

PENENTUAN LOKASI DAN DESAIN *LAYOUT* PELABUHAN PETI KEMAS STUDI KASUS PATIMBAN, SUBANG, JAWA BARAT

Anin Ayu Mahmudah¹, Dr. Paramashanti, S.T., M.T.², dan Alamsyah Kurniawan, Ph.D.³

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganeca no. 10, Bandung 40132

¹aninayum@gmail.com, ²parama@ocean.itb.ac.id, dan ³alamsyah@ocean.itb.ac.id

PENDAHULUAN

Era globalisasi yang memicu pesatnya laju pergerakan barang antar negara mengharuskan Indonesia untuk lebih memperhatikan fasilitas pendukung kegiatan transportasi barang dari dan ke berbagai wilayah, salah satunya fasilitas pelabuhan. Jawa Barat sebagai wilayah padat penduduk dan industri di Indonesia perlu meningkatkan kapasitas tampung peti kemas yang masuk seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat, dengan kata lain Jawa Barat memerlukan pelabuhan pendukung. Pada awalnya, pelabuhan pendukung ini direncanakan di Cilamaya, namun pekerjaannya terhenti dan tidak selesai. Kajian pemilihan lokasi pengganti pelabuhan Cilamaya dilakukan di 6 kawasan dan dipilihlah Patimban sebagai pelabuhan pengganti. Lokasi Patimban dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Pelabuhan Patimban

(Sumber: Citra Google Earth)

Dari latar belakang dibangunnya pelabuhan Patimban, dilakukan analisis pemilihan lokasi dengan mempertimbangkan aspek lingkungan, biaya pengadaan fasilitas perairan, serta aksesibilitas. Setelah lokasi terbaik diketahui, dilakukan desain rencana *layout* pelabuhan peti kemas mencakup fasilitas darat dan fasilitas perairan dengan standar desain utama yaitu Thoresen, Carl A. Port

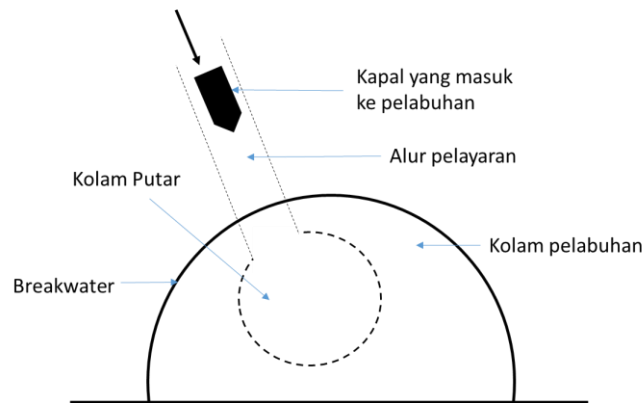
TEORI DAN METODOLOGI

Pelabuhan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhanan, yang dimaksud dengan pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi.

Fasilitas Perairan

Fasilitas perairan yang dibutuhkan pelabuhan umumnya adalah kolam pelabuhan dan alur pelayaran. Untuk mempermudah proses bongkar muat peti kemas dibutuhkan perairan yang tenang.



Gambar 3 Contoh tata letak fasilitas perairan pelabuhan

Berdasarkan ilustrasi fasilitas perairan pada Gambar 3, diketahui bahwa pada umumnya pelabuhan membutuhkan fasilitas perairan meliputi dermaga sebagai tempat tambat dan bongkar muat kapal, alur pelayaran sebagai jalur masuk dan keluar kapal, kolam pelabuhan sebagai tempat singgah dan area memutar kapal, serta *breakwater* untuk meredam tinggi gelombang yang masuk ke area perairan pelabuhan.

Peti Kemas

Peti kemas adalah adalah peti atau kotak yang memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan *International Organization for Standardization* (ISO) sebagai alat atau perangkat pengangkutan barang yang bisa digunakan diberbagai moda, mulai dari moda jalan dengan truk peti kemas, kereta api dan kapal petikemas laut.

Fasilitas Darat

Disamping fasilitas perairan, pelabuhan peti kemas memiliki kebutuhan akan fasilitas darat meliputi apron sebagai tempat sementara peti kemas sebelum dibongkar atau dimuat, *yard area* yang terdiri dari lapangan primer (lapangan penumpukan peti kemas) dan lapangan sekunder (lapangan pendukung), serta peralatan bongkar muat.

Pemilihan Lokasi

Dalam pemilihan lokasi pelabuhan, pada dasarnya terdapat banyak aspek yang harus dipertimbangkan. Namun dalam tugas akhir ini, aspek pemilihan lokasi pelabuhan dibatasi pada aspek lingkungan yang akan berpengaruh pada keamanan kapal saat berlayar dan berlabuh di pelabuhan, aspek biaya pengadaan fasilitas perairan meliputi pengerukan, reklamasi, dan *breakwater*, serta aspek aksesibilitas atau kemudahan akses jalan menuju jalan utama.

Pengolahan Data Lingkungan

Pengolahan data lingkungan yang dilakukan dalam pekerjaan ini meliputi peramalan pasang surut untuk memperoleh elevasi-elevasi penting yang akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan dimensi fasilitas perairan dan peramalan gelombang dengan metode *hindcasting* untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang rencana.

