksimum terbesar. Sedangkan untuk alur pelayaran, orientasi arah Barat memiliki ketinggian gelombang maksimum terkecil, dan orientasi arah Timur Laut memiliki ketinggian gelombang maksimum terbesar.

b. Arus

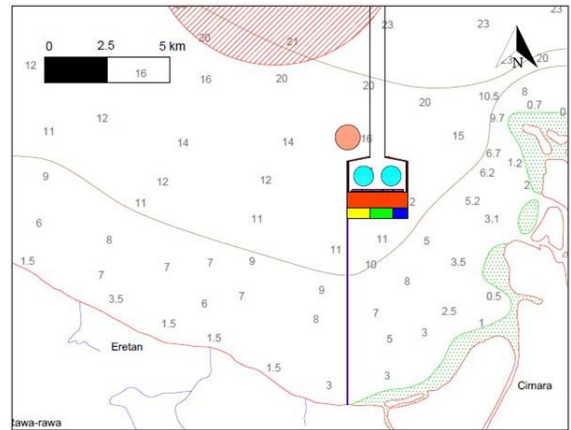
Faktor keamanan pelayaran kapal dan kemanan kapal ketika bersandar di dermaga juga dipengaruhi oleh kecepatan dan arah arus, dimana akan dipilih alternatif dengan orientasi pelabuhan yang memiliki nilai kecepatan arus terkecil, dan arah arus tidak boleh datang tegak lurus dengan arah datang arus dominan agar tidak mengganggu keselamatan kapal. Nilai kecepatan maksimum arus pada ketiga orientasi bernilai sama, yaitu **0.06 m/s**.

2. Faktor Kemudahan Akses Alur Pelayaran

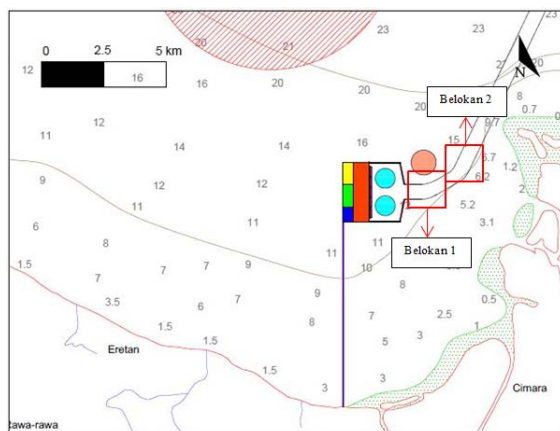
Kemudahan akses alur pelayaran ditinjau dari jumlah belokan yang terdapat pada alur pelayaran. Semakin sedikit jumlah belokan pada alur pelayaran, maka semakin mudah akses alur pelayaran tersebut. Berikut adalah ilustrasi dari alur pelayaran pada setiap orientasi pelabuhan, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 21** sampai dengan **Gambar 24**.



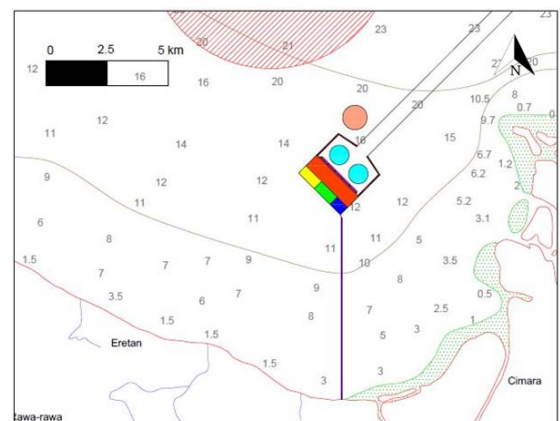
Gambar 21. Ilustrasi alur pelayaran orientasi Barat



Gambar 24. Ilustrasi alur pelayaran orientasi Utara



Gambar 22. Ilustrasi alur pelayaran orientasi Timur



Gambar 23. Ilustrasi alur pelayaran orientasi Timur Laut

Sehingga jumlah belokan di alur pelayaran dirangkum pada **Tabel 9** sebagai berikut.

Tabel 9. Rangkuman Jumlah Belokan Alur Pelayaran

Orientasi Pelabuhan	Jumlah Belokan
Barat	3
Timur	2
Timur Laut	Tidak ada
Utara	Tidak ada

Berdasarkan tabel diatas, maka orientasi pelabuhan menghadap ke arah Barat memiliki jumlah belokan terbesar yaitu sebanyak 3.