Pasang surut

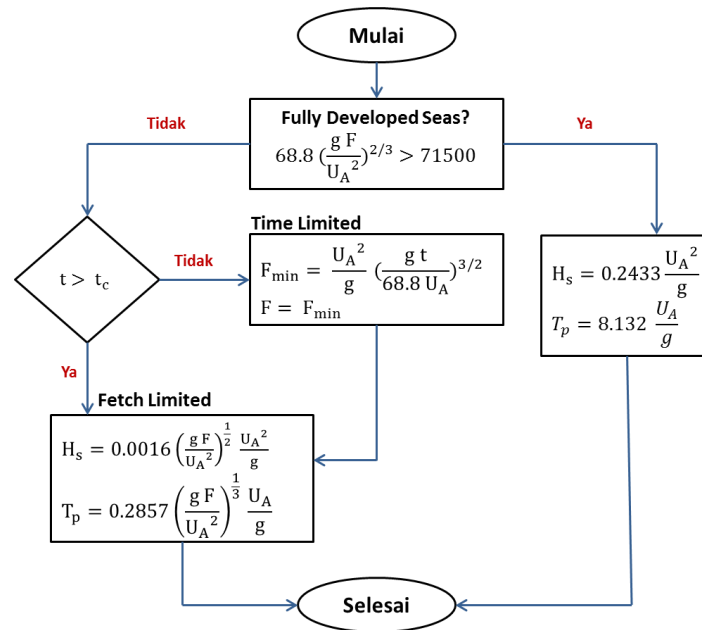
Analisis yang digunakan untuk mendapatkan komponen pasang surut adalah *Least Square Method* atau analisis kuadrat terkecil. Persamaan awal dari metode ini adalah sebagai berikut:

$$z(t) = S_0 + \sum_{i=1}^m A_i \cos(\omega_i t - \phi_i) \quad (\text{Persamaan 1})$$

Dengan i sebagai nomor pengamatan dan m sebagai jumlah pengamatan.

Pengolahan data angin (*hindcasting*)

Peramalan gelombang rencana dilakukan berdasarkan data angin jangka panjang. Metode yang diterapkan dalam proses ini merujuk pada metode yang ada di *Shore Protection Manual* dari *US Army Corps of Engineer* edisi tahun 1984 dengan langkah pengerjaan dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 4.

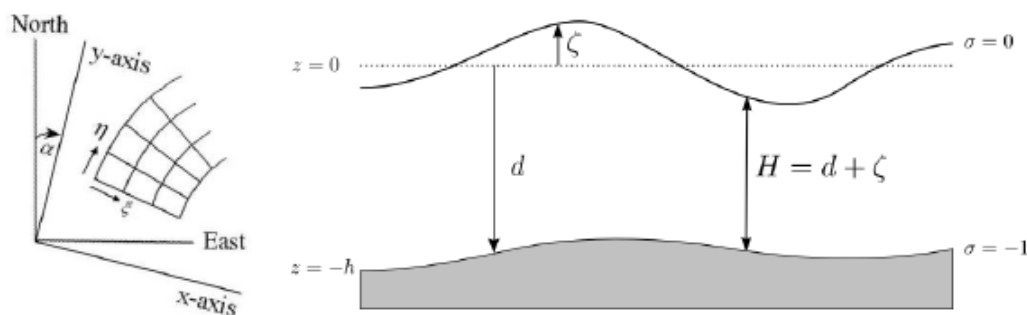


Gambar 4 Diagram alir *hindcasting*

(Sumber: PPT Kuliah Pengenalan Energi Laut)

Pemodelan Hidrodinamika

Delft3D merupakan salah satu *software* yang mulai banyak digunakan untuk menganalisis suatu kawasan melalui pemodelan lingkungan. *Delft 3D* memiliki 3 fitur utama yaitu FLOW (aliran), MOR (morfologi), serta WAVE (gelombang) dengan sistem koordinat pada *Delft3D – Flow* diterangkan pada Gambar 5.

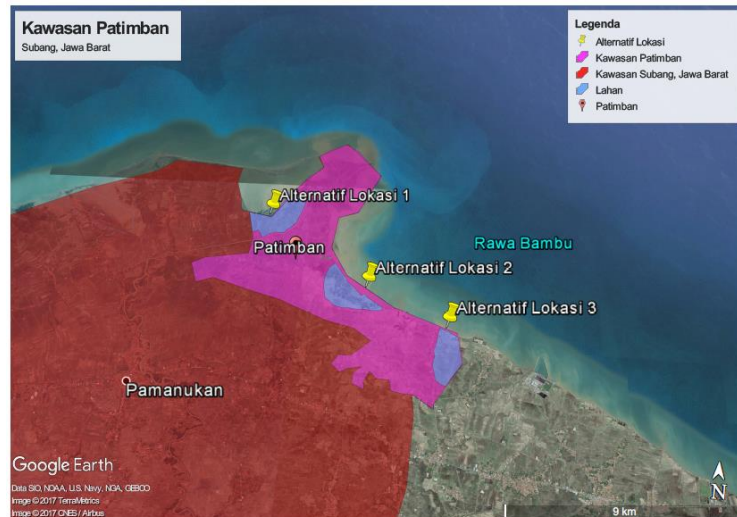


Gambar 5 Sistem koordinat bidang dan kedalaman pada *Delft3D – Flow*

(Sumber: *Delft3D – Flow User Manual* 2014)

HASIL DAN ANALISA/DISKUSI

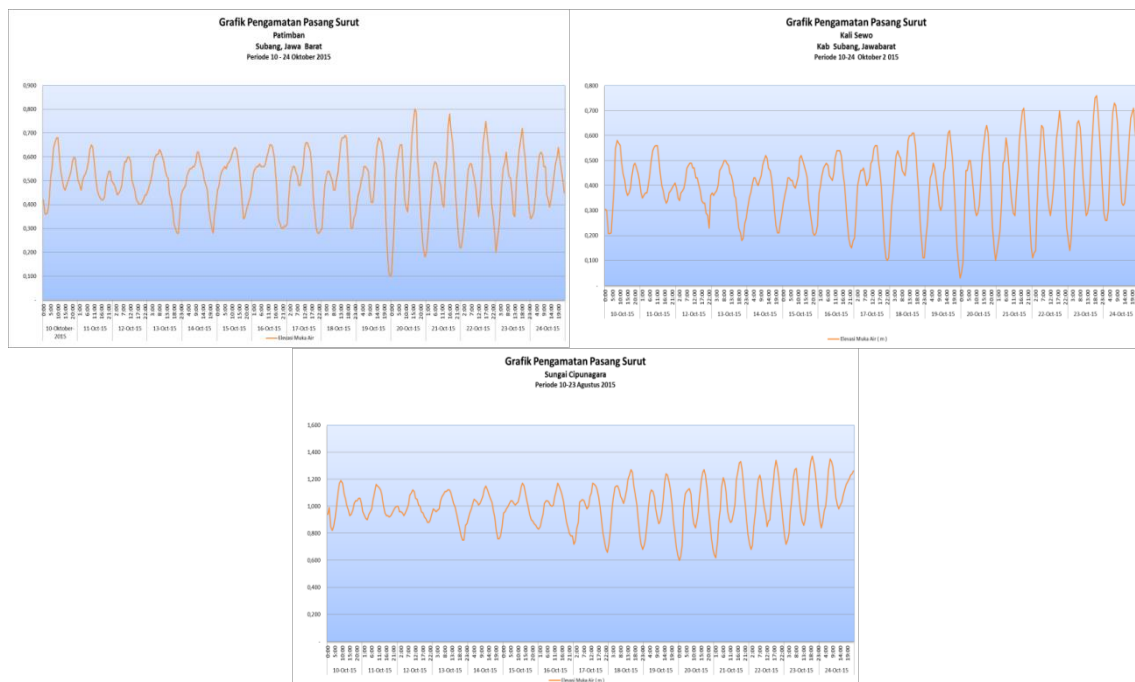
Berdasarkan studi lokasi di kawasan Patimban, diperoleh 3 lokasi yang berpotensi dibangun pelabuhan karena memiliki lahan kosong yang cukup untuk area pendukung fasilitas darat. Ketiga alternatif lokasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Lokasi alternatif pembangunan pelabuhan di Patimban
(Sumber: Citra Google Earth)

Pasang Surut

Pengamatan pasang surut dilakukan di 3 titik tinjau lokasi yaitu Sungai Cipunagara, Dermaga Patimban, dan Kali Sewo. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil pengamatan pasang surut

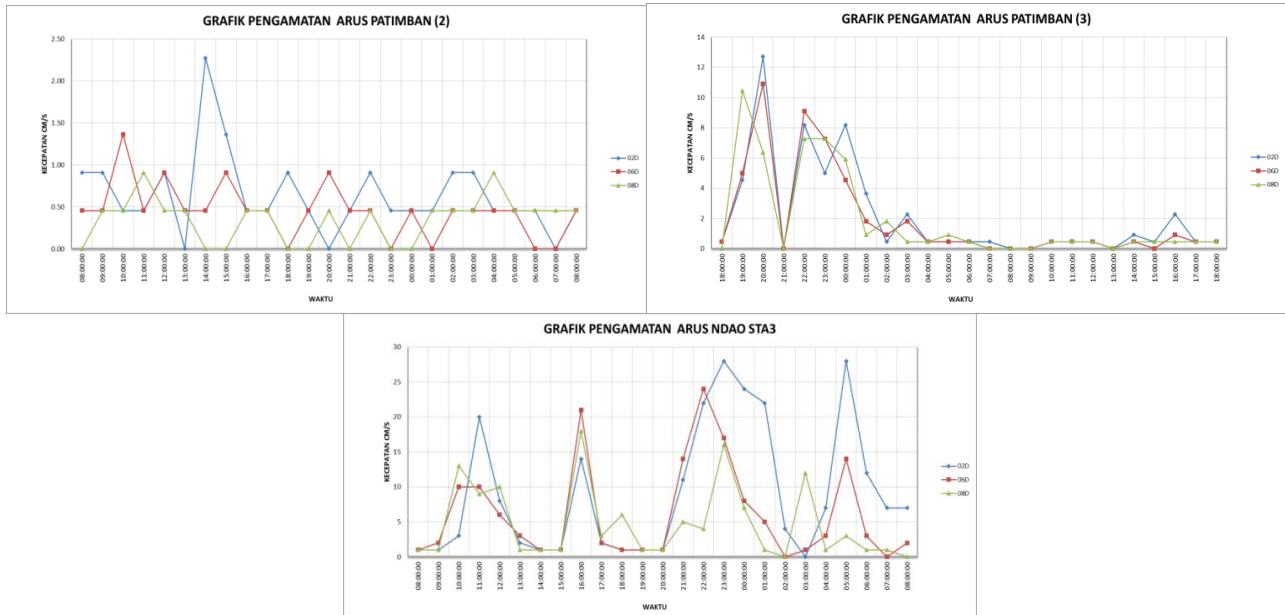
Dengan menggunakan program ERGTide, diperoleh elevasi-elevasi penting pada tiap lokasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Elevasi Penting di Ketiga Alternatif Lokasi

Elevasi Acuan	Elevasi (cm)		
	Dermaga Patimban	Kali Sewo	Sungai Cipunagara
Highest Water Spring (HWS)	117,84	124,629	96,62
Mean High Water Spring (MHWS)	101,12	107,902	86,65
Mean High Water Level (MHWL)	83,06	90,159	70,42
Mean Sea Level (MSL)	61,54	68,087	51,12
Mean Low Water Level (MLWL)	40,35	46,59	31,98
Mean Low Water Spring (MLWS)	20	20,056	12,3
Lowest Water Spring (LWS)	0	0	0
Tunggang Pasang	117,84	124,63	96,62

Arus

Pengamatan arus juga dilakukan di titik yang dekat dengan pengamatan pasang surut, hasil pengamatan arus pada Dermaga Patimban, Kali Sewo dan Sungai Cipunagara ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8 Hasil pengamatan arus