3. Faktor Biaya

Biaya investasi yang diperhitungkan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah biaya pengerukan alur pelayaran, kolam tunggu dan kolam pelabuhan, serta pembangunan *trestle*. Berikut adalah perhitungan biaya yang diperlukan pada setiap orientasi pelabuhan, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Perhitungan Biaya Investasi

Orientasi Pelabuhan	Biaya Pengerukan	Biaya Pembangunan Trestle	Total Biaya
Barat	Rp 2,980,742,910,326.55	Rp1,472,061,376,401.97	Rp 4,452,804,286,728.52
Timur	Rp 2,970,720,322,300.85	Rp1,472,061,376,401.97	Rp 4,442,781,698,702.82
Timur Laut	Rp 949,844,910,104.13	Rp1,504,248,170,841.79	Rp 2,454,093,080,945.92
Utara	Rp 942,028,629,464.39	Rp1,472,061,376,401.97	Rp 2,414,090,005,866.36

Berdasarkan faktor-faktor yang sudah disebutkan, maka dapat disusun parameter penilaian seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Parameter Penilaian Pemilihan *Layout*

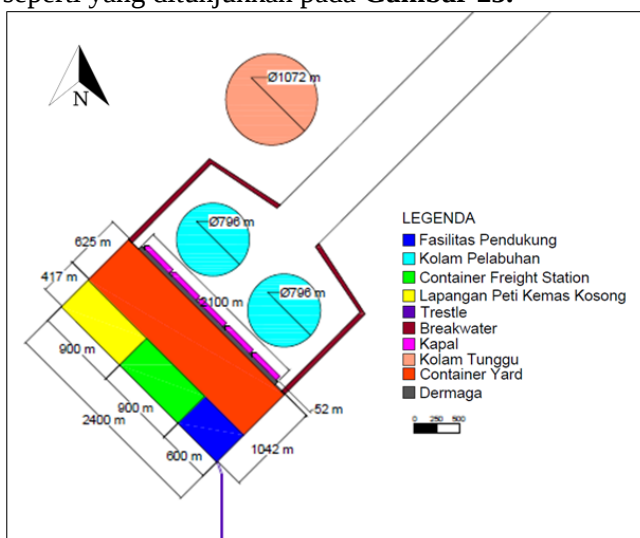
No	Parameter	Bobot (%)	Kondisi	Nilai
1	Tinggi gelombang maksimum di kolam pelabuhan	25	Ketinggian gelombang 0 - 0.5 m	3
			Ketinggian gelombang 0.5 - 1.1 m	2
			Ketinggian gelombang > 1.1 m	1
2	Tinggi gelombang maksimum di alur pelayaran	25	Ketinggian gelombang 2 - 2.5 m	3
			Ketinggian gelombang 2.5 - 3 m	2
			Ketinggian gelombang > 3 m	1
3	Kecepatan arus maksimum di tinjauan lokasi	5	Kecepatan arus 0 - 0.1 m/s	3
			Kecepatan arus 0.1 - 0.2 m/s	2
			Kecepatan arus > 0.2 m/s	1
4	Jumlah belokan di alur pelayaran	20	Tidak ada belokan	3
			Jumlah belokan = 2	2
			Jumlah belokan = 3	1
5	Biaya investasi	25	Biaya investasi 2 T - 2.5 T	3
			Biaya investasi 2.5 T - 3 T	2
			Biaya investasi > 3 T	1

Berikut adalah hasil penilaian dari setiap alternatif, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Penilaian Alternatif Orientasi di Eretan

No	Parameter	Bobot (%)	Alternatif 1 (Barat)		Alternatif 2 (Timur)		Alternatif 3 (Timur Laut)		Alternatif 4 (Utara)	
			Nilai	Nilai x Bobot	Nilai	Nilai x Bobot	Nilai	Nilai x Bobot	Nilai	Nilai x Bobot
1	Tinggi gelombang maksimum di kolam pelabuhan	25	3	0.75	3	0.75	2	0.5	1	0.25
2	Tinggi gelombang maksimum di alur pelayaran	25	3	0.75	2	0.5	1	0.25	2	0.5
3	Kecepatan arus maksimum di tinjauan lokasi	5	3	0.15	3	0.15	3	0.15	3	0.15
4	Jumlah belokan di alur pelayaran	20	1	0.2	2	0.4	3	0.6	3	0.6
5	Biaya investasi	25	1	0.25	1	0.25	3	0.75	3	0.75
Total Penilaian				2.1		2.05		2.25		2.25