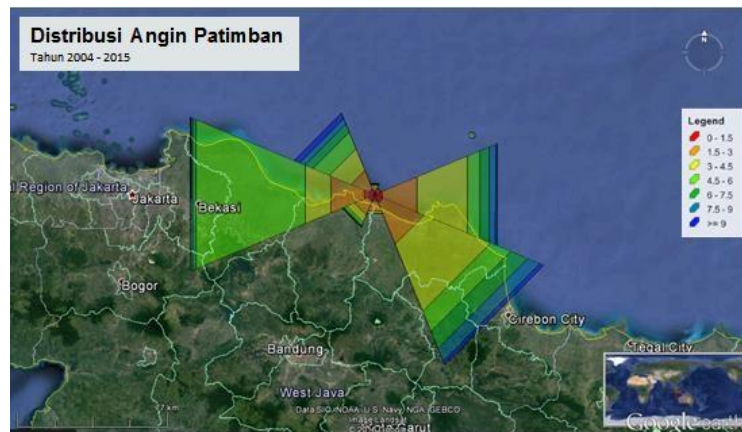
Dari ketiga pengamatan tersebut, diketahui besarnya kecepatan arus maksimum dan arah datang arus dominan pada setiap lokasi yang dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengamatan Arus

Lokasi Tinjau	Dermaga Patimban	Sungai Cipunagara	Kali Sewo
Kedalaman (m)	3	2	1,5
Kecepatan Arus Maksimum (m/s)	0,01	0,2	0,1
Arah Datang Dominan	Barat Laut	Timur Laut	Timur Laut

Angin

Data angin yang digunakan dalam melakukan peramalan gelombang (*hindcasting*) di Patimban merupakan data angin per jam selama 10 tahun (2004-2015) yang diperoleh dari PT Raya Suverindo dengan hasil plot *windrose* ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9 Windrose Total Lokasi Patimban, Subang, Tahun 2005-2015

(Sumber: Plot Windrose Data Angin PT Raya Suverindo)

Hasil tinggi dan periode gelombang signifikan untuk setiap arah datang gelombang ditunjukkan oleh Tabel 3.

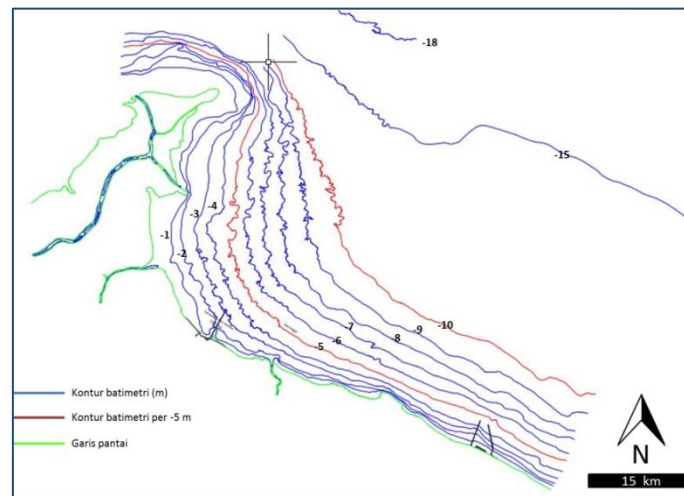
Tabel 3 Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

Arah	H	T
	(m)	(s)
Timur	4,11	8,87
Tenggara	0,00	0,00
Selatan	0,00	0,00
Barat Daya	0,00	0,00
Barat	3,04	7,53

Arah	H	T
	(m)	(s)
Barat Laut	4,28	9,06
Utara	1,61	5,34
Timur Laut	1,14	4,43

Batimetri

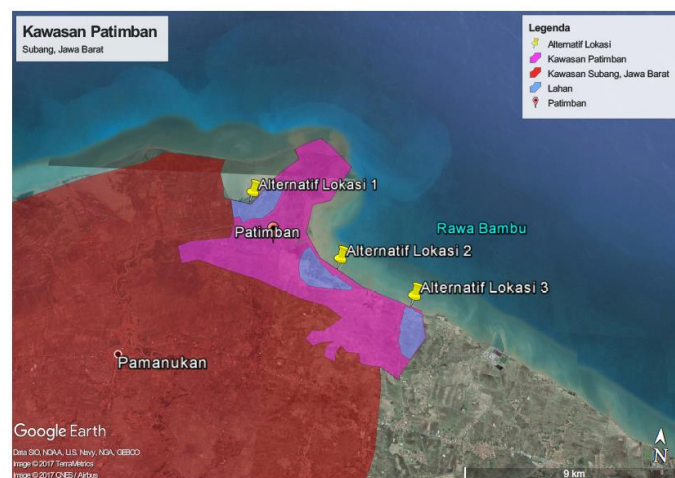
Data batimetri kawasan Patimban ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10 Batimetri Patimban
(Sumber: PT Raya Suverindo)

Alternatif Posisi Pelabuhan

Dari ketersediaan lahan kosong yang tersedia, ditentukanlah 3 alternatif posisi pelabuhan pada kawasan Patimban yang ditunjukkan pada Gambar 11.



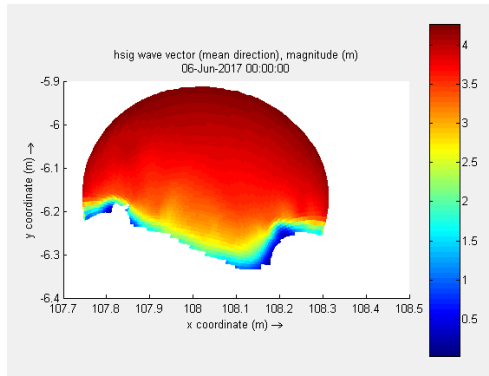
Gambar 11 Alternatif lokasi pelabuhan

Pemodelan Gelombang dan Arus

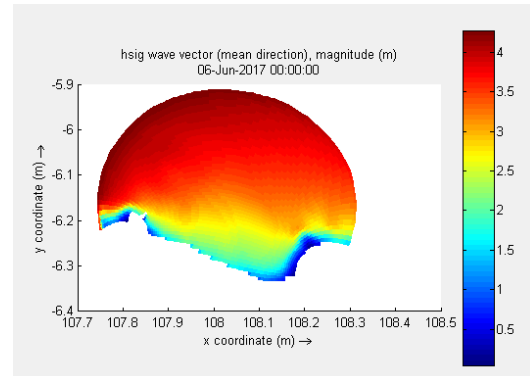
Pemodelan gelombang dilakukan untuk memperoleh tinggi gelombang signifikan pada tiap lokasi, sedangkan pemodelan arus dilakukan untuk mengetahui besar kecepatan arus dan arah arus dominan di tiap titik lokasi.

Pemodelan gelombang

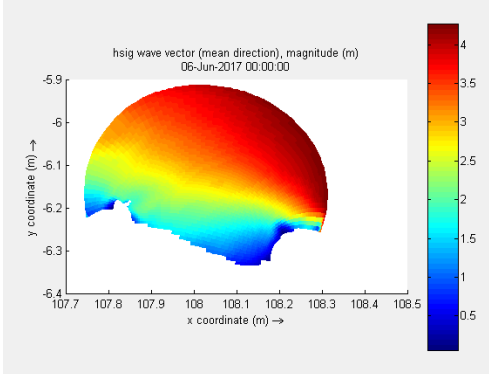
Hasil pemodelan gelombang ditunjukkan oleh Gambar 12 hingga Gambar 16.



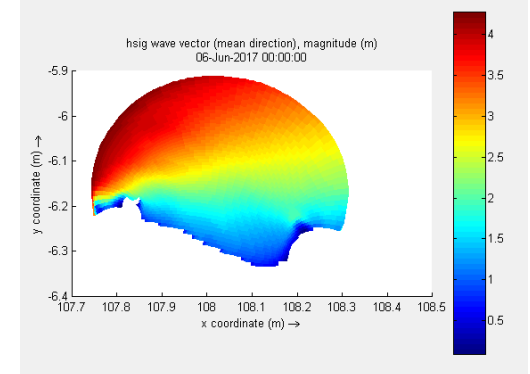
Gambar 12 Hasil pemodelan gelombang (utara)



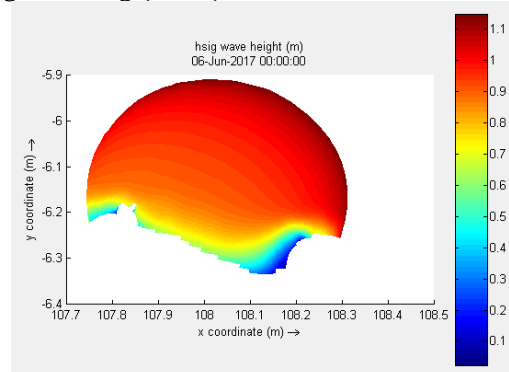
Gambar 13 Hasil pemodelan gelombang (barat laut)



Gambar 14 Hasil pemodelan gelombang (timur)



Gambar 15 Hasil pemodelan gelombang (barat)



Gambar 16 Hasil pemodelan gelombang (timur laut)

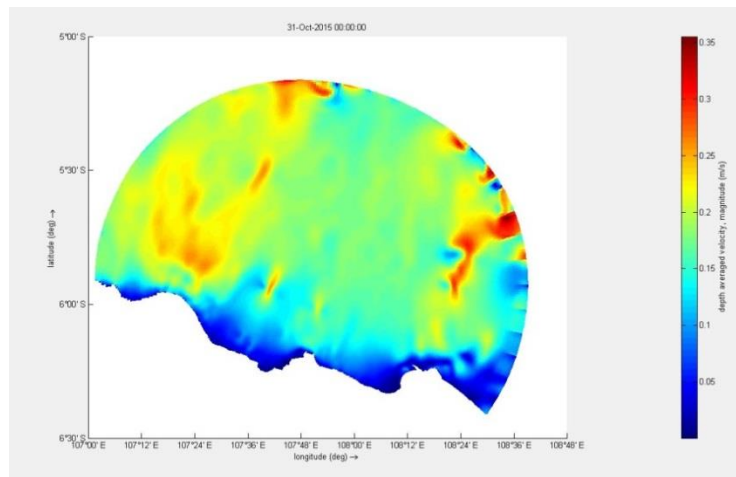
Setelah dilakukan pemodelan, dapat diketahui besarnya tinggi gelombang signifikan pada tiap arah datang gelombang untuk setiap lokasi seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4 Tinggi Gelombang Signifikan Hasil Pemodelan

Orientasi arah datang gelombang	Hs (meter)		
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
Utara	1,01271	0,84482	0,97086
Barat Laut	1,08992	0,54945	0,75559
Timur	1,35135	1,48191	1,57388
Barat	1,45878	0,65040	0,76001
Timur Laut	0,56778	0,62867	0,69689

Pemodelan arus

Hasil pemodelan arus pada suatu waktu tertentu ditunjukkan oleh Gambar 17.



Gambar 17 Hasil pemodelan kecepatan arus

Dari hasil pemodelan, besarnya arus maksimum pada titik tinjau lokasi disajikan oleh Tabel 5.