Berdasarkan penilaian diatas, maka didapatkan alternatif 3 dan alternatif 4 menempati nilai tertinggi dengan total nilai sebesar 2.25. Namun karena pada alternatif 4 memiliki tinggi gelombang maksimum yang lebih besar dibandingkan kriteria ketenangan kolam pelabuhan yaitu 1.1 meter, maka alternatif 3 dengan orientasi menghadap ke Timur Laut yang dipilih sebagai *layout* Pelabuhan Peti Kemas Eretan, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 25**.

**Gambar 23.** Desain *layout* Pelabuhan Peti Kemas Eretan

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Fasilitas daratan yang dibutuhkan pada Pelabuhan Eretan memiliki luasan total 250 hektar yang terdiri dari:
 - a. Lapangan penumpukan peti kemas seluas 150 hektar
 - b. *Container Freight Station* (CFS) seluas 37.5 hektar
 - c. Lapangan peti kemas kosong seluas 37.5 hektar
 - d. Fasilitas lainnya seluas 25 hektar
2. Fasilitas perairan yang dibutuhkan pada Pelabuhan Eretan terdiri dari:
 - a. Alur pelayaran yang memiliki lebar 597 meter, lebar belokan sebesar 995 meter, dan kedalaman -18 meter dari LWS
 - b. Kolam pelabuhan seluas 49.76 hektar dengan kedalaman -18 meter dari LWS, dan ketinggian gelombang di kolam pelabuhan tidak boleh melebihi 1.1 meter
 - c. Dermaga tipe *wharf* sepanjang 2.1 kilometer dengan lebar 53.6 meter, dan elevasi dermaga 2.39 meter dari LWS.
3. Penentuan alternatif-alternatif *layout* pelabuhan berdasarkan arah gelombang dominan dan arus dominan yang tidak boleh tegak lurus dengan dermaga, sehingga didapatkan alternatif-alternatif *layout* pelabuhan yaitu pelabuhan dengan orientasi menghadap ke Barat, Timur, Timur Laut, dan Utara
4. Penentuan orientasi terbaik untuk Pelabuhan Eretan berdasarkan faktor keselamatan alur pelayaran, keselamatan kegiatan bongkar muat kapal di pelabuhan, dan biaya investasi, sehingga didapatkan orientasi pelabuhan yang paling baik adalah menghadap ke arah Timur Laut dengan:
 - a. Tinggi gelombang maksimum di kolam pelabuhan sebesar 0.78 m
 - b. Tinggi gelombang maksimum di alur pelayaran sebesar 3.06 m dari arah Barat Laut
 - c. Kecepatan arus maksimum sebesar 0.06 m/s ke arah Barat

- d. Lebih mudah dalam akses alur pelayaran karena tidak memiliki belokan di alur pelayaran
 - e. Biaya investasi sebesar 2.45 T
5. *Layout* detail dari orientasi yang terpilih secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 25**.

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis setelah penulisan Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Sebaiknya pemilihan orientasi pelabuhan memperhitungkan pengaruh arus pada setiap orientasi dengan menggunakan struktur pelabuhan dan juga pengaruh sedimentasi.
2. Perhitungan biaya yang dilakukan adalah perhitungan kasar. Besarnya biaya pekerjaan akan lebih akurat dengan memperhitungkan rencana anggaran biaya secara detail pada setiap komponen pekerjaannya.
3. Selanjutnya dapat dilakukan perencanaan desain struktur dermaga Pelabuhan Peti Kemas Eretan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Thoresen, Carl. A. 2014. *Port Designer's Handbook Third Edition*. London : ICE Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI)*. 2009.
- Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. KP 87 Tahun 2017 tentang Rencana Induk Pelabuhan Patimban. 2017
- Mohseni, Syarif. 2011. *Developing a Tool for Designing a Container Terminal Yard*. Netherlands. 2011.
- Shore Protection Manual US Army Corps of Engineer*. 1984.
- JICA (Japan International Cooperation Agency). *Master Plan Study on Port Development and Logistics in Greater Jakarta Metropolitan Area*. 2017.
- Port of Singapore (Ports and Shipping Networks)*. 2011.
- Peraturan Menteri Perhubungan No. 78. 2004.