Tabel 5 Kecepatan Arus Hasil Pemodelan

Alternatif Lokasi	Arus Maksimum (m/s)	Arus Rata-rata (m/s)
1	0,17	0,07
2	0,13	0,04
3	0,28	0,08

Validasi hasil model

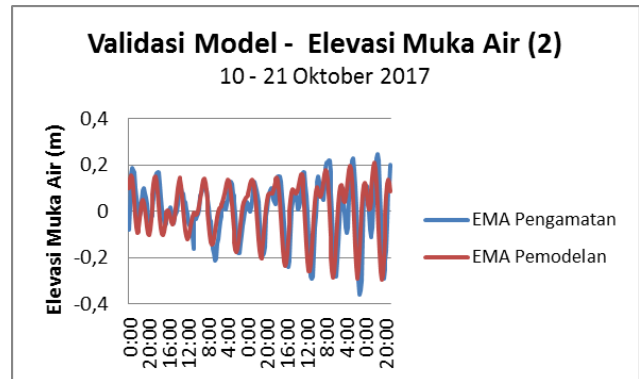
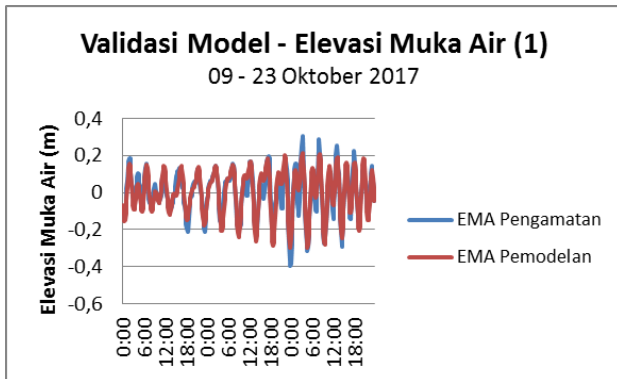
Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa perbedaan antara pemodelan dengan pengamatan sapat diterima yaitu sebesar 10%, perhitungan eror pada elevasi muka air dan kecepatan arus secara berturut-turut menggunakan persamaan berikut:

$$error = \frac{|\eta_{model} - \eta_{pengukuran}|}{Tunggang\ Pasang} \quad (\text{Persamaan 2})$$

$$error = \frac{|v_{model} - v_{pengukuran}|}{v_{maksimum}} \quad (\text{Persamaan 3})$$

Elevasi muka air akibat pasang surut

Perbandingan elevasi muka air hasil pengamatan dan hasil model ditunjukkan pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 18 Grafik perbandingan elevasi muka air 1

Gambar 19 Grafik perbandingan elevasi muka air 2

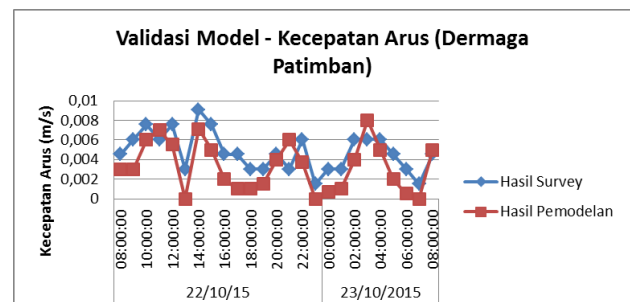
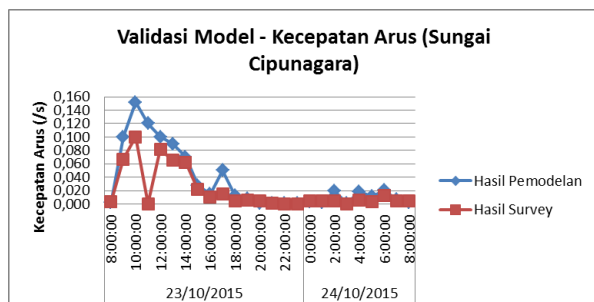
Rangkuman error dari kedua titik tinjau tersebut disajikan pada Tabel 6.

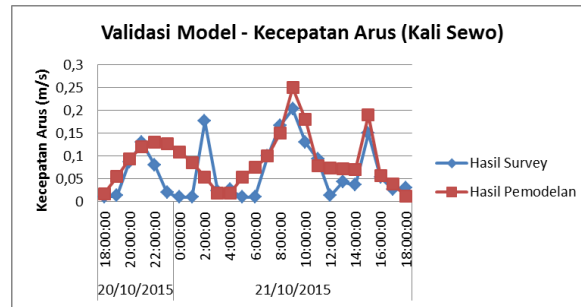
Tabel 6 Hasil Perhitungan Error Elevasi Muka Air pada 2 Lokasi Tinjau

No	Lokasi Validasi	Sumber Data	Waktu Validasi	Error (%)
1	Dermaga Patimban	Hasil Survey PT Raya Suverindo	9 - 23 Oktober 2015	5
2	Kali Sewo	Hasil Survey PT Raya Suverindo	10 - 21 Oktober 2015	8,5

Kecepatan arus

Perbandingan kecepatan arus hasil pengamatan dengan hasil model ditunjukkan pada Gambar 20.





Gambar 20 Perbandingan kecepatan arus di 3 lokasi tinjau

Dari ketiganya, dirangkum besarnya eror yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Error Kecepatan Arus di 3 Titik Tinjau

No	Lokasi Validasi	Sumber Data	Waktu Validasi	Error (%)
1	Sungai Cipunagara	PT Raya Suverindo	23 – 24 Oktober 2015	48
2	Dermaga Patimban	PT Raya Suverindo	22 - 23 Oktober 2015	31,3
3	Kali Sewo	PT Raya Suverindo	20 - 21 Oktober 2015	24

Kebutuhan fasilitas darat peti kemas

Kebutuhan fasilitas darat pelabuhan peti kemas dirangkum dalam Tabel 8.

Tabel 8 Kebutuhan Fasilitas Darat

Fasilitas Darat	Luas (hektar)
Area utilitas	26
Area parkir kendaraan	15
Area peti kemas kosong	41
Area proses distribusi	64
Gudang penyimpanan kendaraan	37
Gedung perkantoran <i>warehouse</i> dan <i>shipping</i>	14
Lahan kosong cadangan	53
Area penumpukan peti kemas	150
Luas total	400

Kebutuhan fasilitas perairan peti kemas

Dalam menghitung kebutuhan fasilitas perairan diperlukan data kapal rencana yang akan masuk, data kapal terbesar yang direncanakan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Spesifikasi Kapal Emma Maersk

Spesifikasi	Ukuran	Satuan
Length of all (LOA)	397	m
Beam (B)	56	m
Draft (D)	16,02	m
Kapasitas	15.000	TEUs

Setelah diketahui kebutuhan volume fasilitas perairan, dapat dihitung biaya pengadaan dari masing-masing fasilitas perairan yaitu sebagai berikut:

- Breakwater

Alternatif	Volume breakwater (m ³)	Biaya pengadaan (Rp)
1	932178,033	1.065.390.468.831
2	961554,901	1.098.965.423.579
3	1630944,445	1.864.013.744.949

- Pengerukan

Alternatif	Volume pengerukan (m ³)	Biaya pengadaan (Rp)
1	66.121,18	5.541.285.490
2	60.604,21	5.078.935.819
3	55.101,7	4.617.797.969

- Reklamasi

Alternatif	Volume reklamasi (m ³)	Biaya pengadaan (Rp)
1	16.951,29	243.605.293,46
2	17114,44	245.949.905,8
3	32449,7	466.331.393,7

- Kondisi lingkungan

Alternatif	Kecepatan arus maksimum (m/s)
1	0,17
2	0,13
3	0,28

- Aksesibilitas

Alternatif	Panjang jalan yang diperlukan (m)
1	8.106
2	5.455
3	5.390

Penentuan lokasi

Pada proses pemilihan lokasi Pelabuhan Patimban, dilakukan pengambilan keputusan dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). AHP merupakan salah satu alat bantu dalam pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty (1970). Metode ini memiliki 3 prinsip utama yaitu *decompositiot*, *comparative judgement*, dan *logical consistency*. Hasil analisis dengan AHP menghasilkan nilai pada setiap alternatif lokasi pada Tabel 10.

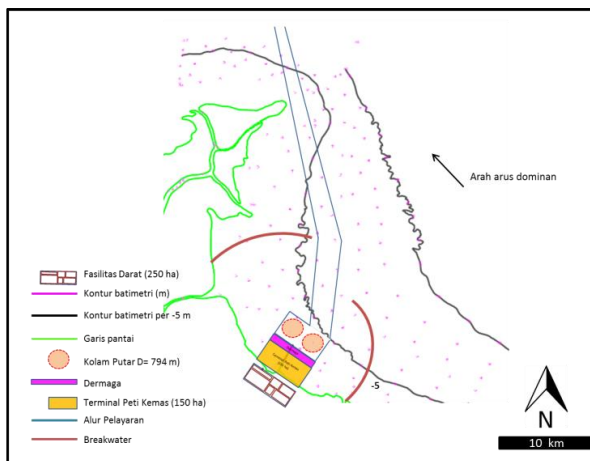
Tabel 10 Prioritas Global Setiap Alternatif

Prioritas Global	
Alternatif 1	0,387
Alternatif 2	0,501
Alternatif 3	0,112

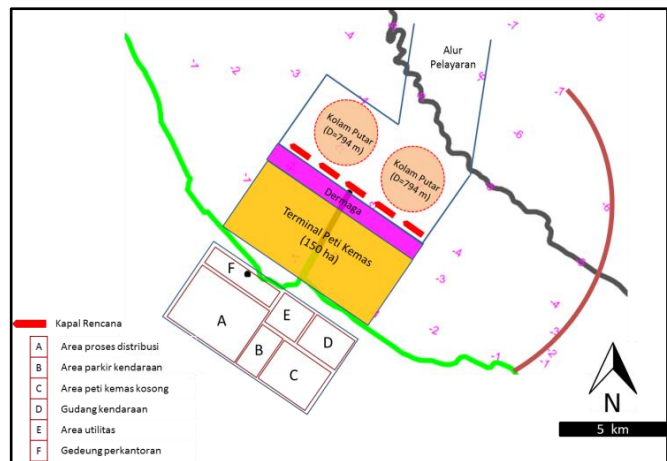
Berdasarkan nilai prioritas global dari ketiga alternatif lokasi di atas, dapat disimpulkan bahwa skor terbesar yang memenuhi ketiga aspek kriteria penilaian yaitu kemudahan aksesibilitas, kondisi lingkungan yang aman, serta biaya pengadaan yang seminimum mungkin adalah lokasi 2.

Layout pelabuhan

Layout pelabuhan peti kemas di lokasi 2 ditunjukkan pada Gambar 21 dan Gambar 22.



Gambar 21 Layout Pelabuhan Peti Kemas (1)



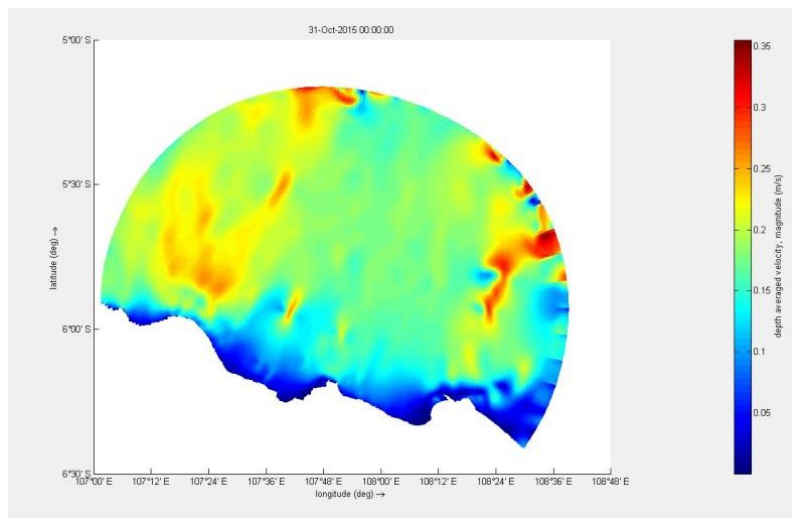
Gambar 22 Layout Pelabuhan Peti Kemas (2)

KESIMPULAN DAN SARAN

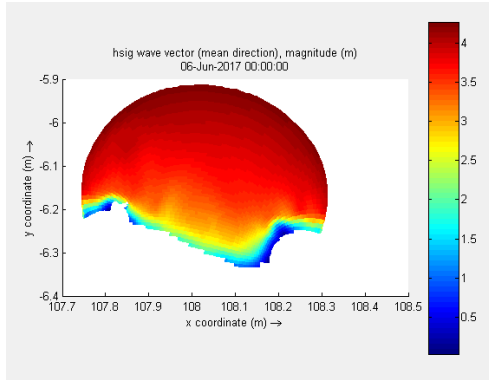
Kesimpulan

- 1) Setelah dilakukan analisis penilaian menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan faktor penilaian kondisi lingkungan, aksesibilitas, dan biaya pengadaan fasilitas perairan, didapatkan lokasi terbaik dari 3 alternatif lokasi untuk pembangunan pelabuhan peti kemas Patimban, yaitu alternatif lokasi 2 tepatnya di Dermaga Patimban.

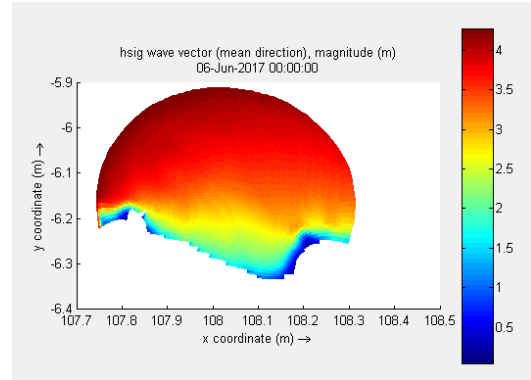
- 2) Berdasarkan studi lokasi di kawasan Patimban, diketahui bahwa lahan darat yang tersedia tidak mencukupi seluruh fasilitas darat yang diperlukan sehingga solusinya adalah pembangunan reklamasi di lepas pantai sebagai area terminal peti kemas.
- 3) Proses pemilihan lokasi salah satunya didasarkan pada kondisi lingkungan yang dimodelkan menggunakan *software* Delft3D, hasil pemodelan arus dan gelombang di kawasan Patimban ditunjukkan pada Gambar 23 hingga Gambar 28.



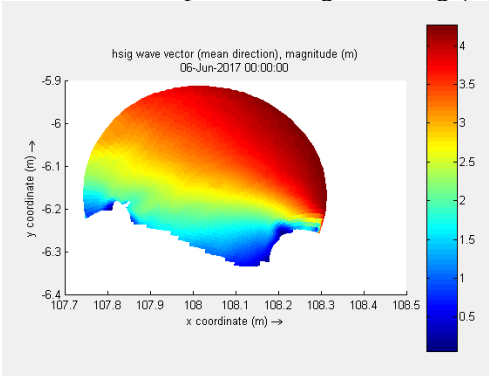
Gambar 23 Hasil pemodelan arus



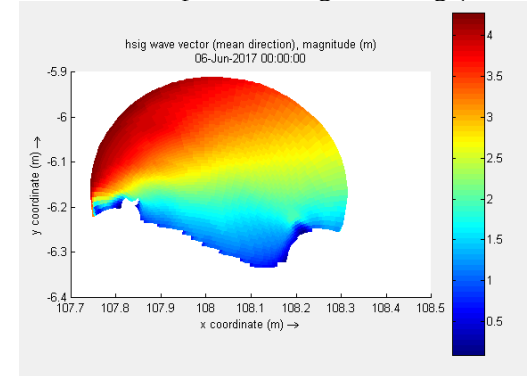
Gambar 24 Hasil pemodelan gelombang (utara)



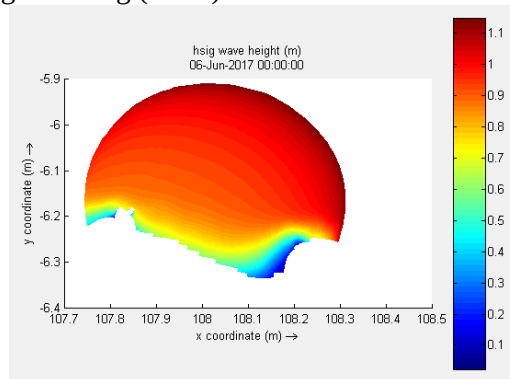
Gambar 25 Hasil pemodelan gelombang (barat laut)



Gambar 26 Hasil pemodelan gelombang (timur)



Gambar 27 Hasil pemodelan gelombang (barat)



Gambar 28 Hasil pemodelan gelombang (timur laut)

Saran

1. Pemodelan yang dilakukan pada analisis pemilihan lokasi hanya pemodelan arus dan gelombang, akan lebih akurat lagi apabila dilakukan pemodelan sedimentasi.
2. Perhitungan biaya yang dilakukan adalah perhitungan kasar menggunakan analisis harga satuan pekerjaan yang sudah ada, besarnya biaya pekerjaan akan lebih akurat apabila dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya secara detail pada setiap komponen pekerjaan.
3. Selanjutnya dapat dilakukan perencanaan desain struktur dermaga untuk pelabuhan peti kemas di Patimban, Subang, Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Thoresen, Carl A. Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines, 2003
- *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan* (OCDI), 2002
- *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan* (OCDI), 2009
- *Shore Protection Manual* (SPM) 1984
- Diktat Kuliah Analisa Statistik dan Probabilitas
- *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks* Thomas L. Saaty, 352 pp, RWS Publications, 2005. ISBN 1-888603-06-2
- *The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process* Thomas L. Saaty Vol. VI of the AHP Series, , 478 pp., RWS Publ., 2000 (revised). ISBN 0 - 9620317-6-3